

GEFAHRSTOFFE

IN DER ADDITIVEN FERTIGUNG VON METALL

Christoph Barth

10. Juli 2024

NEXT LEVEL IN
AM

TOOLCRAFT AG



ADDITIVE FERTIGUNG



ROBOTIK

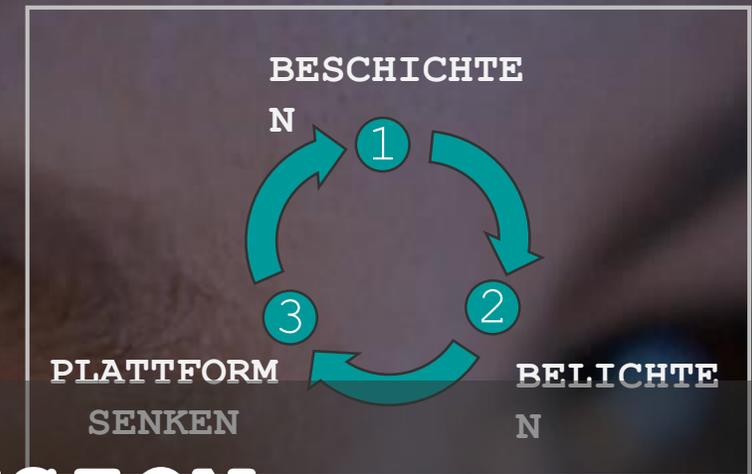


ZERSPANUNG



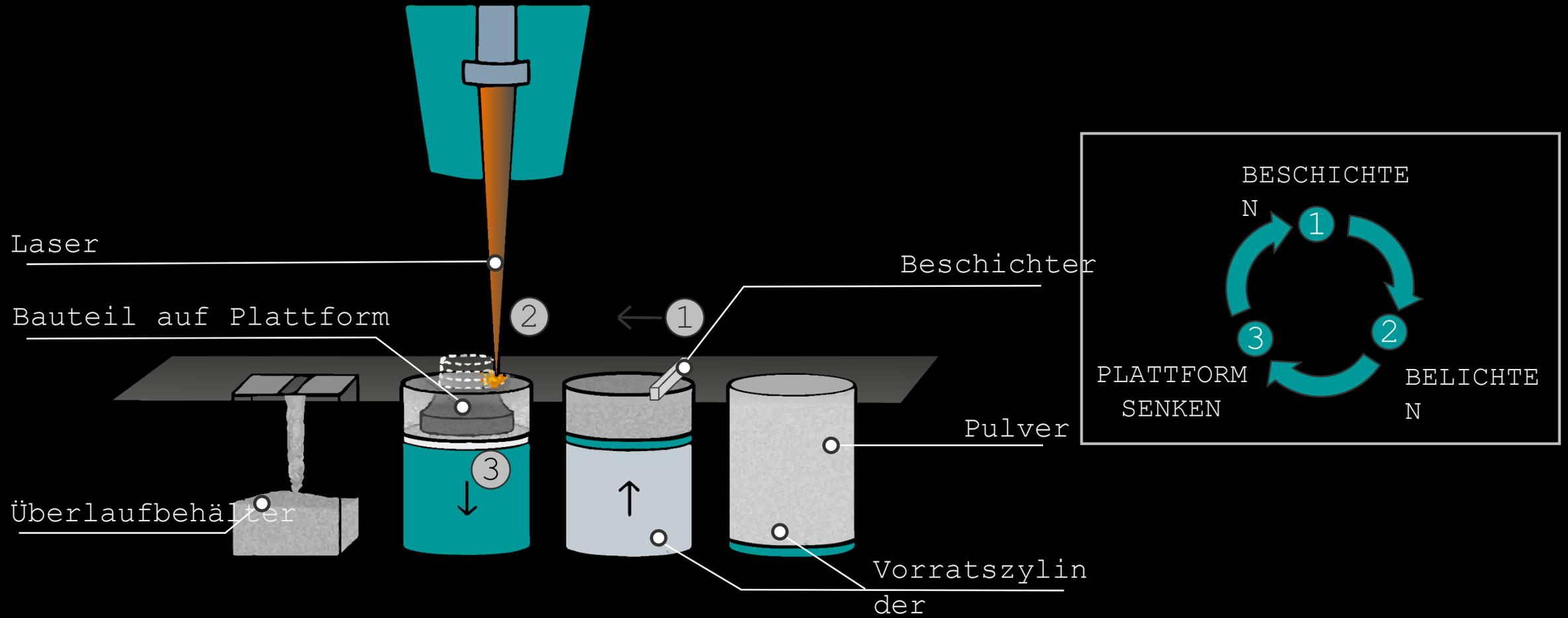
SPRITZGUSS + FORMENBAU

LASER POWDER BED FUSION

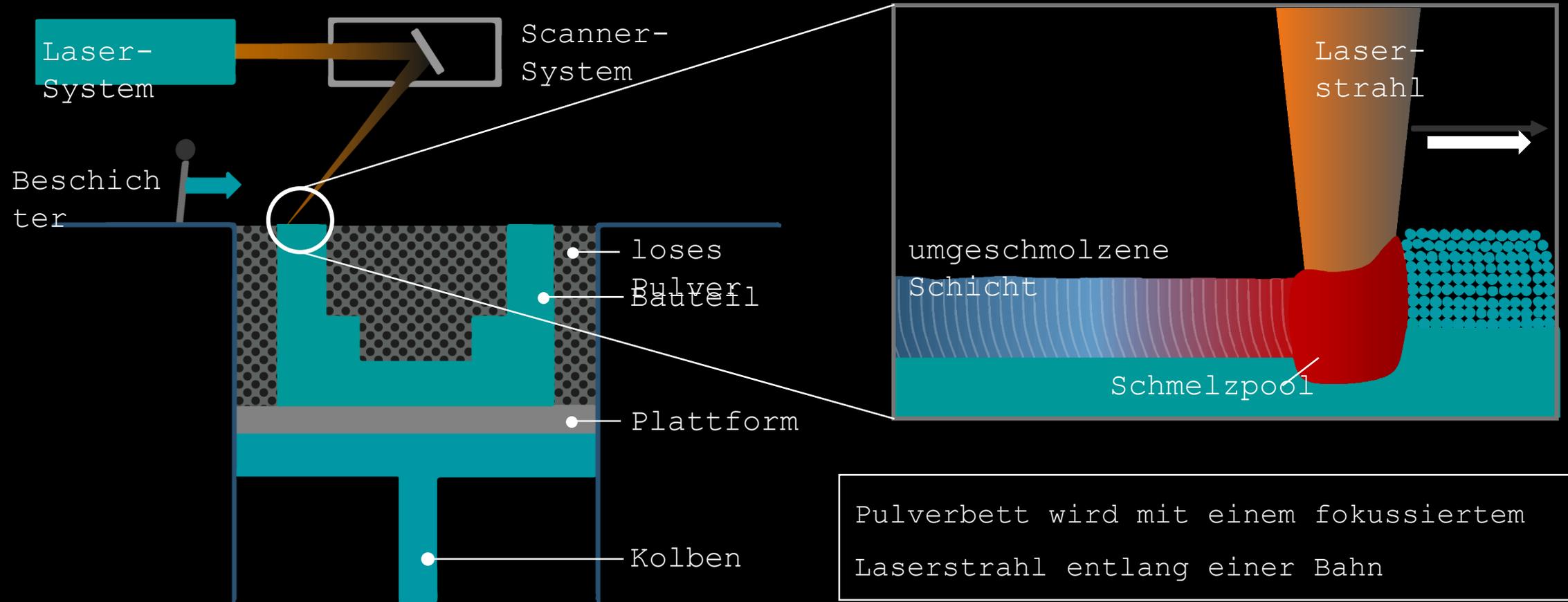


Quelle: Trun

L-PBF - PRINZIP



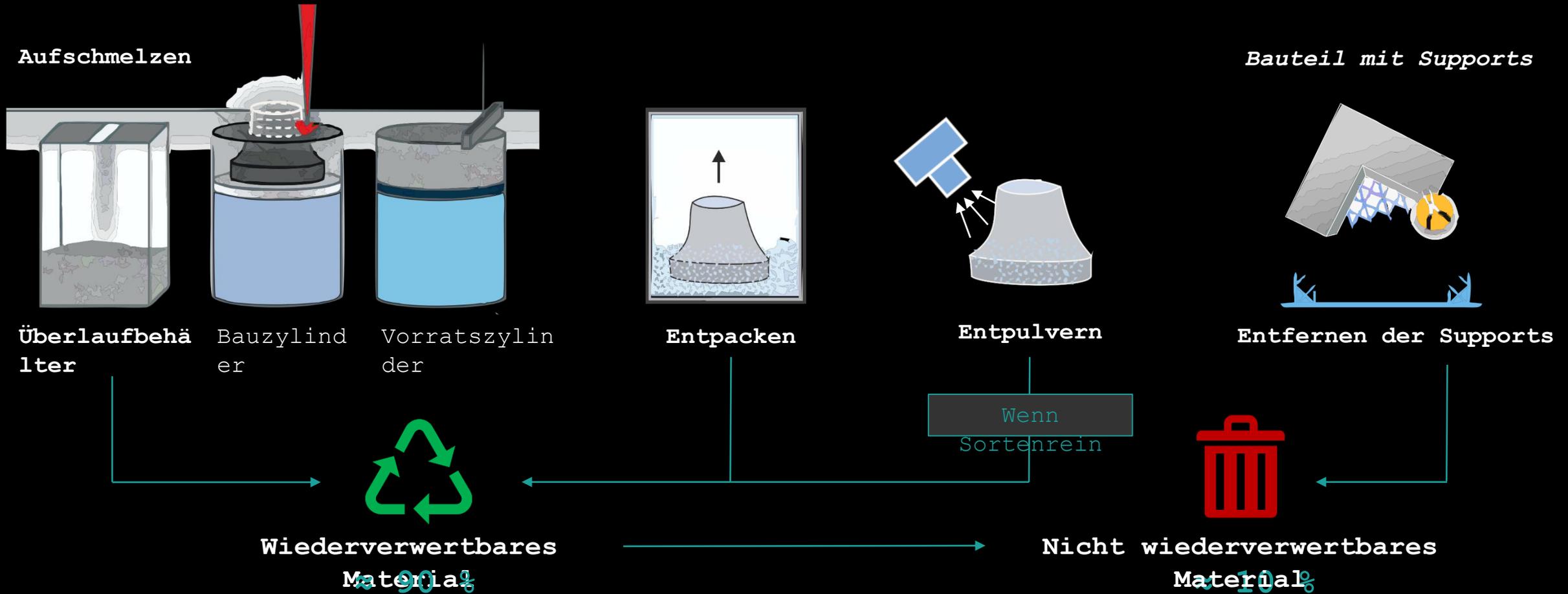
L-PBF - PRINZIP



Pulverbett wird mit einem fokussiertem Laserstrahl entlang einer Bahn aufgeschmolzen und zu einem Bauteil aufgebaut

Quelle: Trumpf

L-PBF - MATERIALVERBRAUCH



L-PBF – HIGH-END ANWENDUNG

Turbinenschau
fel



Ruder



Fenchelbrenne
r



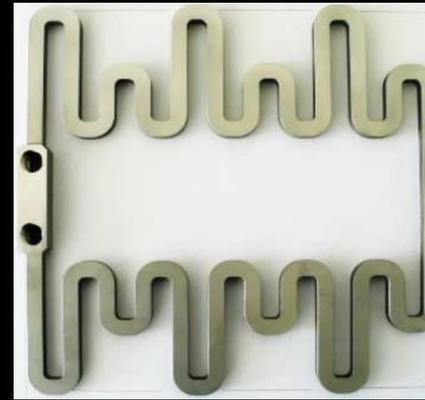
Turbinenrad



Innengekühlte
Fassonstifte



Kühlschlange



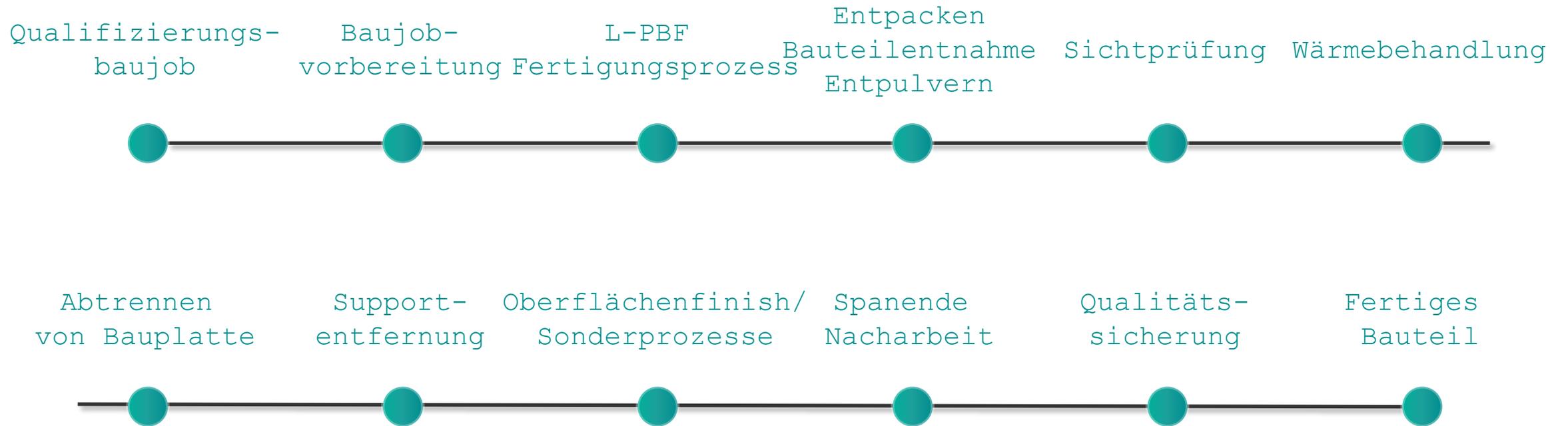
Knochenbohrer



3D-Gedrucktes
Werkzeug



L-PBF PROZESSKETTE



WERKSTOFFVIELFALT

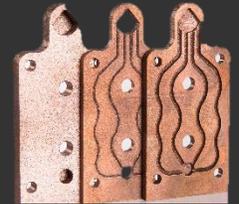
Aluminium-
Legierungen



Titan-
Legierungen



Kupfer-
Legierungen



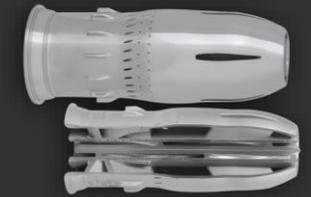
Stahl-
Legierungen



Nickel-
Basis-
Legierungen



Kobalt-
Chrom-
Legierungen



EIGENSCHAFTEN VON METALLPULVERN – GRUNDLAGEN

Grundlegende charakteristische Eigenschaften

Partikelform

Partikelgröße und
Partikelgrößenverteilung

Fließfähigkeit

Schüttdichte

Chemische
Zusammensetzung

Partikelgröße beeinflusst:



Pulverschichtdicke, Genauigkeit, Oberflächengüte, Porosität und Bauteildichte

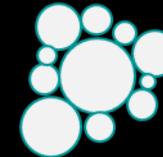
- Abstimmung auf spätere Bearbeitungsverfahren

Elektronenstrahlschmelzen: 45 bis 105 μm

Laserschmelzen: 15 bis 45 μm

Laserauftragsschweißen: 45 bis 150 μm

Partikelgrößenverteilung:



Gibt an, welche Partikelgrößen mit welchem Anteil in der Gesamtheit vertreten sind

- *Enge Verteilung*: Erhöhung Bauteilfestigkeit und -härte
- *Breite Verteilung*: geringere Flächenenergie nötig

METALLPULVER

SICHERHEITSDATENBLATT

➤ Immer notwendig

- Regelmäßige Prüfung
- Gefahrstoffregister
- Betriebsanweisung

➤ GHS-Symbole und H-Sätze

- Gefährdungsbeurteilung

➤ Daten vollständig?!

- Verteilung des Pulvers
- Mindestzündenergie
- Zündtemperatur

SICHERHEITSDATENBLATT		
gemäß Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH)		
Bearbeitungsdatum: 10.09.2020 Druckdatum: 02.11.2020 Version: 1 Seite 2/13		
		
Laser Cladding Pulver HRC 55 Co Cr W C		
2.2. Kennzeichnungselemente		
Kennzeichnung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 [CLP]		
Gefahrenpiktogramme:		
		
GHS07 Ausrufezeichen	GHS08 Gesundheitsgefahr	GHS09 Umwelt
Signalwort: Gefahr		
Gefahrenhinweise für Gesundheitsgefahren		
H302	Gesundheitsschädlich bei Verschlucken.	
H317	Kann allergische Hautreaktionen verursachen.	
H319	Verursacht schwere Augenreizung.	
H334	Kann bei Einatmen Allergie, asthmaartige Symptome oder Atembeschwerden verursachen.	
H350	Kann Krebs erzeugen.	
H361F	Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen. (...)	
H373	Kann die Organe schädigen bei längerer oder wiederholter Exposition. (...)	
Gefahrenhinweise für Umweltgefahren		
H410	Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.	
Ergänzende Gefahrenmerkmale		
EUH208	Enthält Cobalt, Nickel. Kann allergische Reaktionen hervorrufen.	
Sicherheitshinweise Prävention		
P260	Staub/Rauch/Gas/Nebel/Dampf/Aerosol nicht einatmen.	
P270	Bei Gebrauch nicht essen, trinken oder rauchen.	
P273	Freisetzung in die Umwelt vermeiden.	
P280	Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.	
P284	[Bei unzureichender Belüftung] Atemschutz tragen.	
Sicherheitshinweise Reaktion		
P302 + P352	BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen.	
P314	Bei Unwohlsein ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.	
P333 + P313	Bei Hautreizung oder -ausschlag: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.	
P362 + P364	Kontaminierte Kleidung ausziehen und vor erneutem Tragen waschen.	

Titanium Powder TiAl6V4 Gd23 Type 2

Version 2
Änderungsdatum 2012-05-16

ABSCHNITT 1: Bezeichnung des Stoffs bzw. des Gemischs und des Unternehmens	
1.1. Produktidentifikator	
Produktname	Titanium Powder TiAl6V4 Gd23 Type 2
1.3. Einzelheiten zum Lieferanten, der das Sicherheitsdatenblatt bereitstellt	
Firma	Renishaw plc
Anschrift	Whitebridge Way, Whitebridge Park, Stone, Staffordshire ST15 8LQ United Kingdom
Web	www.renishaw.com
Telefon	+44 (0)1785 815651
Fax	+44 (0)1785 812115
Email	msds@renishaw.com
Email - Verantwortliche/ausstellende Person	msds@renishaw.com
ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren	
2.1. Einstufung des Stoffs oder Gemischs	
H302, H317, H319, H334, H350, H361F, H373, H410	
2.2. Kennzeichnungselemente	
Symbole	F: Leichtentzündlich. 
R-Sätze	Keine bedeutende Gefahr. R11 - Leichtentzündlich.
Sicherheitshinweise	P14 - Sicherheitsdatenblatt auf Anfrage für berufsmäßige Verwender erhältlich. P15 - Nur für den berufsmäßigen Verwender.
2.3. Sonstige Gefahren	
Ahnung: Schmelzen H302, H317, H319, H334, H350, H361F, H373, H410	

METALLPULVER

SICHERHEITSDATENBLATT

ABSCHNITT 2: Mögliche Gefahren

2.1 Einstufung des Stoffs oder Gemischs

Einstufung (VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008)

Stoffe und Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 3
H261: In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.

2.2 Kennzeichnungselemente

Kennzeichnung (VERORDNUNG (EG) Nr. 1272/2008)

Gefahrenpiktogramme :



Signalwort : Achtung

Gefahrenhinweise : H261 In Berührung mit Wasser entstehen entzündbare Gase.

Ergänzende Gefahrenhinweise : EUH029 giftige Gase. Entwickelt bei Berührung mit Wasser

Typische Daten für 20-63 Mikron Pulverkornverteilung (D10 - 31 µm / D50 - 45 µm / D90 - 61 µm)*:

Für die Entzündung einer Staubwolke

erforderliche Mindestenergie (MIE): 10-25 mJ – ohne Induktivität (< 25 µH)

Explosive Eigenschaften (20 Liter Kugel):

P_{max} : 6.1 bar @ 750 g/m³
(dP/dt)_{max}: 100 bar/s @ 600 g/m³
 K_{st} : 27 bar m/s
Staubexplosionsklasse: 1

Begrenzende Sauerstoffkonzentration: 16-17% O₂ (v/v)

Minimale Explosionskonzentration (MEC): 90-100 g/m³

Mindest-Zündtemperatur (Staubwolke): 493 °C**

Schicht (5 mm) Zündtemperatur: 325 °C**

METALLPULVER BRANDGEFAHR



METALLPULVER BRANDGEFAHR

Zündquelle, insgesamt 13 Arten

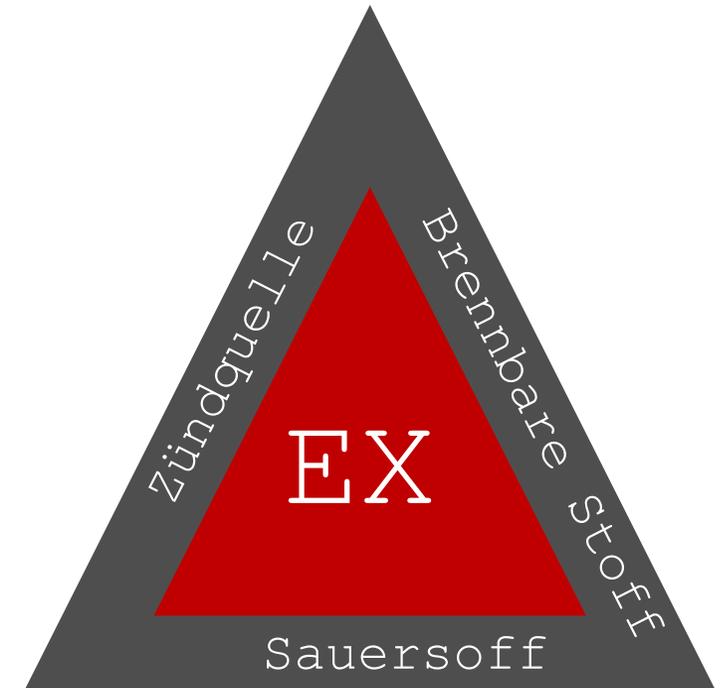
- z. B. offene Flamme, mechanischer oder elektrischer Funke, chemische Reaktion, heiße Oberfläche

Brennbarer Stoff

- Gase, Flüssigkeiten, Feststoff

Sauerstoff / Luft

- Wichtige Bedingung: richtiges Mischungsverhältnis zw. brennbarem Stoff und Sauerstoff



METALLPULVER BRANDGEFAHR

Metallpulver

- Grundsätzlich neigt jedes fein verteiltes Pulver zu Staubexplosionen
- vor allem bei Al- und Ti-Legierungen ist die Gefahr relativ groß

Filter

- (niedrigere Zündtemperatur im Vergleich z. B. zu Fe- und Ni-Pulver)
- Enthält Schmauch (viel geringer Partikelgröße), welcher reaktiver als Pulver ist
- Erhöhte Brandgefahr



METALLPULVER BRANDGEFAHR

Metallpulver

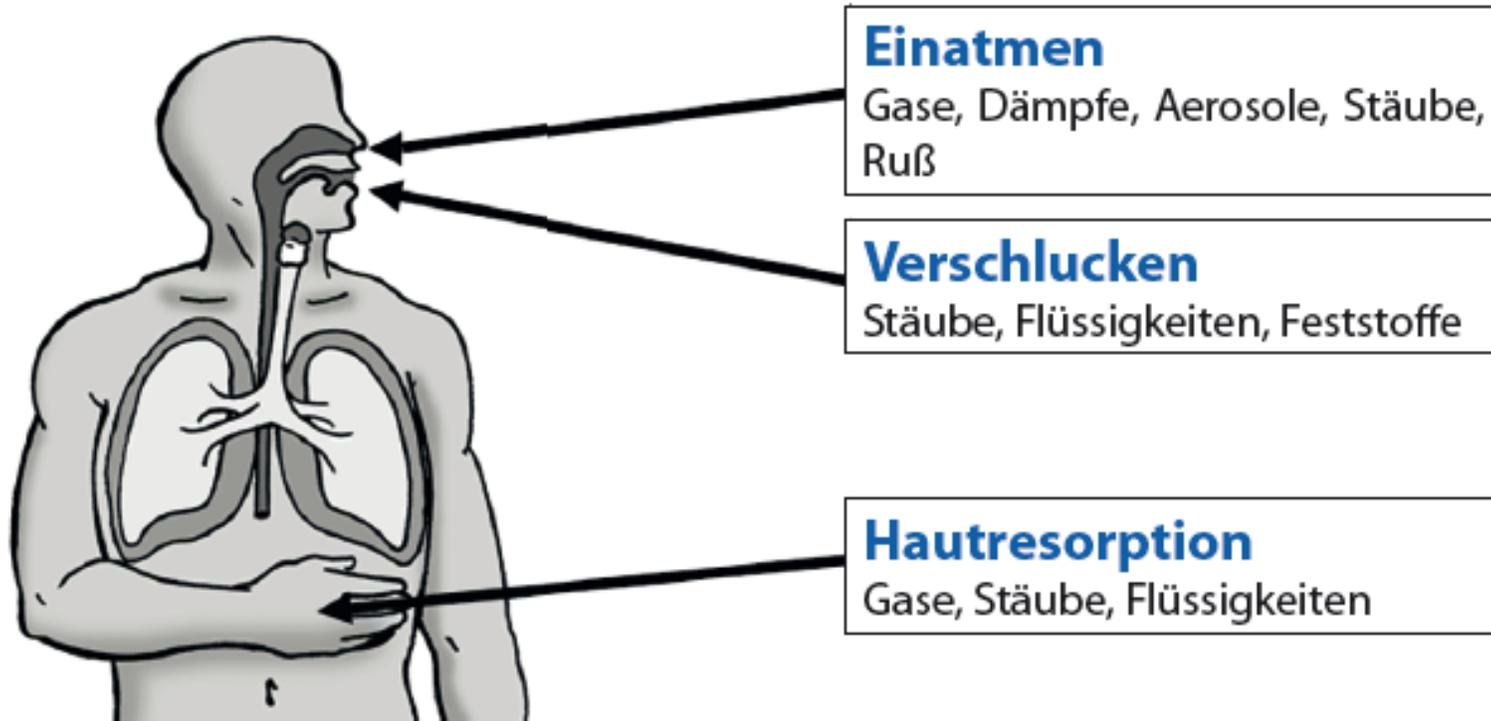
- Brandklasse D
- Metallpulverbrandlöscher
- **Niemals mit Wasser löschen**

Allgemein

- Nur wer im **Umgang mit dem Feuerlöscher** sicher ist, sollte versuchen einen Entstehungsbrand zu löschen
- Eigenschutz geht immer vor Sachschutz
- Je nach Brand geeigneten Feuerlöscher verwenden



Gefahrstoffe: Aufnahmewege



METALLPULVER

GESUNDHEITSGEFAHR

Signalwort:
Gefahr

Ni

- H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- H351: Kann vermutlich Krebs erzeugen. (Kategorie 2)
- H372: Schädigt die Organe bei längerer oder wiederholter Exposition.
- H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.

Co

- H317: Kann allergische Hautreaktionen verursachen.
- H319: Verursacht schwere Augenreizung.
- H334: Kann Asthmaauslöser verursachen.
- H341: Kann Asthmaauslöser verursachen.
- H350: Kann die Fortpflanzung beeinträchtigen.
- H360F: Kann die Fortpflanzung beeinträchtigen.

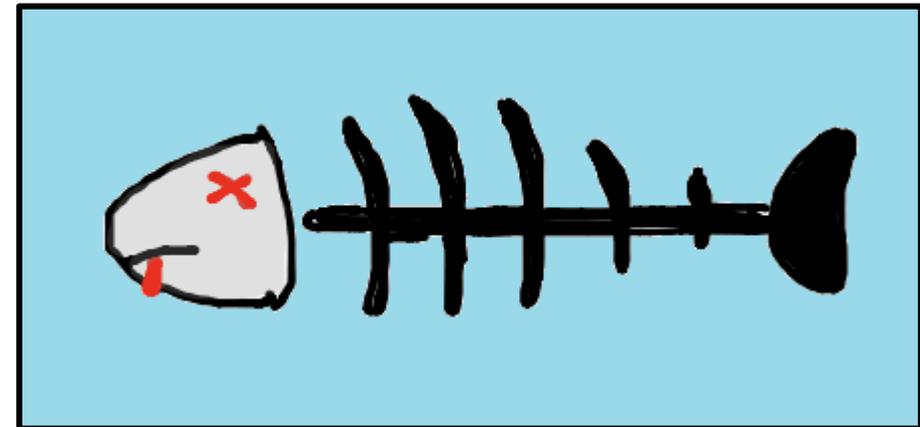


- H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung.

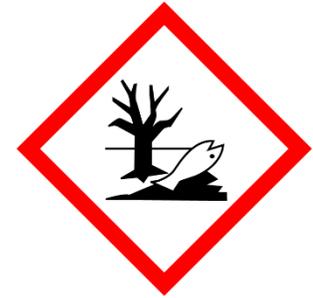
METALLPULVER UMWELTGEFAHR

Cu

- H400: Sehr giftig für Wasserorganismen.
- H410: Sehr giftig für



Signalwort:
Achtung



METALLPULVER ENTSORGUNG

- Umgang mit Putztücher
- Separater Entsorgungsraum
- Abfall-Außenlager
- Wechselkleidung
 - S-W-System durch externen Dienstleister



METALLPULVER HANDHABUNG

➤ **Entpulverkabine**

- Arbeitssicherheit
 - ATEX-konforme Bauart
 - Geschlossener Arbeitsraum
- Wirtschaftlichkeit durch Möglichkeit Pulver zu sortenrein aufzufangen



ARBEITSSICHERHEIT LAGERUNG

- Gefahrstoffschränk für Metallpulver
- Kardex Remaster Shuttle
- TRGS 510 Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern



ARBEITSSICHERHEIT

EXPLOSIONSSCHUTZDOKUMENT



➤ Grundsätzlich notwendig!?

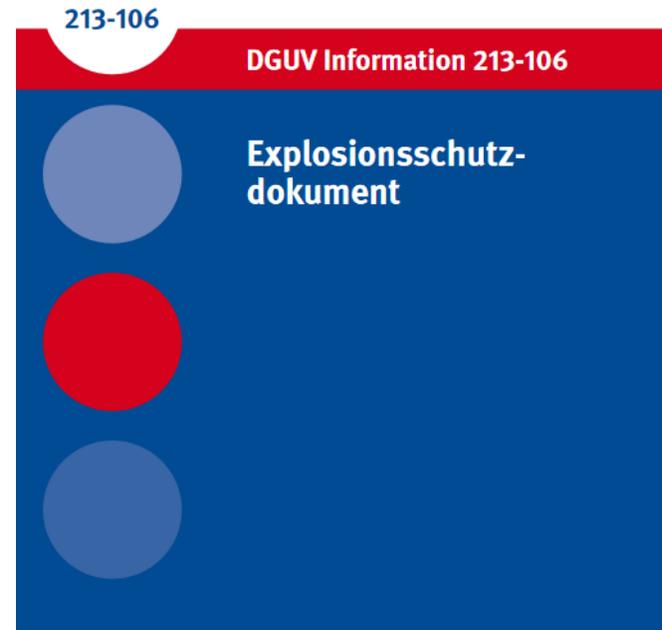
- Gefährdungsbeurteilung
- Auflage:
 - Brandversicherung,
 - Lüftungshersteller

➤ Interne Erstellung

- DGUV
- BGHM

➤ Externe Erstellung

- DEKRA



ARBEITSSICHERHEIT

GASWARNANLAGE

- Anlage notwendig?!
- Regelmäßige Prüfungen

<input checked="" type="checkbox"/> Funktionskontrolle nach T021	<input type="checkbox"/> Inbetriebnahme	Alarmtest mit Abschaltung	<input checked="" type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> mit Überbrückung						
<input type="checkbox"/> Systemkontrolle nach T021	<input type="checkbox"/> Störungsbeseitigung		<input type="checkbox"/> ja	<input checked="" type="checkbox"/> nein							
Kontrolle Auswertegerät			Kontrolle Messfühler								
Gehäuse	<input checked="" type="checkbox"/> i.O. <input type="checkbox"/> n.i.O. <input type="checkbox"/> nicht zutreffend	Gehäuse	<input checked="" type="checkbox"/> i.O. <input type="checkbox"/> n.i.O. <input type="checkbox"/> nicht zutreffend								
Elektr. Anschlüsse	<input type="checkbox"/> i.O. <input type="checkbox"/> n.i.O. <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend	Elektr. Anschlüsse	<input type="checkbox"/> i.O. <input type="checkbox"/> n.i.O. <input checked="" type="checkbox"/> nicht zutreffend								
Anzeige / Display	<input checked="" type="checkbox"/> i.O. <input type="checkbox"/> n.i.O. <input type="checkbox"/> nicht zutreffend	Kabeleinführung	<input checked="" type="checkbox"/> i.O. <input type="checkbox"/> n.i.O. <input type="checkbox"/> nicht zutreffend								
Geräte Nr.	Auswertegerät	Meßfühler	Meßgas	Prüfgas Konz.	Nullpunkt in mV	Gas in mV	1. Alarm	2. Alarm	Befund	BMK	Standort
302649	GMC 8364										
302633		GM O2-25	Sauerstoff	N 99,99 Vol. % O2 20,9 Vol. %	200	869	19 Vol. %	18 Vol. %	i.O.	1	Eingangshalle
302632		GM O2-25	Sauerstoff	N 99,99 Vol. % O2 20,9 Vol. %	200	869	19 Vol. %	18 Vol. %	i.O.	2	Halle Säule 4
336940		GM O2-25	Sauerstoff	N 99,99 Vol. % O2 20,9 Vol. %	200	869	19 Vol. %	18 Vol. %	i.O.	3	Labor
302631		GM O2-25	Sauerstoff	N 99,99 Vol. % O2 20,9 Vol. %	200	869	19 Vol. %	18 Vol. %	i.O.	4	Büro Labor
336941		GM O2-25	Sauerstoff	N 99,99 Vol. % O2 20,9 Vol. %	200	869	19 Vol. %	18 Vol. %	i.O.	5	Finish
<input checked="" type="checkbox"/> Die Gaswarneinrichtung befindet sich zum Zeitpunkt der Überprüfung in einem einwandfreien Zustand. <input type="checkbox"/> Die Gaswarneinrichtung kann Sicherheitsfunktionen übernehmen. Es sind aber noch Arbeiten durchzuführen. <input type="checkbox"/> Die Gaswarneinrichtung ist defekt.											



ARBEITSSICHERHEIT POTENTIALAUSGLEICH

- Auflagen von Maschinen und Peripherie-Hersteller beachten
- Pulversauger
- Nassabscheider
- Maschinenbediener



ARBEITSSICHERHEIT POTENTIALAUSGLEICH

➤ ESD Matten

➤ ESD Boden

- alles frei zugänglich
- Keine Probleme beim Rangieren



ARBEITSSICHERHEIT

PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG (PSA)



Zehenschutz

Z



Hautschutz



Atenschutz



Augenschutz

Z



Gehörschutz

Z



PSA-Kit

Je nach Aufgabengebiet und Arbeitszone stehen

Mitarbeitern unterschiedliche PSA-Kits zur Verfügung



Muster PSA-Kit

ARBEITSSICHERHEIT

LUFTUNTERSUCHUNG

Luftuntersuchung *notwendig?*

- Je nach eingesetzten Gefahrstoffen können Luftuntersuchungen für eine ordnungsgemäße Bewertung des Arbeitsplatzes von Nöten sein
- Vor allem bei KMR-Stoffe (krebserzeugende, keimzellmutagene und reproduktionstoxische Gefahrstoffe)

- Unterstützung von der BGHM zwecks Beratung und Messungen im Regelfall kostenlos



		Kategorie		
		1A	1B	2
		Signalwort: Gefahr		Signalwort: Achtung
Eigenschaft	krebserzeugend	H350: Kann Krebs erzeugen H350i: Kann beim Einatmen Krebs erzeugen		H351: Kann vermutlich Krebs erzeugen
	keimzellmutagen	H340: Kann Krebs erzeugen		H341: Kann vermutlich Krebs erzeugen
	fruchtbarkeitsgefährdend	H360: Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen		H361: Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen oder das Kind im Mutterleib schädigen
	fruchtschädigend	H360F: Kann die Fruchtbarkeit beeinträchtigen H360D: Kann das Kind im Mutterleib schädigen		H361f: Kann vermutlich die Fruchtbarkeit beeinträchtigen H361d: Kann vermutlich das Kind im Mutterleib schädigen

ARBEITSSICHERHEIT

EXPOSITIONSDATENBANK

Expositionsdatenbank *notwendig?*

- Falls KMR-Stoffe eingesetzt werden, Aufnahme der Mitarbeiter in eine Expositionsdatenbank (Aufbewahrungspflicht: 40 Jahre nach Beendigung der Tätigkeit)
- Kann intern erstellt und gepflegt werden oder extern (Empfehlung)

- Zentrale Expositionsdatenbank (ZED)



ARBEITSSICHERHEIT

TECHNISCHE SCHUTZEINRICHTUNGEN

- Sofern technische Schutzvorrichtungen vorhanden sind, müssen diese verwendet werden, z. B. Absaugtische, Lüftungsanlagen, Sicherheitsschranken
- Potentialausgleich herstellen: Maschine <-> Staubsauger (Pulver, Nassabscheider)



FERTIGUNGSHALLE

LÜFTUNG

➤ Frischluftzufuhr

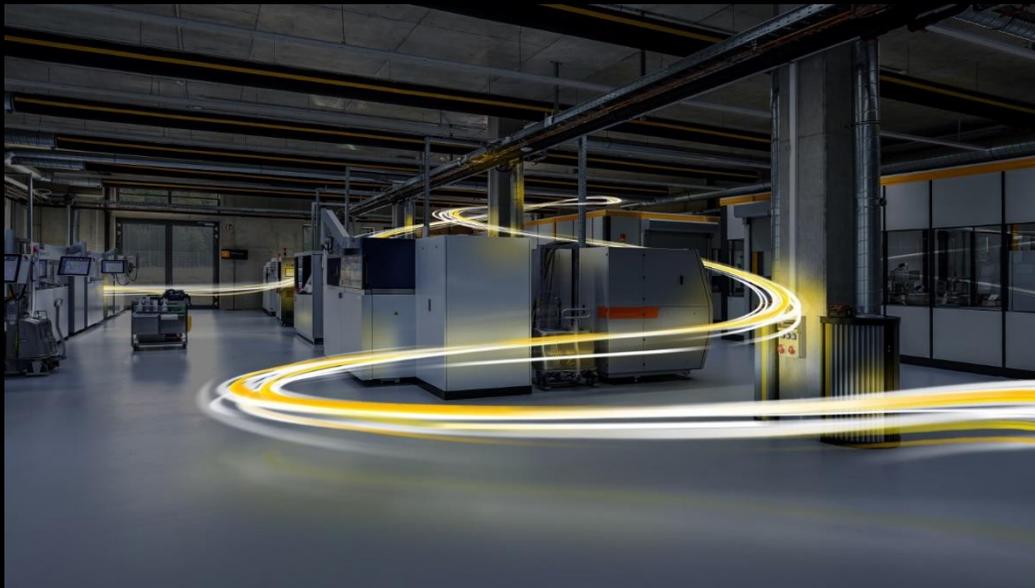


➤ Absaugstation



FERTIGUNG VON ADDITIVEN BAUTEILEN

BERATUNG | SCHULUNG | SOFTWARE ADDITIVE FERTIGUNG





LET'S REACH YOUR
NEXT LEVEL IN
METAL



NEXT LEVEL IN AM

Christoph Barth

toolcraft AG
Handelsstraße 1
91166 Georgensgmünd

T +49 9172 69157-
F +49 9172 6956-560

ChristophBarth@toolcr

aft.de