

SCHICHTWERK · SICHERHEITSWERK

ARBEITSSCHUTZWERK

Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und gewerbliche Einordnung in der additiven
Fertigung

Vollfassung – Fachwerk für FDM/FFF und SLA/DLP/MSLA

Der AUVA-Rahmen (Österreich) mit DACH- und EU-Bezug

Rechtsgrundlagen · Arbeitsplatzevaluierung · Emissionen · Gefahrenstoffe · Grenzwerte · Schutzmaßnahmen · Betriebspraxis

Thomas [Nachname] · Schichtwerk, Wien · Lohnfertiger

office@schicht-werk.eu · schicht-werk.eu · Vollfassung v1.0 · Juni 2026

Keine Zusammenarbeit mit Waffen-, Militär- oder Rüstungsindustrie

Hinweis zu Geltung, Strang und Grenzwerten

Diese Vollfassung ist die ausführliche Fachreferenz. Die Teile I–VII beschreiben den Stand der Technik und Rechtslage; Teil VII (Betriebspraxis) ist als interne, betriebspezifische Umsetzungsanleitung gehalten.

Das Dokument ist KEINE Rechtsberatung. Genannte Grenzwerte sind mit Rechtsgrundlage angegeben; die österreichische Grenzwerteverordnung (GKV) wird häufig novelliert – vor verbindlicher Verwendung sind alle Werte gegen die aktuelle RIS-Fassung (GKV 2025, Anhang I, BGBl. II Nr. 339/2025) zu prüfen.

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

Inhaltsverzeichnis

Vorwort und Aufbau.....	4
Teil I <i>Rechtlicher Rahmen des Arbeitsschutzes</i>	5
1. Das österreichische ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG).....	5
1.1 Zentrale Bestimmungen.....	5
1.2 Die Grundsätze der Gefahrenverhütung (§ 7 ASchG).....	5
1.3 Begleitende Verordnungen.....	5
2. Die AUVA als Trägerin der Unfallversicherung.....	5
2.1 Einschlägige AUVA-Publikationen (Auswahl).....	5
3. Der EU-Rahmen.....	6
Teil II <i>Arbeitsplatzevaluierung in der additiven Fertigung</i>	7
4. Methodik der Evaluierung (§ 4 ASchG).....	7
5. Gefährdungskatalog 3D-Druck.....	7
Teil III <i>Emissionen und Luftqualität</i>	8
6. Entstehung und Charakter der Emissionen.....	8
7. Partikel-Emissionsraten (quantitativ).....	8
8. VOC-Speziierung nach Material.....	8
9. Normen zur Emissionsmessung.....	8
Teil IV <i>Gefahrenstoffe und Grenzwerte</i>	9
10. Systematik der österreichischen Grenzwerte.....	9
11. Grenzwert-Mastertabelle (AT / DE / EU).....	9
12. Photopolymerharze – CLP-Einstufung und SDB.....	9
13. (Meth-)Acrylat-Sensibilisierung.....	9
Teil V <i>Schutzmaßnahmen nach STOP-Prinzip</i>	10
14. S – Substitution.....	10
15. T – Technische Maßnahmen (Vorrang).....	10
16. O – Organisatorische Maßnahmen.....	10
17. P – Persönliche Schutzausrüstung.....	10
18. Brand- und Explosionsschutz bei Isopropanol.....	10
19. Abfallentsorgung.....	11
Teil VI <i>Gewerbliche und berufsständische Einordnung</i>	12
20. Österreich: reglementiertes Handwerk Kunststoffverarbeitung.....	12
21. Deutschland: Berufsgenossenschaften (Vergleich).....	12
Teil VII <i>Betriebliche Umsetzung (intern)</i>	13
22. Evaluierungs-Checkliste 3D-Druck-Arbeitsplatz.....	13
23. Inhalt einer Betriebsanweisung (je Arbeitsstoff).....	13
24. Wiederkehrende Pflichten (Intervalle).....	13
Anhang.....	14
A. Glossar.....	14
B. Erklärungen.....	14
C. Literaturverzeichnis.....	14

In Word per Rechtsklick → „Felder aktualisieren“.

Vorwort und Aufbau

Der 3D-Druck wird häufig als sauberes, leises Bürogerät wahrgenommen. Arbeitsschutzrechtlich trifft dieses Bild nicht zu: Schmelzschicht- und Photopolymerverfahren setzen Partikel, flüchtige organische Verbindungen und reaktive Chemikalien frei und bringen thermische, optische sowie Brand- und Explosionsgefahren mit sich. Mit zunehmender Verbreitung in Gewerbe, Bildung und Gesundheitswesen verlagert sich die Exposition in Umgebungen ohne etablierte arbeitshygienische Infrastruktur.

Diese Vollfassung führt die einschlägigen Rechtsgrundlagen, den Stand der wissenschaftlichen Emissions- und Toxikologieforschung sowie die praktischen Schutzmaßnahmen zu einer durchgängigen Fachreferenz zusammen. Sie ist nach sieben Teilen gegliedert: Teil I (Rechtsrahmen), Teil II (Arbeitsplatzevaluierung), Teil III (Emissionen und Luftqualität), Teil IV (Gefahrenstoffe und Grenzwerte), Teil V (Schutzmaßnahmen), Teil VI (gewerbliche Einordnung) und Teil VII (betriebliche Umsetzung). Der Anhang enthält die Grenzwert-Mastertabelle, ein Glossar und das Literaturverzeichnis.

Teil I

Rechtlicher Rahmen des Arbeitsschutzes

1. Das österreichische ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)

Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG, BGBl. Nr. 450/1994 in der geltenden Fassung) ist das österreichische Pendant zur EU-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG. Es verpflichtet Arbeitgeber, die für Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer bestehenden Gefahren zu ermitteln, zu beurteilen und auf dieser Grundlage geeignete Maßnahmen festzulegen, durchzuführen und laufend anzupassen.^[1]

1.1 Zentrale Bestimmungen

Paragraf	Regelungsinhalt
§ 3	Allgemeine Pflichten der Arbeitgeber; Grundsatz der Verantwortung für Sicherheit und Gesundheit.
§ 4	Festlegung von Maßnahmen (Arbeitsplatzevaluierung); Ermittlung und Beurteilung der Gefahren.
§ 5	Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumente (Dokumentationspflicht).
§ 7	Grundsätze der Gefahrenverhütung; Rangordnung der Maßnahmen.
§ 12	Information der Arbeitnehmer.
§ 14	Unterweisung der Arbeitnehmer.
§ 41	Arbeitsstoffe; Ermittlung der Eigenschaften, Verzeichnis gefährlicher Arbeitsstoffe.
§ 42	Ersatz und Verwendungsbeschränkungen gefährlicher Arbeitsstoffe.
§ 45	Grenzwerte; Einhaltung und Minimierungsgebot.
§ 46	Messungen; Pflicht zur Überprüfung der Einhaltung von Grenzwerten.
§ 82a	Präventivdienste; Sicherheitsfachkräfte und Arbeitsmediziner, Präventionszeiten.

1.2 Die Grundsätze der Gefahrenverhütung (§ 7 ASchG)

Nach § 7 ASchG hat der Arbeitgeber bei der Durchführung der Maßnahmen folgende Grundsätze in der genannten Rangordnung anzuwenden: Vermeidung von Risiken; Bewertung unvermeidbarer Risiken; Gefahrenbekämpfung an der Quelle; Berücksichtigung des Faktors Mensch; Anpassung an den Stand der Technik; Ersatz gefährlicher durch ungefährliche oder weniger gefährliche Arbeitsstoffe; Vorrang des kollektiven Schutzes vor dem individuellen Schutz.

Aus diesen Grundsätzen leitet sich die in der Praxis verwendete Maßnahmenhierarchie ab, die als STOP-Prinzip bezeichnet wird: Substitution, Technische Maßnahmen, Organisatorische Maßnahmen, Personenbezogene Maßnahmen. Technische und kollektive Maßnahmen haben stets Vorrang vor persönlicher Schutzausrüstung.^[2]

1.3 Begleitende Verordnungen

- Grenzwerteverordnung (GKV) – MAK- und TRK-Werte für Arbeitsstoffe (Anhang I).
- Verordnung biologische Arbeitsstoffe (VbA), soweit relevant.
- Arbeitsstoffverordnung-Bestimmungen, Kennzeichnungs- und Verzeichnispflichten.
- Arbeitsmittelverordnung (AM-VO) – sichere Verwendung von Arbeitsmitteln/Maschinen.
- Verordnung explosionsfähige Atmosphären (VEXAT) – relevant für Isopropanol (siehe Teil V).
- Dokumentations-Verordnung (DOK-VO) – Form der Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokumente.

2. Die AUVA als Trägerin der Unfallversicherung

Die Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA) ist Trägerin der gesetzlichen Unfallversicherung in Österreich. Sie betreibt Unfallheilbehandlung, Rehabilitation, Entschädigung und insbesondere Prävention; sie stellt kostenlose Merkblätter, Evaluierungshilfen und Schulungen bereit. Die Unfallversicherung ist eine Pflichtversicherung; die Beiträge tragen die Dienstgeber.^[3]

2.1 Einschlägige AUVA-Publikationen (Auswahl)

Nummer	Titel / Inhalt
M 391	Sicherer Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen (STOP-Prinzip, Substitution, PSA).
M.plus 302	Gefährliche Arbeitsstoffe – Information und Unterweisung.
M.plus 385	Das Sicherheitsdatenblatt (Aufbau, Zusammenlagerung).
M 705	Schutzhandschuhe (Auswahl, Durchbruchzeiten).
M 719	Atemschutzfilter gegen Gase, Dämpfe und Schwebstoffe.
M 910 / M.plus 911	Lüftung am Arbeitsplatz / Absauganlagen.
M.plus 040.E9	Evaluierung von Staub.

Nummer	Titel / Inhalt
eval.at	Evaluierungsvorlagen (mit den Sozialpartnern entwickelt).

3. Der EU-Rahmen

- Rahmenrichtlinie 89/391/EWG – Grundpflichten des Arbeitgebers (Mutterrichtlinie; in AT durch ASchG, in DE durch ArbSchG umgesetzt).
- Richtlinie 98/24/EG (CAD) – Schutz vor Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe; Grundlage für Arbeitsplatzgrenzwerte (IOELV).
- Richtlinie 2004/37/EG (CMD) – Karzinogene, Mutagene und reproduktionstoxische Stoffe (verbindliche BOELV; relevant für Formaldehyd).
- REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 – Registrierung, Bewertung, Zulassung, Beschränkung; Sicherheitsdatenblätter (Anhang II), DNEL, Expositionsszenarien.
- CLP-Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 – Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung (Umsetzung des UN-GHS).

Teil II

Arbeitsplatzevaluierung in der additiven Fertigung

4. Methodik der Evaluierung (§ 4 ASchG)

Die Arbeitsplatzevaluierung ist der zentrale Pflichtprozess des ASchG. Die AUVA gliedert sie in fünf Schritte; sie ist kein einmaliger Akt, sondern ein fortlaufender Prozess.

1. Vorbereiten: Arbeitsbereiche und Tätigkeiten festlegen, Informationen sammeln (SDB, Bedienungsanleitungen, bisherige Vorfälle).
2. Gefahren ermitteln: Begehung, Befragung der Beschäftigten, Checklisten; alle Gefährdungsfaktoren erfassen.
3. Gefahren beurteilen: Eintrittswahrscheinlichkeit und mögliche Schwere bewerten; Grenzwertbezug prüfen.
4. Maßnahmen festlegen: nach STOP-Prinzip, mit Verantwortlichen und Fristen.
5. Dokumentieren und überprüfen: Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument erstellen, Wirksamkeit kontrollieren, bei Änderungen aktualisieren.

Die Evaluierung ist insbesondere zu wiederholen nach Unfällen, bei Verdacht auf arbeitsbedingte Erkrankungen, bei Einführung neuer Arbeitsmittel, -stoffe oder -verfahren, bei Änderung der Arbeitsumgebung sowie auf begründetes Verlangen des Arbeitsinspektorats.^[1]

Besonders schutzbedürftige Personen (§ 4 Abs. 2 ASchG)

Jugendliche und Lehrlinge (KJBG-Bezug), Schwangere und stillende Arbeitnehmerinnen (MSchG-Bezug) sowie Arbeitnehmer mit besonderen Bedürfnissen sind gesondert zu berücksichtigen.

Bei reproduktionstoxischen Stoffen (z. B. einzelne Photoinitiatoren, Caprolactam-Verdacht) sind Beschäftigungsbeschränkungen zu prüfen.

5. Gefährdungskatalog 3D-Druck

Gefährdungsfaktor	FDM/FFF	SLA/DLP/MSLA	Nachbearbeitung
Inhalativ	ultrafeine Partikel, VOC	Harzdämpfe, IPA-Dämpfe	Schleifstäube, Lösemittel
Dermal	gering	unausgehärtetes Harz, IPA	Harzreste, Klebstoffe
Thermisch	Düse 200–300 °C, Heizbett	gering	Heißluft, Tempern
Optisch (UV)	–	UV-Aushärtung	UV-Nachhärtung
Mechanisch	bewegte Achsen, Klemmstellen	Klemmstellen	Schneiden, Schleifen, Verletzungen
Brand/Explosion	gering	IPA-Dämpfe (VEXAT)	Lösemittel
Ergonomisch/psychisch	Daueraufsicht Druckfarm	repetitive Reinigung	repetitive Feinarbeit

3D-Drucker sind Maschinen im Sinne des Produktsicherheits- und Maschinenrechts; auch Bausätze sind erfasst. Deutsche Hilfsmittel sind methodisch übertragbar: BG ETEM „Sicherheit und Gesundheit beim Arbeiten mit 3D-Druckern“ (S017), DGUV/IFA-Checklisten zu additiven Fertigungsverfahren sowie DGUV Information 202-103 für Schulen.

Das IFA-Messprogramm zur Exposition bei additiven Fertigungsverfahren zeigt: Bei pulverbasierten Verfahren liegt die inhalative Exposition unterhalb der Grenzwerte, sofern eine Erfassung an der Entstehungsstelle oder eine Kapselung erfolgt; bei krebserzeugenden Metalllegierungen sind verschärfte Maßnahmen erforderlich.^[4]

Teil III

Emissionen und Luftqualität

6. Entstehung und Charakter der Emissionen

Beim Schmelzschichtverfahren wird thermoplastisches Filament durch eine beheizte Düse extrudiert. Durch die thermische Belastung brechen Polymerketten teilweise auf; es werden ultrafeine Partikel (Durchmesser < 100 nm) und flüchtige organische Verbindungen freigesetzt. Die emittierten Partikel sind überwiegend ultrafein; FDM-Drucker werden nach dem Klassifikationsschema von He et al. als „high emitters“ eingestuft. ^[5]

7. Partikel-Emissionsraten (quantitativ)

In der grundlegenden Kammer-/Feldstudie von Stephens et al. (2013) lagen die Emissionsraten der gesamten ultrafeinen Partikel für ABS-Filament etwa eine Größenordnung höher als für PLA: rund $1,9 \times 10^{11}$ Partikel pro Minute gegenüber rund $2,0 \times 10^{10}$ Partikel pro Minute. ^[6]

Die Meta-Analyse von Byrley et al. (2019) ermittelte über mehrere Studien mittlere Partikelanzahlkonzentrationen von rund 300.980 Partikel/cm³ für ABS und rund 65.482 Partikel/cm³ für PLA. Die Autoren betonen die erhebliche Heterogenität der Messmethoden – Partikelkonzentrationsdaten lagen nur aus 7 von 16 ausgewerteten Studien vor – und fordern standardisierte Prüfprotokolle. Einzelne Kammerstudien fanden auch höhere Werte für PLA als für ABS, was die starke Abhängigkeit von Drucker, Charge, Düsentemperatur und Messaufbau widerspiegelt. ^[7]

Bewertung

Die genannten Zahlen sind Orientierungswerte, keine Grenzwerte. Die Rangfolge PLA/ABS kann je nach Setup variieren.

Tracheobronchiale Deposition ultrafeiner 3D-Druck-Partikel wurde größenabhängig mit 1–13 % abgeschätzt; Zellstudien zeigten für ABS- und Polycarbonat-Emissionen dosisabhängige Zytotoxizität und oxidativen Stress.

Für ultrafeine Partikel existiert kein eigenständiger Luftgrenzwert; die Beurteilung erfolgt über das Minimierungsgebot.

8. VOC-Speziierung nach Material

Material	Leit-VOC	Größenordnung	Bewertung
ABS / ASA / HIPS	Styrol	~10–113 µg/min	IARC 2A; ASA zusätzlich Acrylnitril
Nylon / PA, PCTPE	Caprolactam	bis ~180 µg/min	Atemwegs-/Hautreizung
PLA	Lactid	~4–5 µg/min	gesundheitlich unkritisch
PETG	Acetaldehyd, Formaldehyd, Toluol	niedrig	niedrige Raten
POM	Formaldehyd	–	krebserzeugend (s. Teil IV)
PC	Spuren Bisphenol A	sehr niedrig	–

Die VOC-Raten von Nylon und PETG liegen insgesamt mehr als eine Größenordnung unter denen von ABS. Bei SLA/DLP entstehen primär VOC (Formaldehyd, Acrylate) und weniger thermisch erzeugte ultrafeine Partikel als bei FDM.

9. Normen zur Emissionsmessung

Die Norm ANSI/CAN/UL 2904 (1. Auflage 2019, 2. Auflage 2023) definiert eine Methodik zur Prüfung und Bewertung von Partikel- und chemischen Emissionen freistehender 3D-Drucker in nicht-industriellen Innenräumen (Schulen, Büros, Bibliotheken, Haushalte); sie etabliert Emissionskriterien und Anforderungen an die Messqualität. Die GREENGUARD-Zertifizierung für nicht-industrielle 3D-Drucker baut darauf auf. ^[8]

- Blauer Engel / RAL-UZ 205 – Umweltzeichen für Druckgeräte mit Anforderungen an UFP-/VOC-Emissionen.
- ECMA 328 und ISO 28360 – Bezugsnormen zur Ermittlung von Emissionsdaten von Bürogeräten.

Teil IV

Gefahrenstoffe und Grenzwerte

10. Systematik der österreichischen Grenzwerte

In Österreich sind ausschließlich die MAK-Werte (Maximale Arbeitsplatzkonzentration, gesundheitsbasiert) und TRK-Werte (Technische Richtkonzentration, risikobasiert für Karzinogene ohne ableitbaren Schwellenwert) aus Anhang I der Grenzwerteverordnung verbindlich. TMW bezeichnet den Tagesmittelwert (i. d. R. 8 Stunden), KZW den Kurzzeitwert (meist 15 Minuten). Kennzeichnungen: H = Hautresorption, S/Sa/Sh/Sah = sensibilisierend, E = einatembare, A = alveolengängige Fraktion. Es gilt durchgehend ein Minimierungsgebot.^[9]

Aktuelle Fassung: GKV 2025, BGBl. II Nr. 339/2025, in Kraft seit 31.12.2025 (Stammfassung BGBl. II Nr. 253/2001). Der Langtitel wurde mit der GKV 2024 auf „Verordnung über Grenzwerte für Arbeitsstoffe sowie über gefährliche Arbeitsstoffe“ geändert.

11. Grenzwert-Mastertabelle (AT / DE / EU)

Stoff (CAS)	Österreich (GKV)	Deutschland (AGW/MAK)	EU / Einstufung
Styrol (100-42-5)	TMW 20 ppm / 86 mg/m³	AGW 20 ml/m³ / 86 mg/m³	IARC 2A; EU Repr. 2
Formaldehyd (50-00-0)	TMW 0,3 ppm / 0,37 mg/m³; KZW 0,6 ppm; III A2 (eindeutig krebserz.)	AGW 0,3 ppm / 0,37 mg/m³; Carc. 1B, Muta. 2	IARC 1; EU Carc. 1B
ε-Caprolactam (105-60-2)	TMW 5 mg/m³ (E); KZW 40 mg/m³ (E)	AGW 10 mg/m³	nicht krebserz.
Isopropanol (67-63-0)	TMW 200 ppm / 500 mg/m³; KZW 800 ppm*	AGW 200 ml/m³ / 500 mg/m³	H319, H336
Acrylate (div.)	stoffspez., teils sensibilisierend (Sh)	stoffspez.	H317 (Sens.)

* Isopropanol-Kurzzeitwert aus Hersteller-SDB mit GKV-Bezug, nicht direkt aus dem RIS-Anhang verifiziert. Bei Caprolactam ist der österreichische TMW (5 mg/m³) niedriger als der deutsche AGW (10 mg/m³). Vor verbindlicher Verwendung sind alle Werte gegen die aktuelle RIS-Fassung GKV 2025 (Anhang I) zu prüfen.

12. Photopolymerharze – CLP-Einstufung und SDB

Photopolymerharze sind Gemische aus (Meth-)Acrylsäureestern, multifunktionellen Monomeren (z. B. HEMA, TEGDMA, Isobornylacrylat, Urethandiacrylate) und Photoinitiatoren (z. B. TPO). Typische Einstufung nach CLP-Verordnung: H315 (Hautreizung), H319 (schwere Augenreizung), H317 (Hautsensibilisierung), H411/H412 (gewässergefährdend), teils H361f (Verdacht auf Fruchtbarkeitsschädigung). Für jeden eingesetzten Harz und jedes Additiv muss ein Sicherheitsdatenblatt nach REACH Anhang II vorliegen; Abschnitt 8 (Expositionsbegrenzung) und die DNEL-Werte sind in die Evaluierung einzubeziehen.^[10]

13. (Meth-)Acrylat-Sensibilisierung

Die allergische Kontaktdermatitis durch unausgehärtete (Meth-)Acrylate ist eine Typ-IV- (Spättyp-)Überempfindlichkeit. Die Monomere wirken als Haptene, binden an körpereigene Proteine und werden so zum Allergen. Die Sensibilisierung ist kumulativ und kann nach Wochen, Monaten oder Jahren beschwerdefreier Exposition eintreten; einmal eingetreten, ist sie dauerhaft.^[11]

Klinische Schlüsselpunkte

- Ausgeprägte Kreuzreaktivität zwischen verwandten Monomeren – ein bloßer Produktwechsel löst das Problem meist nicht; bei Sensibilisierten wird vollständige Vermeidung empfohlen.
- Monoacrylate sind starke, Monomethacrylate schwächere Sensibilisatoren.
- Vollständig ausgehärtete Harze sind selten sensibilisierend; Schleifen/Zerspanen ausgehärteter Teile kann jedoch reaktive Monomere freisetzen.
- Folgewirkung auch bei Zahnfüllmaterial, Knochenzement, medizinischen Klebstoffen, Glukosesensoren.

Teil V

Schutzmaßnahmen nach STOP-Prinzip

14. S – Substitution

- PLA/PETG statt ABS/ASA, wo technisch möglich (Faktor 10–100 niedrigere UFP-Raten).
- Beim Harz-Waschen: wasserhaltige IPA-Gemische bzw. Lösemittel mit Flammpunkt > 60 °C prüfen; lösemittelfreie Reinigungsverfahren erwägen. Ethanol und 2-Butoxyethanol sind kein geeigneter Ersatz.
- Harze mit günstigerem H-Satz-Profil bevorzugen, wo verfügbar.

15. T – Technische Maßnahmen (Vorrang)

- Geschlossener Bauraum (Einhausung) als wichtigste Einzelmaßnahme; geringer Unterdruck zur Quellerfassung.
- Absaugung an der Quelle vor Raumlüftung. Extern anerkannte Absauglösungen mit dokumentierter Filterleistung sind integrierten Filtern vorzuziehen – der bloße Einbau eines Filters ohne Wirksamkeitsnachweis genügt nicht.
- Filterung: HEPA ≥ H13 gegen Partikel/Nanopartikel und Aktivkohle (industrielle Pellets) gegen VOC. Filterwartung, zeitgerechter Wechsel und mindestens jährliche Leistungsprüfung. Aktivkohle erschöpft auch ungenutzt.
- Geschlossene Prozessführung bei SLA/DLP: UV-Schutz, dichte Wash-&-Cure-Stationen.

16. O – Organisatorische Maßnahmen

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

17. P – Persönliche Schutzausrüstung

PSA	Spezifikation	Hinweis
Atemschutz VOC	Gasfilter Typ A (organische Dämpfe)	z. B. Halbmaske mit A-Filter
Atemschutz Partikel	P2/P3-Filter	bei Schleifarbeiten P3
Handschuhe	Nitril oder Butylkautschuk	kein Latex; Durchbruchzeiten beachten, regelmäßig wechseln
Augenschutz	Schutz-/Korbbrille	bei Spritzgefahr Harz/IPA
Hautschutz	Hautschutzplan, langarm	Harzspritzer sofort mit Wasser/Seife abwaschen

Wichtig: Standard-Einweg-Nitrilhandschuhe bieten nur begrenzten, kurzzeitigen Durchbruchschutz gegen Acrylate; sie sind regelmäßig zu wechseln (AUVA M 705).

18. Brand- und Explosionsschutz bei Isopropanol

Reines Isopropanol (CAS 67-63-0) hat einen Flammpunkt von rund 12 °C (closed cup), Explosionsgrenzen in Luft von etwa 2,0 bis 12,7 Vol.-%, eine Zündtemperatur um 399–425 °C und einen Dampfdruck von etwa 43 hPa bei 20 °C; die Dämpfe sind schwerer als Luft. Bereits bei Raumtemperatur entstehen explosionsfähige Dampf/Luft-Gemische. ^[12]

Maßnahmen (VEXAT-Bezug)

Lokale Absaugung dringend empfohlen; dicht schließende und abgesaugte Washer; IPA nicht offen über Nacht im undichten Washer belassen.

Leitfähige, geerdete Behälter; Auffangwannen; funkenfreies Werkzeug; Ex-geschützte Elektrik.

Explosionsschutzdokument erstellen; wiederkehrende Prüfung. Bei längerer Lagerung kann sich explosionsfähiges Peroxid bilden.

Ab ca. 10 % IPA-Gehalt im Wassergemisch (Flammpunkt ~39 °C) sind Explosionsschutzmaßnahmen zu beachten.

19. Abfallentsorgung

Flüssiges und ausgehärtetes Harz, mit Harz/IPA kontaminiertes IPA sowie kontaminierte Putztücher und Filter sind gefährlicher Abfall und über zugelassene Verpackungen/Entsorger abzuführen – nicht in Kanalisation oder Hausmüll. Harze sind gewässergefährdend (H411/H412). Ausgehärtetes Harz vor der Entsorgung vollständig unter UV nachhärten.

Teil VI

Gewerbliche und berufsständische Einordnung

20. Österreich: reglementiertes Handwerk Kunststoffverarbeitung

Die gewerbsmäßige Herstellung funktioneller 3D-Druckteile (Lohnfertigung) wird in Österreich dem reglementierten Handwerk „Kunststoffverarbeitung“ zugeordnet (Befähigungsnachweis erforderlich; Zugangsverordnung Kunststoffverarbeitungs-Verordnung BGBl. II Nr. 66/2003 i. d. F. BGBl. II Nr. 399/2008, gestützt auf § 18 GewO 1994). Es handelt sich nicht um ein freies Gewerbe, sobald Teile über reine Anschauungsmodelle hinausgehen.^[13]

Eingeschränkte Gewerbeberechtigungen für 3D-Druck

„Copyshop“: Kunststoffverarbeiter, eingeschränkt auf das Betreiben von Kunststoff-3D-Druckern zur Herstellung von Teilen aus bereitgestellten Datensätzen.

„Lohnfertigung“: Kunststoffverarbeiter, eingeschränkt auf die Herstellung von Produkten mittels Kunststoff-3D-Drucker. Zusätzlich Unternehmerprüfung erforderlich; endgültige Einordnung durch die Gewerbebehörde, ggf. per Feststellungsbescheid.

Zuständige Fachorganisation ist die Bundesinnung der Kunststoffverarbeiter (WKO, Sparte Gewerbe und Handwerk). Abzugrenzen ist das Druckgewerbe („Drucker und Druckformenhersteller“, Sparte Information & Consulting), das klassische Druckverfahren auf Papier/Folien erfasst, nicht den additiven Kunststoff-3D-Druck. Die statistische ÖNACE-Klasse ist 22.29 „Herstellung von sonstigen Kunststoffwaren“. Es bestehen Pflichtmitgliedschaft in der WKO und gesetzliche Unfallversicherung bei der AUVA.

21. Deutschland: Berufsgenossenschaften (Vergleich)

In Deutschland besteht Pflichtmitgliedschaft bei der zuständigen Berufsgenossenschaft als Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (SGB VII; Meldung binnen einer Woche nach § 192 SGB VII). Maßgeblich ist die wirtschaftliche Haupttätigkeit: Die BG ETEM ist faktisch federführend für den 3D-Druck-Arbeitsschutz; für chemie-/kunststofflastige Betriebe ist die BG RCI zuständig. Für jeden Betrieb ist genau eine BG zuständig.^[14]

Teil VII

Betriebliche Umsetzung (intern)

Dieser Teil ist als interne, betriebsspezifische Umsetzungshilfe gehalten und präskriptiv formuliert. Er ist nicht zur Veröffentlichung bestimmt.

22. Evaluierungs-Checkliste 3D-Druck-Arbeitsplatz

- Arbeitsbereich definiert (Druck, Wäsche/Härtung, Nachbearbeitung getrennt betrachtet)?
- Materialliste mit aktuellen SDB vorhanden? Arbeitsstoffverzeichnis geführt?
- Emissionsstarke Materialien (ABS/ASA/PA) nur auf geschlossenen Maschinen mit Abluft?
- Absaugung/Filter installiert und Wirksamkeit dokumentiert? Letzte Filterprüfung?
- Harzbereich: dichte Wash-&-Cure-Station, UV-Schutz, IPA-Ex-Schutz, Auffangwanne?
- PSA bereitgestellt (Nitril, Brille, A-/P-Filter) und Unterweisung erfolgt?
- Abfalltrennung (Harz/IPA/Filter als gefährlicher Abfall) organisiert?
- Besonders schutzbedürftige Personen berücksichtigt?
- Dokumentation (Sicherheits- und Gesundheitsschutzdokument) erstellt?

23. Inhalt einer Betriebsanweisung (je Arbeitsstoff)

6. Anwendungsbereich und Arbeitsstoff (Bezeichnung, SDB-Bezug).
7. Gefahren für Mensch und Umwelt (H-Sätze, Piktogramme).
8. Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln (technisch, organisatorisch, PSA).
9. Verhalten im Gefahrfall (Brand, Austritt).
10. Erste Hilfe (Haut-/Augenkontakt, Einatmen).
11. Sachgerechte Entsorgung.

24. Wiederkehrende Pflichten (Intervalle)

Pflicht	Intervall / Anlass
Evaluierung aktualisieren	bei Änderung Material/Maschine/Verfahren; nach Vorfällen
Filterleistung prüfen/wechseln	mindestens jährlich bzw. nach Herstellerangabe
Unterweisung der Beschäftigten	mindestens jährlich und bei Neuerungen
SDB-Aktualität prüfen	laufend; bei Lieferantenwechsel/Rezepturwechsel
Ex-Schutz-Prüfung (IPA)	wiederkehrend gemäß VEXAT/Herstellervorgabe
Arbeitsplatzmessung	bei drohender Grenzwertüberschreitung (§ 46 ASchG)

Anhang

A. Glossar

Begriff	Bedeutung
UFP	Ultrafeine Partikel (Durchmesser < 100 nm)
VOC / TVOC	Flüchtige organische Verbindungen / Summenwert
MAK / TRK	Maximale Arbeitsplatzkonzentration / Technische Richtkonzentration (AT)
AGW	Arbeitsplatzgrenzwert (DE, TRGS 900)
TMW / KZW	Tagesmittelwert / Kurzzeitwert
IOELV / BOELV	Indikativer / verbindlicher EU-Arbeitsplatzgrenzwert
DNEL	Derived No-Effect Level (REACH)
STOP	Substitution – Technisch – Organisatorisch – Personenbezogen
HEPA H13	Schwebstofffilterklasse (≥ 99,95 % Abscheidung bei MPPS)
VEXAT	Verordnung explosionsfähige Atmosphären (AT)

B. Erklärungen

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

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

Empfohlene Zitierweise: [Nachname] T. ARBEITSSCHUTZWERK – Arbeitssicherheit, Gesundheitsschutz und gewerbliche Einordnung in der additiven Fertigung. Vollfassung, Version 1.0. Schichtwerk; 2026.

C. Literaturverzeichnis

- [1] ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG), BGBl. Nr. 450/1994 i. d. F. §§ 3–7, 12, 14, 41–42, 45–46, 82a. RIS – Rechtsinformationssystem des Bundes.
- [2] Arbeitsinspektion / AUVA. STOP-Prinzip und Grundsätze der Gefahrenverhütung. arbeitsinspektion.gv.at.
- [3] Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA). Merkblätter M 391, M 705, M 719, M 910, M.plus 040.E9, M.plus 302, M.plus 385; Evaluierungsvorlagen eval.at. Wien: AUVA.
- [4] Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA). Messprogramm Exposition bei additiven Fertigungsverfahren (MGU). Sankt Augustin: DGUV.
- [5] He C, Morawska L, Taplin L. Particle emission characteristics of office printers. *Environ Sci Technol*. 2007;41(17):6039–6045. (Klassifikationsschema „high emitter“).
- [6] Stephens B, Azimi P, El Orch Z, Ramos T. Ultrafine particle emissions from desktop 3D printers. *Atmos Environ*. 2013;79:334–339.
- [7] 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.
- [8] ANSI/CAN/UL 2904. Standard Method for Testing and Assessing Particle and Chemical Emissions from 3D Printers. 2nd ed. Underwriters Laboratories; 2023.
- [9] Grenzwerteverordnung (GKV) 2025, BGBl. II Nr. 339/2025, Anhang I. RIS. Vergleichswerte DE: TRGS 900 (BAuA).
- [10] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (CLP) und Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH), Anhang II. Amtsblatt der EU.
- [11] Aalto-Korte K, Suuronen K, Kuuliala O, Henriks-Eckerman ML, Jolanki R. Occupational contact allergy to monomeric acrylates. *Contact Dermatitis*. 2010;63(6):340–346.
- [12] Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM). Isopropanol – gefährliche Nachbehandlung von 3D-Drucken. etem 2/2025; BG ETEM S017 „Sicherheit und Gesundheit beim Arbeiten mit 3D-Druckern“.
- [13] Wirtschaftskammer Österreich (WKO). Bundesinnung der Kunststoffverarbeiter; Kunststoffverarbeitungs-Verordnung BGBl. II Nr. 66/2003 i. d. F. BGBl. II Nr. 399/2008; GewO 1994 § 18; WIFI/FOTEC Ausbildung Kunststoff-3D-Druck-Gewerbe.
- [14] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV). Zuständigkeit BG ETEM / BG RCI; SGB VII § 192; DGUV Regel 113-011, DGUV Information 202-103.