

## Richtlinie Additive Fertigung / 3D-Druck

*Geräte für die Additive Fertigung (3D-Drucker) werden in zahlreichen Räumlichkeiten an der ETH Zürich verwendet. Da sich diese in ihren Eigenschaften und damit auch in ihrem Gefahrenpotential stark unterscheiden, sind beim Umgang mit ihnen spezielle Sicherheitsmassnahmen zu beachten, die in dieser Richtlinie zusammengefasst sind.*



Quelle: Harvard Campus Services EHS [https://www.ehs.harvard.edu/sites/default/files/3d\\_printers\\_fact%20sheet.pdf](https://www.ehs.harvard.edu/sites/default/files/3d_printers_fact%20sheet.pdf)

### Inhaltsverzeichnis

<b>GELTUNGSBEREICH</b> .....	<b>2</b>
<b>DEFINITION / BESCHREIBUNG</b> .....	<b>2</b>
<b>KONFORMITÄTSEKTLÄRUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>GEFÄHRDUNGEN</b> .....	<b>3</b>
<b>SICHERHEITS- UND SCHUTZMASSNAHMEN</b> .....	<b>3</b>
<b>ENTSORGUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>GESETZLICHE GRUNDLAGEN</b> .....	<b>6</b>

## Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für alle Angehörigen der ETH Zürich (Mitarbeitende, Studierende, Lernende, Stipendiaten, Gastwissenschaftler) sowie für Spin-Offs und Drittfirmen, welche in Räumlichkeiten der ETH Zürich tätig sind.

## Definition / Beschreibung

Unter additiven Fertigungsverfahren (3D-Druck) versteht man alle Verfahren, bei denen ein Werkstoff zur Erzeugung eines Bauteils schichtweise hinzugefügt wird. Diese Bauteile entstehen – auf der Basis von Datenmodellen – aus Flüssigkeiten, Pulvern, band- oder drahtförmigem Material durch chemische und/oder physikalische Prozesse. [1] In Abbildung 1 sind die verschiedenen Verfahren zusammengestellt.

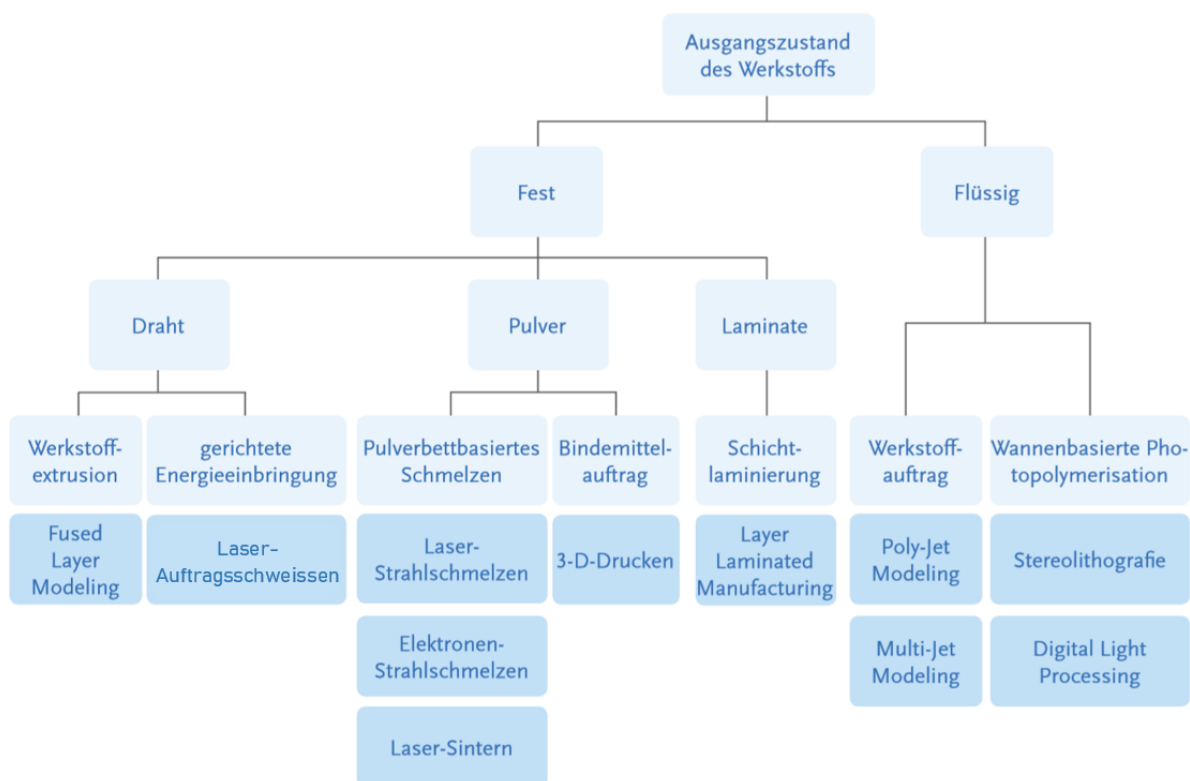


Abbildung 1: Unterteilung der additiven Fertigungsverfahren nach Ausgangszustand des Werkstoffs und zugrundeliegender Prozesskategorie [2]

### Verfahrensbeschreibung:

- Präprozesse: Aufbereitung der Werk- und Ausgangsstoffe, z.B. Aussieben bestimmter Partikelgrößen, Abfüllen von pulverförmigen Metallen in die Behälter der Fertigungsmaschine.
- Bau-/Fertigungsprozesse: Je nach Druckertyp wird Hitze, nicht-ionisierende oder ionisierende Strahlung verwendet um die Ausgangsstoffe zu schmelzen. Durch passive oder aktive Abkühlung oder durch UV-Polymerisierung der Stoffe wird ein festes Bauteil erzeugt. Diese Prozesse könnten auch die Verwendung spezifischer Gase erfordern.
- Postprozesse: Trennung des Bauteils von der Bauplattform, Entpulvern oder chemische Reinigung des Bauteils, Schleifen, Recycling und/oder Entsorgung der Restmaterialien.

## Konformitätserklärung

An der ETHZ dürfen nur 3D-Drucker eingesetzt werden für welche der Hersteller die Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nachweist. Dabei muss er dem Nutzer / Käufer eine CE- Konformitätserklärung und eine Betriebsanleitung beilegen.

3-D-Drucker und komplette Bausätze sind Maschinen im Sinne der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und in der Schweiz mit der Maschinenverordnung (MaschV) rechtsverbindlich. [3] Wenn der Nutzer einen 3-D-Drucker abändert / modifiziert oder einen 3-D-Druckbausatz selber zusammenstellt, kann er zum Hersteller / Inverkehrbringer des Produktes werden. Er übernimmt entsprechend alle Herstellerpflichten inkl. der Haftung und erstellt für die Nutzung die erforderlichen Unterlagen zur Verfügung.

## Gefährdungen

Additive Fertigungsverfahren entwickeln sich dauernd und somit auch deren Gefahrenquellen. Gefahren können je nach Verfahren beim Präprozess, beim Bau-/Fertigungsprozess sowie beim Postprozess und der Entsorgung der Abfälle auftreten, beispielsweise:

- Gesundheitsgefährdung durch die Exposition mit gesundheitsschädlichen Stoffen wie Werkstoffen, Schutzgasen, Reinigungsmitteln, Abgasen, Sonderabfall. Die Aufnahme von Stoffen über die Atmung (inhalative Exposition durch Gase, Dämpfe, Aerosole) kann bei allen Fertigungsverfahren stattfinden (Abb. 1). Vergiftung bei Haut-/Augenkontakt (dermale Exposition) kann bspw. bei der Reinigung der Bauteile mit Chemikalien stattfinden. Eine Verschluckungsvergiftung (orale Aufnahme) tritt bspw. auf, wenn Schutzhandschuh falsch abgezogen oder falsche Handschuhe getragen wurden und somit die verschmutzten Finger an die Lippen kommen. Hierbei müssen flüchtige Chemikalien, CMR-Stoffe (krebserzeugende, mutagene oder reproduktionstoxische), pulverförmige Metalle, ultrafeine Partikel, alveolengängiger und einatembarer Staub, Abgase (z.B. Schweisssrauch) besonders berücksichtigt werden.
- Brand-/Explosionsgefahr durch entzündbare/oxidierbare Pulver, z.B. Metalle oder Lösemittel bei der Reinigung.
- Gefährdung durch nicht-ionisierende (Mikrowelle, Infrarot), ionisierende (UV, Röntgen) Strahlungen oder auch Hitze z.B. Verbrennung, Augenverletzungen, Brandgefahr.
- Verbrennungs- und Brandgefahr durch heisse Maschinenteile (Extrusionsdüse, heisser Draht, beheizte Druckplatte).
- Elektro-Gefahren: Stromschlag, Kurzschluss, Kabelbrand.
- Elektromagnetische Felder.
- Verletzungsgefahr: Quetschstellen (bewegte Maschinenteile), scharfe Kanten (z.B. bei Entfernung der Stützstruktur).

## Sicherheits- und Schutzmassnahmen

### ACHTUNG:

1. Es ist verboten Marken [3] und Waffen auszudrucken.
2. Die Sicherheitsmassnahmen des Herstellers müssen immer eingehalten werden. Diese Anweisungen sind in der Anleitung der Maschine und für Gefahrstoffe in den entsprechenden Sicherheitsdatenblättern zusammengefasst.
3. Zusätzlich sind an der ETHZ folgende Massnahmen zu berücksichtigen:

## Präventive Schutzmassnahmen

3D-Drucker müssen in einen separaten Raum mit guter Be- und Entlüftung aufgestellt werden. Nach erfolgter Risikobeurteilung durch den Benutzer / die Benutzerin gilt es, die definierten präventiven Schutzmassnahmen nach dem **STOP-Prinzip** umzusetzen. Das Akronym «STOP» steht für Substitution, Technische Massnahmen, Organisatorische Massnahmen und Personenbezogene Massnahmen. Es bestimmt die Reihenfolge, in der Schutzmassnahmen gegen Gefährdungen zu suchen sind. Als erstes sollten dabei Massnahmen mit der grössten Wirkung geprüft werden (höchste Priorität: S, niedrigste Priorität: P). In der Tabelle auf Seite 5 sind die Massnahmen gemäss STOP-Prinzip zusammengestellt.

## Entsorgung

Die Drucker selbst sind dekontaminiert via Abteilung Betrieb zu entsorgen.

Verwendete Chemikalien, kontaminierte Ausgangsmaterialien wie Sand oder «Reinigungsmittel» sind als Sonderabfall in den Sonderabfallentsorgungsstellen → der ETHZ abzugeben. Benötigte Gebinde können kostenlos bei den Sonderabfallentsorgungsstellen bezogen werden.

Bei der Abgabe als Sonderabfall ist insbesondere Folgendes zu beachten:

- Pulverförmige/staubende Materialien in verschlossenen Gebinden als Sonderabfall entsorgen.
- Behälter mit flüssigen (gelösten) oder pastösen Materialien: Sammlung in definiertem geschlossenen Gebinde →.
- Feste Materialien: Sammlung in definiertem geschlossenen Gebinde →.
- Papiere, Reinigungstücher, PSA und andere Gegenstände mit Chemie-Kontamination:
  - in einem (antistatischen) Plastiksack sammeln.
  - gefüllten Sack in einen zweiten Sack oder ein anderes dichtes Behältnis stecken.
- Alle Gebinde dicht verschliessen und entsprechend etikettieren. Toxische Inhaltstoffe (z.B. Nickel) auf der Entsorgungsetikette explizit deklarieren.
- In einem Abzug oder an einem ähnlich geeigneten Ort lagern.
- Möglichst zeitnah an einer der Sonderabfallentsorgungsstellen der ETHZ abgeben.

Bei Fragen: +41 44 632 30 30 oder [sgu-sonderabfall@ethz.ch](mailto:sgu-sonderabfall@ethz.ch) →

	Gefährdungen				
	Chemikalien/Abgase	Brand, Explosionsgefahren	Optische Strahlung	Verbrennungsgefahr	Akustische Störung
<b>S</b> ubstitution	Acrylonitrile butadiene styrene (ABS) Drucker bevorzugen.	Nicht-entzündliche, -oxidierbare Pulver benutzen.	Thermische Drucker bevorzugen.	Heizungstemperatur beschränken auf < 65°C.	Abteilung SGU beziehen <a href="mailto:cabs@ethz.ch">cabs@ethz.ch</a>
<b>T</b> echnische	- Künstl. Be-/Entlüftung, Anschluss an Chemie-/Prozessabluft, zusätzlich HEPA-Filter H14 in Abluftkanal installieren. - Keine Abluft-Rezirkulation. - Luftwechselrate von mind. 3x Raumvolumen pro Stunde.	- Unter inerten Bedingungen (Ar, N <sub>2</sub> ) arbeiten. Mit SGU besprechen <a href="mailto:cabs@ethz.ch">cabs@ethz.ch</a> . - Quellenabsaugung/ Luftwechselrate von mind. 3x Raumvolumen pro Stunde.	Strahlung begrenzen (ggf. in UV-strahldichtes Gehäuse integrieren, Strahlfänger anbringen, nicht reflektierende Abschirmelemente verwenden).	Heisse Maschinenteile (Extrusionsdüse, heisser Draht, beheizte Druckplatte) in ein belüftetes Gehäuse integrieren und Zugang verhindern.	Die Anlage einbauen, ggf. mit Akustikschwerschaum abdämpfen.
	In ein belüftetes mit Filter gestattetes Gehäuse montieren.			Bei unmöglicher Temperatur Beschränkung, ist zwingend SGU beizuziehen ( <a href="mailto:cabs@ethz.ch">cabs@ethz.ch</a> )	
	Wenn unmöglich, ist zwingend SGU beizuziehen ( <a href="mailto:cabs@ethz.ch">cabs@ethz.ch</a> ).				
<b>O</b> rganisatorische	Minimierung der - Anzahl 3D-Drucker. - Anzahl gleichzeitig laufender 3D-Drucker. - Benutzeranzahl. - Expositionsdauer.	- Partikel mit Durchmesser > 0.5 mm benutzen. - Kleinere Partikel müssen in Lösungsmittel verdünnt werden.	- Lichtstrahl nie auf Augenhöhe einrichten, weder für stehende noch sitzende Personen. - Den Strahlweg immer umschlossen oder abgeschirmt führen.		
		Wenn unmöglich, ist zwingend die Abteilung SGU beizuziehen <a href="mailto:cabs@ethz.ch">cabs@ethz.ch</a>	- Bei Justierarbeiten keinen Schmuck, keine Uhr tragen. - Möglichst mit ausgeschalteter optischen Strahlung arbeiten.		
	Warnzeichenaufkleber. Bezug via SGU, <a href="mailto:stickers@ethz.ch">stickers@ethz.ch</a>				
<b>P</b> SA*	Gegen Feinstaub: FFP2-Maske. Gegen FOC: ABEK Gasmaske.	Faceshield und Polyvinylchlorid (PVC) Schürze.	Geeignete Schutzbrille, ggf. Wärmeschutz tragen.		Gehörschutz.

\* Diese persönlichen Schutzausrüstungen (PSA) → sollten zusätzlich zur Schutzbrille, Handschuhen und Labormantel getragen werden.

FOC: flüchtige organische Chemikalien; FFP2: filtering face piece class 2 (Partikelfiltrierende Halbmasken Klasse 2); ABEK: Gaskombifilter →

## Referenzen und Gesetzliche Grundlagen

- [1] Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung, «3D Drucker,» 8 Oktober 2020. <https://www.dguv.de/ifa/fachinfos/arbeiten-4.0/neue-technologien-stoffe/3d-drucker/index.jsp>.
- [2] M. Schmauder; K. Höhn; I.-L. Hilgers; B. Meyer; S. Schreiber, «3-D-Druck und Produktsicherheit: Informationen für die Marktüberwachung,» November 2018. <https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Fokus/3-D-Druck-Marktueberwachung.html>.
- [3] Verordnung über die Sicherheit von Maschinen (Maschinenverordnung, MaschV)
- [4] Bundesversammlung der Schweizerischen Eidgenossenschaft, «Bundesgesetz über den Schutz von Marken und Herkunftsangaben». <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19920213/index.html>.
- [5] Bundesgesetz über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikaliengesetz, ChemG)
- [6] Verordnung über den Schutz vor gefährlichen Stoffen und Zubereitungen (Chemikalienverordnung, ChemV)
- [7] Verordnung über das Inverkehrbringen von und den Umgang mit Biozidprodukten (Biozidprodukteverordnung, VBP)
- [8] Verordnung über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (Pflanzenschutzmittelverordnung, PSMV)
- [9] Verordnung über die in Lebensmitteln zulässigen Zusatzstoffe (Zusatzstoffverordnung, ZuV)
- [10] Bundesgesetz über die Arbeit in Industrie, Gewerbe und Handel (Arbeitsgesetz, ArG)
- [11] Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG)
- [12] Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV)
- [13] Arbeitsgesetz vom 13.3.1964 (Art. 6, Art. 35) und die Wegleitung zu VO 3 und 4 zum Arbeitsgesetz (Wegleitung 3 und 4 zur ArG)

ETH Zürich  
Sicherheit, Gesundheit und Umwelt (SGU)

Telefon: +41 44 632 30 30

[cabs@ethz.ch](mailto:cabs@ethz.ch) →  
[www.sicherheit.ethz.ch](http://www.sicherheit.ethz.ch) →

Stand: Oktober 2021, V1.0