

ADDITIVE FERTIGUNG



Sommersemester 2020

GLIEDERUNG

1. Einführung in das Thema additive Fertigungstechnik
2. Produktentstehungsprozess
3. Modelle und Prototypen in der Produktentwicklung
4. Klassifizierung
5. Preprocessing (Datenaufbereitung, Datennutzung)
6. Additive Fertigungsverfahren
7. **Postprocessing**
8. Wirtschaftlichkeit

NACHBEARBEITUNGSBEDARF

Verfahren	Entfernung von Ausgangsmaterial	Entfernung von Supports	Sonstige
Stereolithographie	Ja	Ja	Aushärten
Selektives Laser-Sintern	Ja	Nicht nötig	
Fused Layer Modeling	Nicht nötig	Ja	
Poly Jet Modeling / Multi Jet Modeling	Nicht nötig	Ja	
3D-Printing	Ja	Nicht nötig	Tränken/ Infiltrieren
Strahlschmelzen (LBM + EBM)	Ja	Ja	
DED	Nicht nötig	(Ja) Entfernen von Bauplattform	Endform (spanend) schaffen

NACHBEARBEITUNG LBM-BAUTEILE

- Nicht verschmolzenes Pulver wird entfernt
- Bauplattform wird dem Prozessraum entnommen
- Bauteile werden von der Bauplattform abgetrennt
- Verbleibende Supportstrukturen müssen mechanisch (i. d. R. durch manuelles Abtrennen mit Hammer und Meißel, Sägen,...) entfernt werden



7 Postprocessing

NACHBEARBEITUNG SLS-BAUTEILE

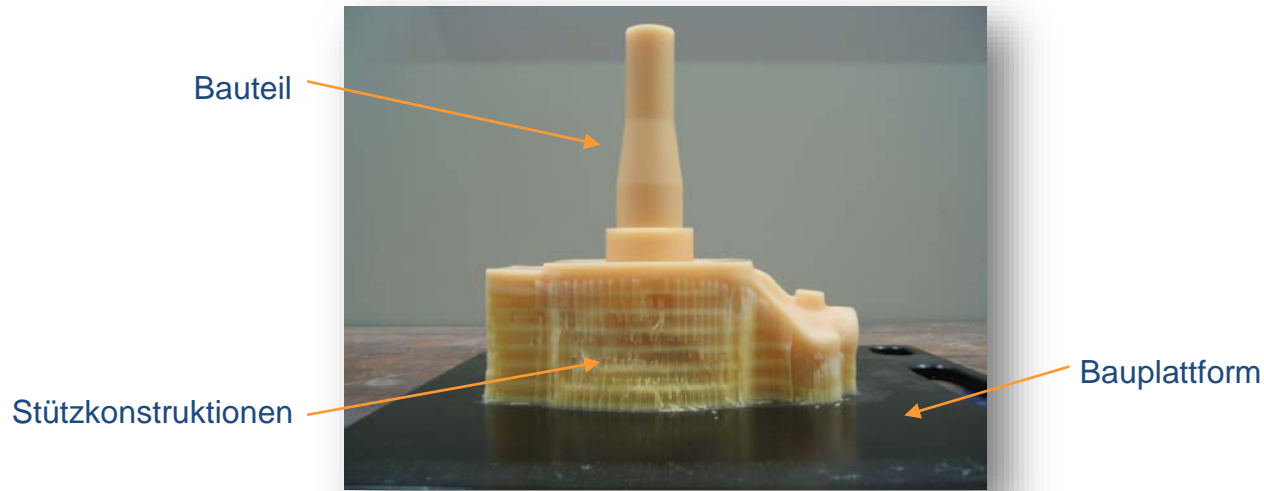
- In einer Auspackstation werden die Bauteile aus dem Pulverkuchen entfernt
- Loses Pulver von Bauteil abbürsten
- Pulver fällt zunächst durch ein Grobsieb in den Rütteltrichter
- Pulver, das hier hindurch fällt, kann wieder verwendet werden
- Restliches harte Pulver wird entsorgt



7 Postprocessing

NACHBEARBEITUNG MJM-BAUTEILE

- Bei Wachsmaterialien müssen die Stützkonstruktionen sehr sorgsam entfernt werden
- Supportstrukturen hinterlassen oft deutlich sichtbare Spuren auf der Bauteiloberfläche
- Insgesamt aufwendige Nachbearbeitung
- Wachsartige Supportstrukturen können durch Erwärmung entfernt werden



7 Postprocessing

NACHBEARBEITUNG FLM-BAUTEILE

- Bei Modellabschnitten und Überhängen sind Stützen notwendig
- Stützflächen werden ab ca. 45° Neigung erzeugt
- Auswaschen des verbauten Stützmaterials mit einer basischen Lösung als Reinigungs- und Lösungsmittel in einer Reinigungsstation

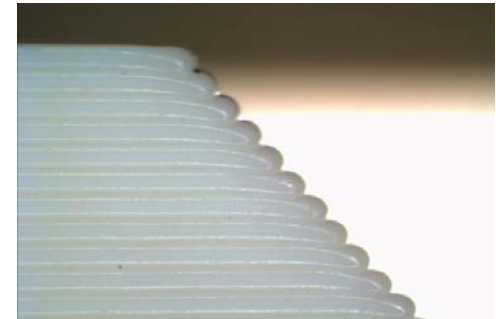
Supportstrukturen



Wellige und unebene Struktur in xy-Ebene



Treppenstufeneffekt in z-Richtung



7 Postprocessing

NOTWENDIGKEIT DER FOLGEPROZESSE

Da additiv hergestellte Bauteile Anforderungen, wie z.B.

- Optik
- Haptik
- Oberflächenqualität
- Enge geometrische Toleranzen

oftmals unmittelbar nach dem AM-Prozess nicht ausreichend erfüllen können, kommen verschiedene, prozess- und anwendungsspezifische Nachbehandlungen / Folgetechnologien zum Einsatz.

QUALITÄTSMERKMALE

Prozessspezifische Bauteiloberflächen am Beispiel des Prozesses Laser-Sinterns



VERFAHREN UND STANDARDS - EINFLUSS DER OBERFLÄCHE

- Tatsächliche Zielgröße bislang undefiniert
- Raue Oberfläche bei vielen Verfahren
- Welligkeit / kinematische Rauheit in Z
- Zugänglichkeit für Finish-Verfahren



Quelle: BTE, IWU, DMG, burloaktech

AM OBERFLÄCHEN

Pulverbasiert
Fein
Flach/scharfkantig
Angeschmolzenes Material, Pulveranhaftung
Hochfrequente 2D Rauheit

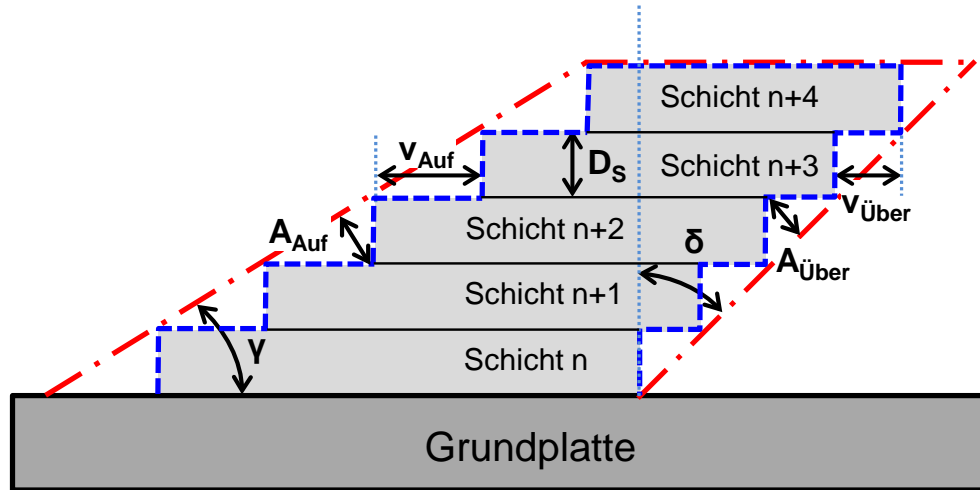
Schichtdicke
 Schichtrand
 Einflussfaktoren
 Anmutung

Drahtbasiert
Grob
Abgerundet
Ablagerate, Poren, Zusammensetzung
Niederfrequente 1D Welligkeit



TREPPENSTUFENEFFEKT

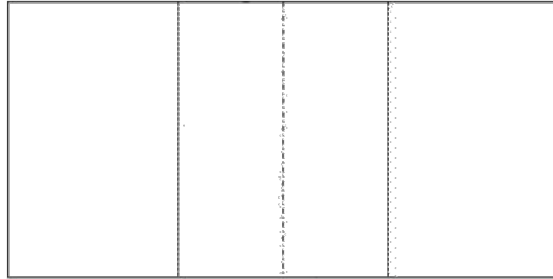
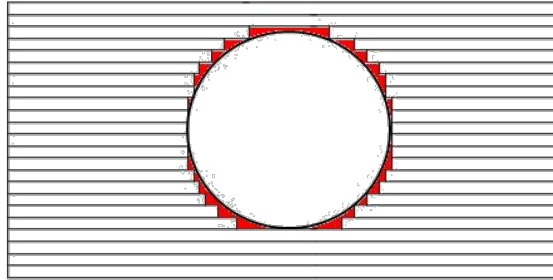
- Treppenstufeneffekt tritt vor allem bei schrägen und runden Bauteilkonturen auf
- Best practice: schräge und runde Bauteilkonturen möglichst in Schichtebene legen



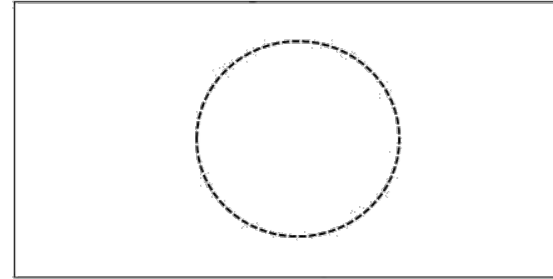
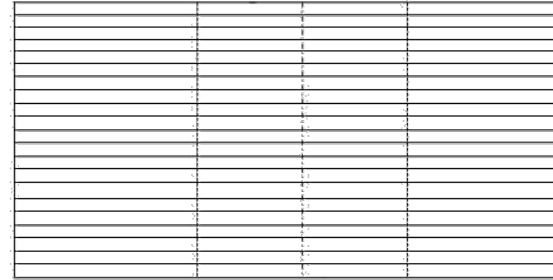
γ	: Aufbauwinkel
δ	: Überhangwinkel
D_S	: Schichtdicke
v_{Auf}	: Versatz Aufbau
$v_{Über}$: Versatz Überhang
A_{Auf}	: Abweichung Aufbau
$A_{Über}$: Abweichung Überhang
- - -	: Solloberfläche
- - -	: Istoberfläche

TREPPENSTUFENEFFEKT

Bohrung quer zu den Schichten



Bohrung in Schichtebene

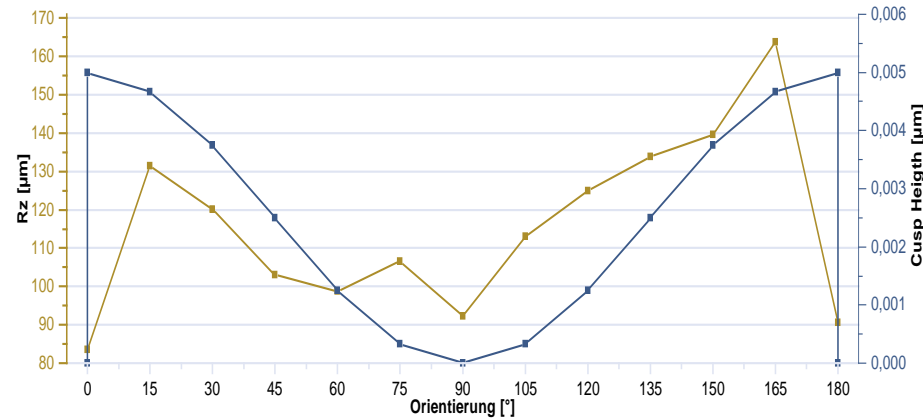
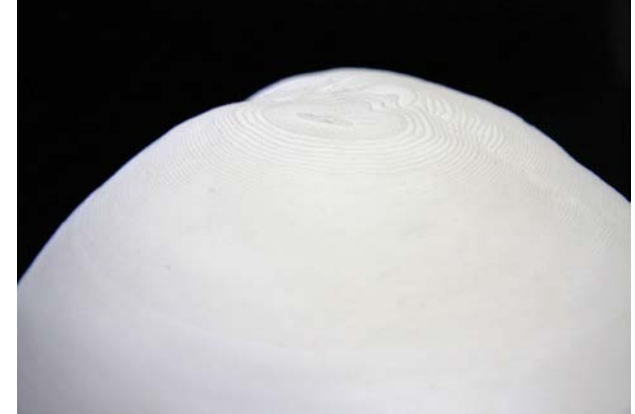


7 Postprocessing

TREPPENSTUFENEFFEKT

Orientierungsabhängigkeit lasergesinterter Bauteiloberflächen

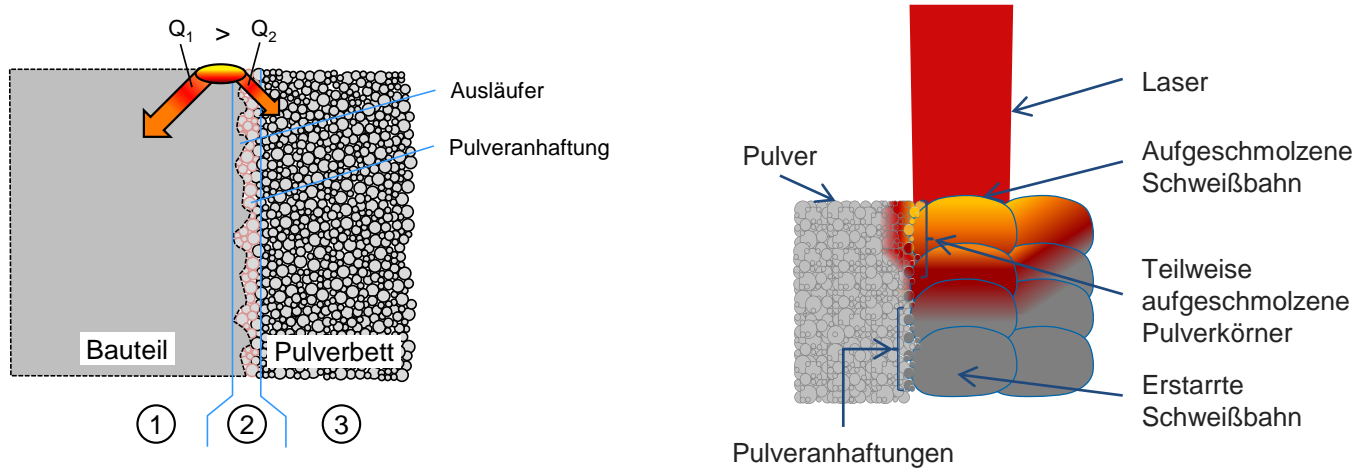
- Verfahrensbedingte Anisotropie der Bauteile
- Zunehmende Komplexität und eine erhöhte Bauteilanzahl erschweren eine optimierte Orientierung
- Rauheit zwischen 80 μm - 170 μm



7 Postprocessing

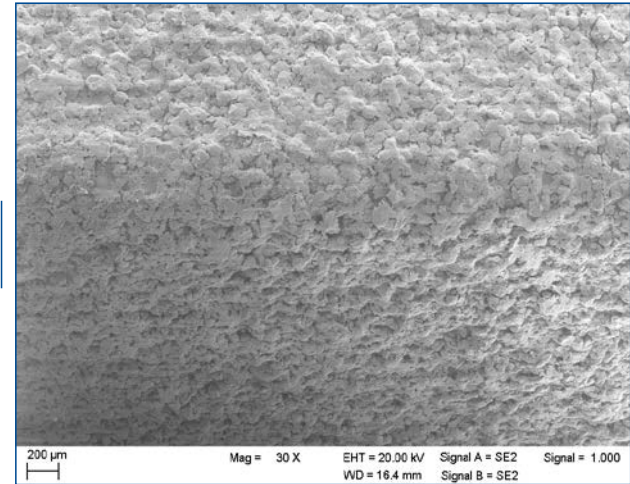
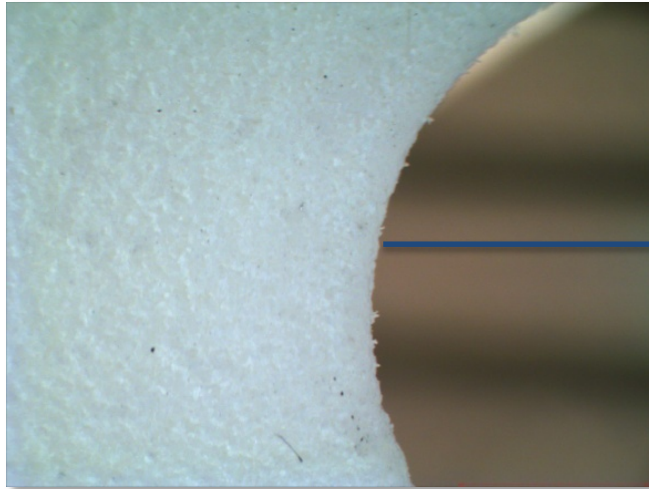
PULVERANHAFTUNGEN UND SCHMELZAUSLÄUFER

- Bei Belichtung werden auch Bereiche neben und unter der Schweißbahn aufgeschmolzen
- Wärmeleitung in das Pulverbett ist um ca. 3 Größenordnungen kleiner als die Wärmeleitung in das Bauteil
- Im Übergangsbereich reicht die Wärmeleitung jedoch aus, um Pulverpartikel unvollständig aufzuschmelzen und mit dem Bauteil zu versintern



PULVERANHAFTUNGEN UND SCHMELZAUSLÄUFER

- Unkontrolliertes Wachsen der Geometrie durch Wärmeleitungseffekte
- Erreichbare Oberflächengüte wird durch die geometrischen Merkmale des Ausgangspulvers limitiert



7 Postprocessing

SCHICHTEFFEKT

Komplexes dreidimensionales Packungsproblem durch die Möglichkeit Bauteile über- bzw. ineinander zu verschachteln

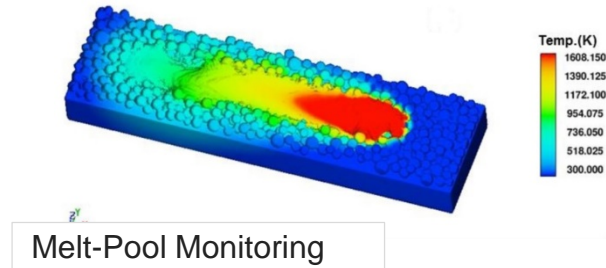
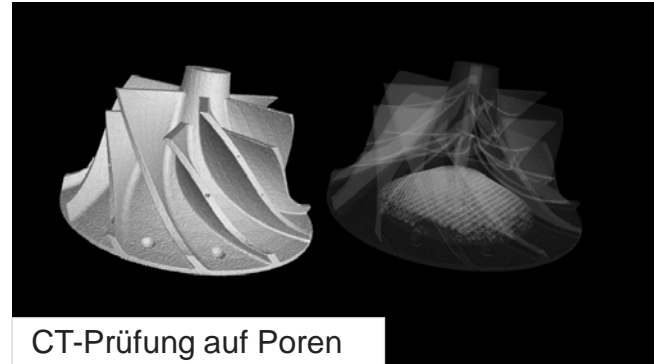
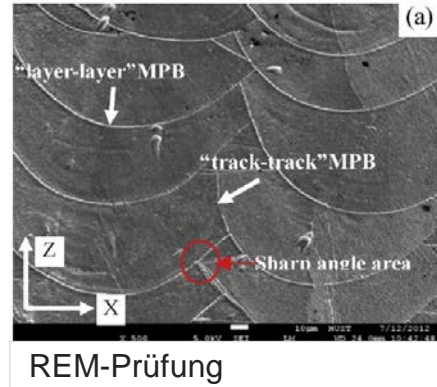
- Unterschiedliche Belichtungsflächen und Belichtungszeiten
- Durch unterschiedliche Verweilzeiten kühlen die Schichten in individueller Länge ab
- Inhomogenes Verzugsverhalten



7 Postprocessing

QUALITÄTSSICHERUNG

- Prüfen auf Poren
- Gefügeanalyse
- **Reproduzierbarkeit**
- Prozessstabilität



7 Postprocessing

FAZIT NACHBEARBEITUNGSSCHRITTE

- Entfernen von Pulveranhaftungen
 - Abtrennen von Bauplattform (ggf. Überarbeitung)
 - Entfernen von Supportstrukturen
 - i.d.R. Oberflächenfinish
 - Qualitätssicherung
-
- ➔ „AM's dirty little secret“
 - ➔ Teilweise mehr als 1/3 der Kosten

7 Postprocessing

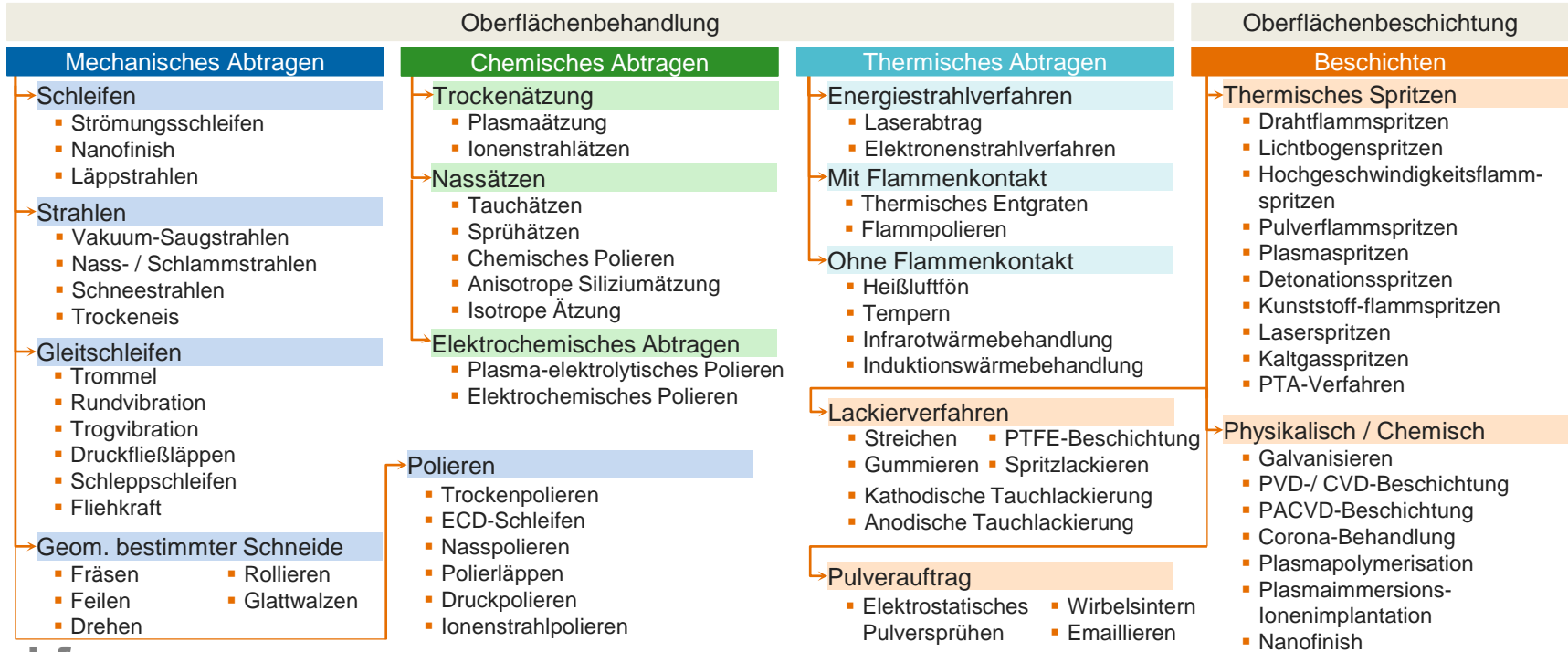
OBERFLÄCHENBEARBEITUNGSVERFAHREN

Nach DIN 8580 werden die Fertigungsverfahren in 6 Hauptgruppen eingeteilt.

- Eine Verbesserung der Oberflächenqualität ist durch Verfahren der Hauptgruppen 3 und 5 zu erreichen.

Schaffen der Form	Ändern der Form			Ändern der Stoffeigenschaften	
Zusammenhalt schaffen	Zusammenhalt beibehalten	Zusammenhalt vermindern	Zusammenhalt vermehren		
Hauptgruppe 1	Hauptgruppe 2	Hauptgruppe 3	Hauptgruppe 4	Hauptgruppe 5	Hauptgruppe 6
Urformen	Umformen	Trennen	Fügen	Beschichten	Stoffeigenschaften ändern

EINTEILUNG DER NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN



7 Postprocessing

AUSWAHLKRITERIEN

Die Auswahl geeigneter Verfahren zur Oberflächenbearbeitung additiv gefertigter Bauteile richtet sich nach den Faktoren:



7 Postprocessing

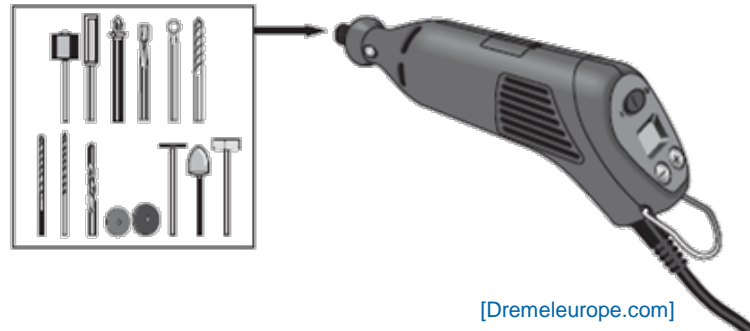
AUSWAHLKRITERIEN

	Zeit	Kosten	Effizienz	Geom. Komplexität
Mechanische Oberflächenbearbeitung	-	+	+	-
Physikalisch – chemische Verfahren	0/+	0	0/+	+
Beschichtungsverfahren	0	0	+	+
Chemische nicht schichtbildende Verfahren	-	+	-	0

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - MANUELLES SCHLEIFEN UND POLIEREN

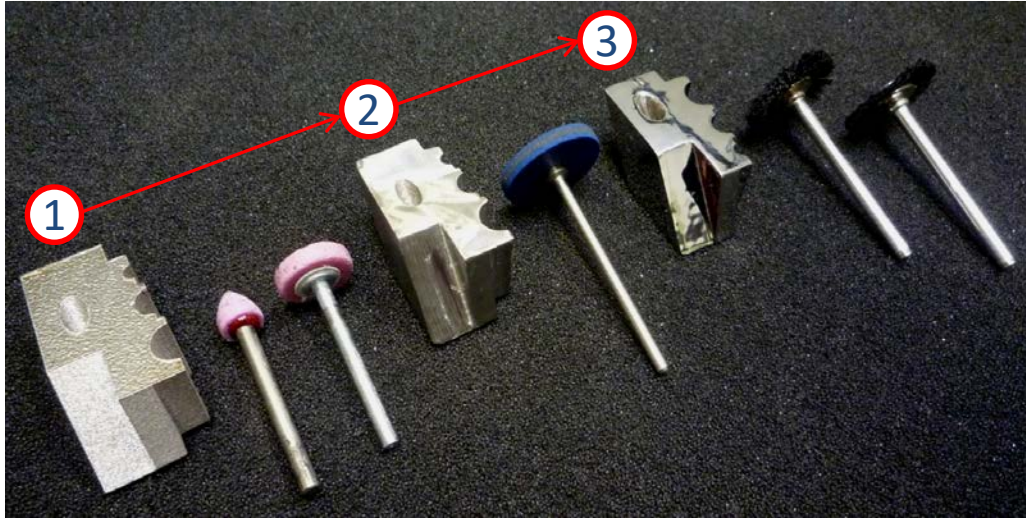
- Schleifen und Polieren wird nach DIN 8580 der Hauptgruppe 3 Trennen zugeordnet
- Bearbeitung mit rotierenden Handschleifgeräten wird der Untergruppe 3.3.1 (DIN 8580 – 11) zugeordnet
- Materialabtrag durch Relativbewegung zwischen rotierendem Schleif- bzw. Polieraufsatz und ruhendem Werkstück
- Schleif- und Polieraufsätze in verschiedenen Formen und Körnungen
- Stufenweise Bearbeitung von grober Körnung zu feinen Körnung
- Bearbeitung mit sehr feinen Körnungen (\varnothing 1 – 20 μ m) durch Einsatz von Politurpasten möglich



[Dremeurope.com]

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - MANUELLES SCHLEIFEN UND POLIEREN



1: Ausgangszustand, Bauteil gestrahlt

→ 2: Erste Schleifbearbeitung mit groben Schleifköpfen

→ 3: Bauteil nach erfolgter Politur

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - MANUELLES SCHLEIFEN UND POLIEREN

Einstellparameter

Schleifverhalten

- Schnittgeschwindigkeit
- Spandicke
- Dauer
- Wirkfläche des Schleifkörper
- Spantemperatur

Körnung

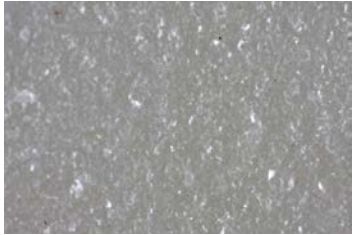
- | | |
|-------------------------------|----------|
| ▪ Farbentfernung/Grobschliff: | P40-60 |
| ▪ Anschleifen: | P80-120 |
| ▪ Zwischenschliff: | P150-220 |
| ▪ Endschliff: | P240-400 |



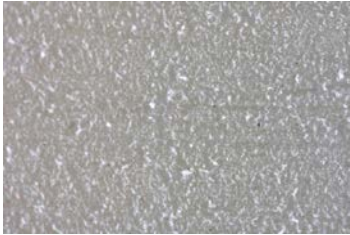
7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - MANUELLES SCHLEIFEN UND POLIEREN

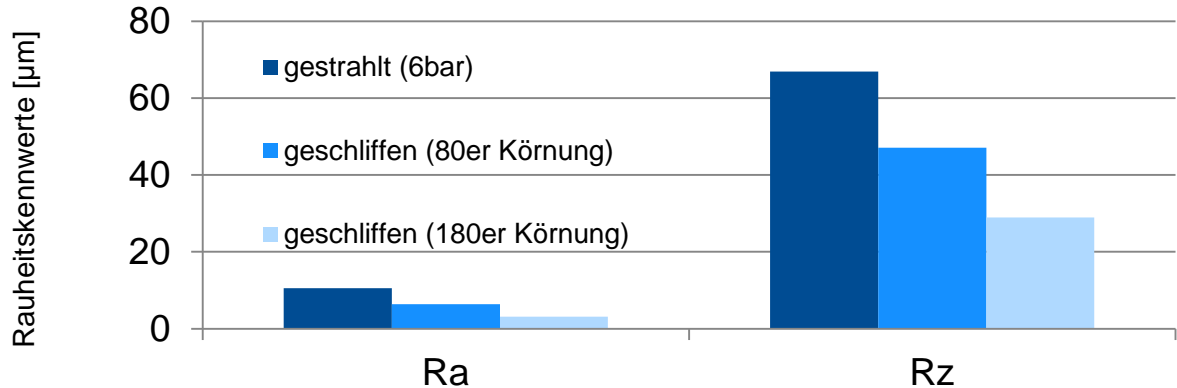
Gestrahlt (6bar)



Geschliffen (80er Körnung)



Geschliffen (180er Körnung)



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - MANUELLES SCHLEIFEN UND POLIEREN

Vorteile:

- ➕ Günstig
- ➕ Schnell
- ➕ Hohe Oberflächenqualität, glänzende und spiegelnde Oberflächen erreichbar
- ➕ Hohe Flexibilität
- ➕ Für Einzelteillfertigung geeignet
- ➕ Weit verbreitetes Verfahren

Nachteile:

- ➖ Geometrieabhängigkeit
- ➖ Hinterschnitte schlecht / gar nicht erreichbar
- ➖ Keine Serienfertigung möglich
- ➖ Großer Zeitaufwand, da Bearbeitung in mehreren Schritten notwendig
- ➖ Unebenheiten auf Flächen und Rundungen, da manuelles Verfahren

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - STRAHLEN

Unterteilung der Strahlverfahren

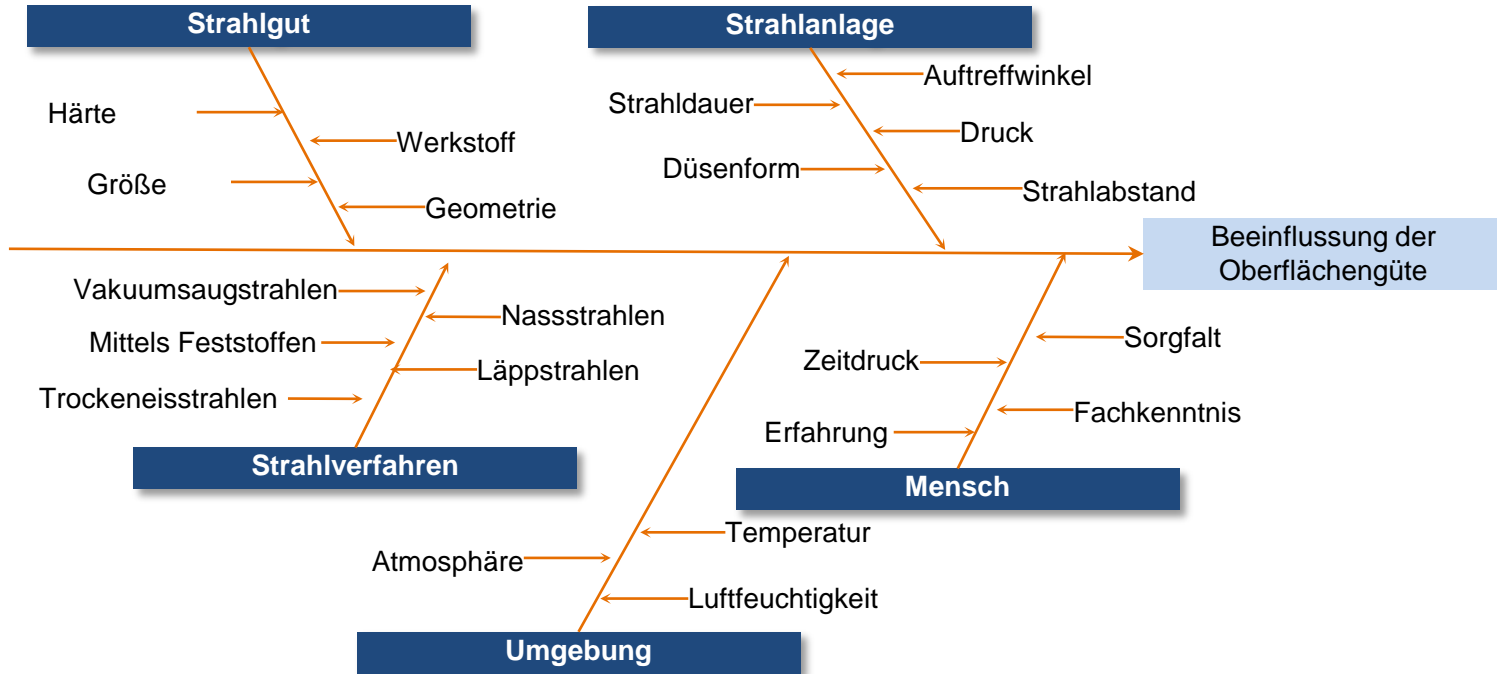
- Strahlen mittels Feststoffen
- Strahlen mittels Trockeneis
- Nassstrahlen
- Vakuumsaugstrahlen
- Lämpfstrahlen

Strahlen mittels Feststoffen



7 Postprocessing

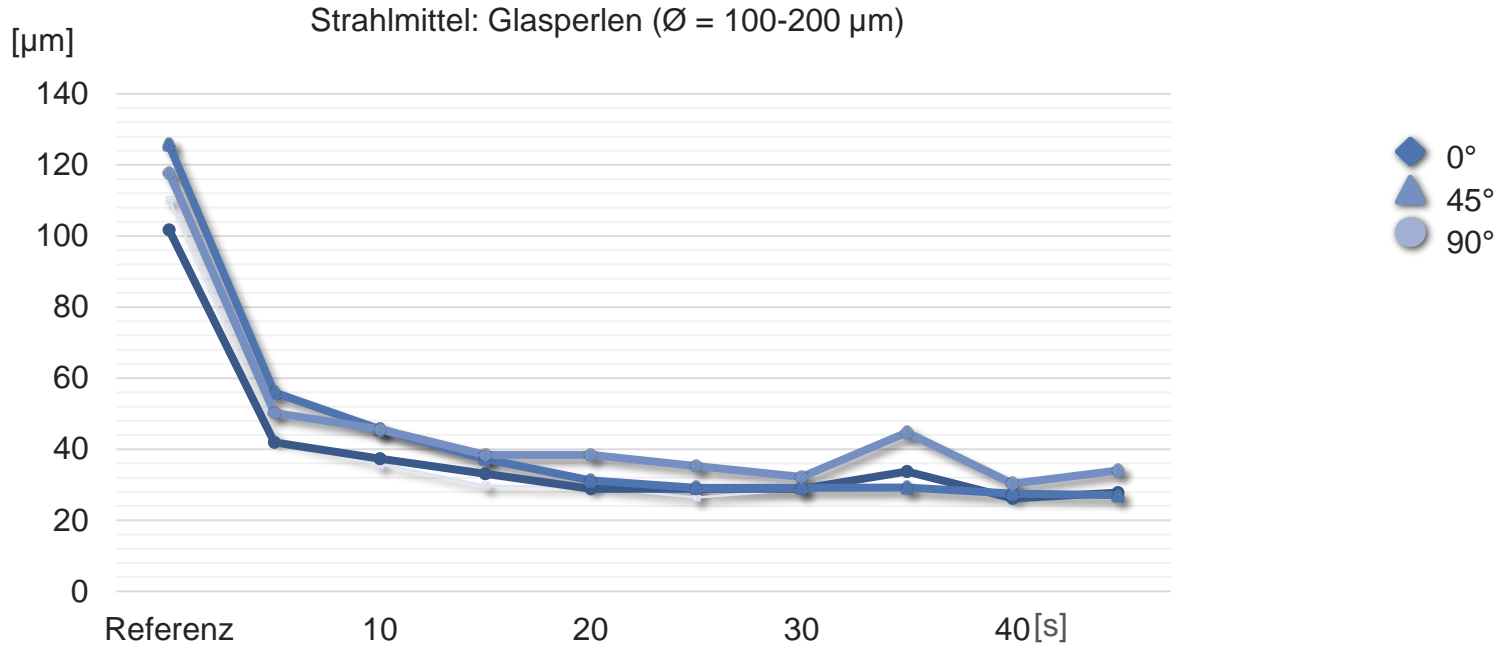
MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - STRAHLEN



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - STRAHLEN

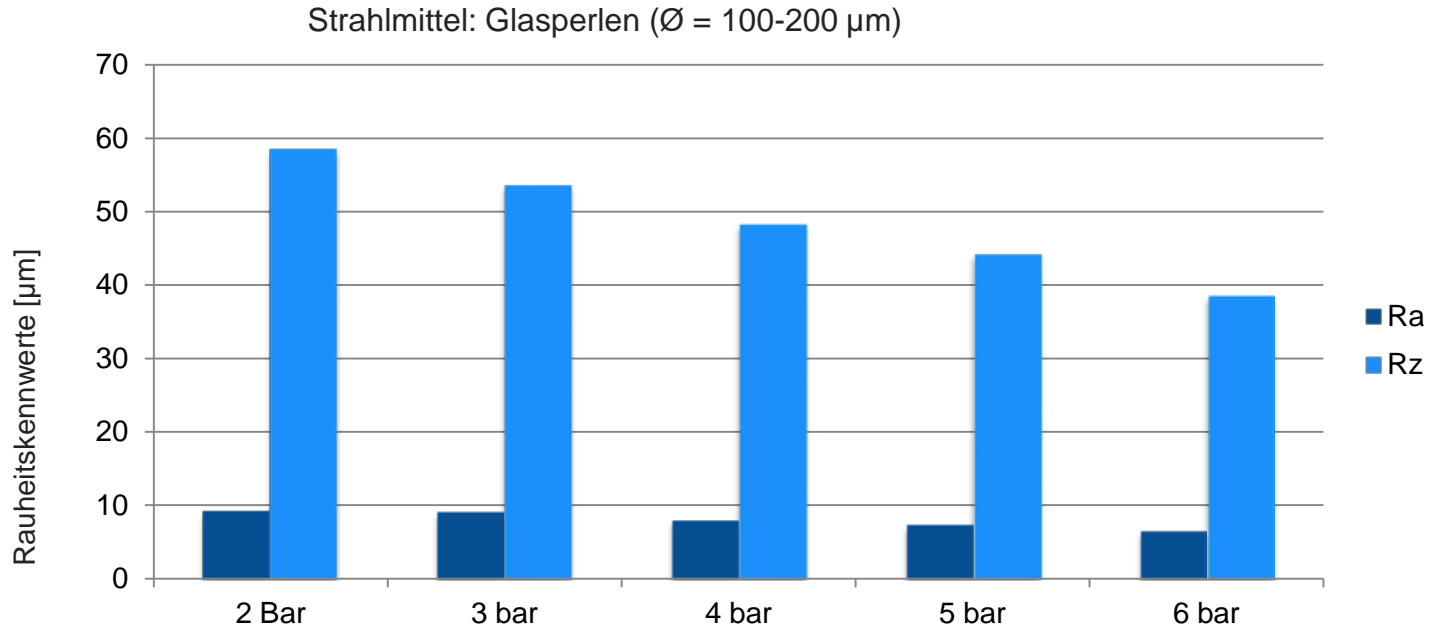
Abhängigkeit der Oberflächengüte von der Bearbeitungszeit (SLS)



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - STRAHLEN

Abhängigkeit der Oberflächengüte von dem Bearbeitungsdruck (LS)






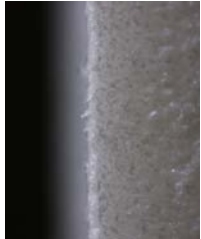


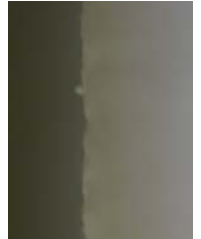



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - STRAHLEN

Abhängigkeit der Oberflächengüte von dem Bearbeitungsdruck (LS)

Strahlmittel: Glasperlen ($\varnothing = 100-200 \mu\text{m}$)

Druck	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar
Oberfläche					
Pulver-anhaftung					

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - STRAHLEN

Vorteile

- + Nahezu Geometrieunabhängig
- + Günstig
- + Kein nennenswerter Materialabtrag
- + Reinigung der Bauteiloberfläche

Nachteile

- Reproduzierbarkeit
- Schlecht automatisierbar
- Nur mittlere Oberflächenqualität realisierbar

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

Definition nach DIN 8589-17

„Spanen, bei dem zwischen Werkstücken und einer Vielzahl von losen Schleifkörpern bzw. einem Schleifmittel unregelmäßige Relativbewegungen stattfinden, die die Spanabnahme bewirken“

Dem Gleitspanen sind untergeordnet

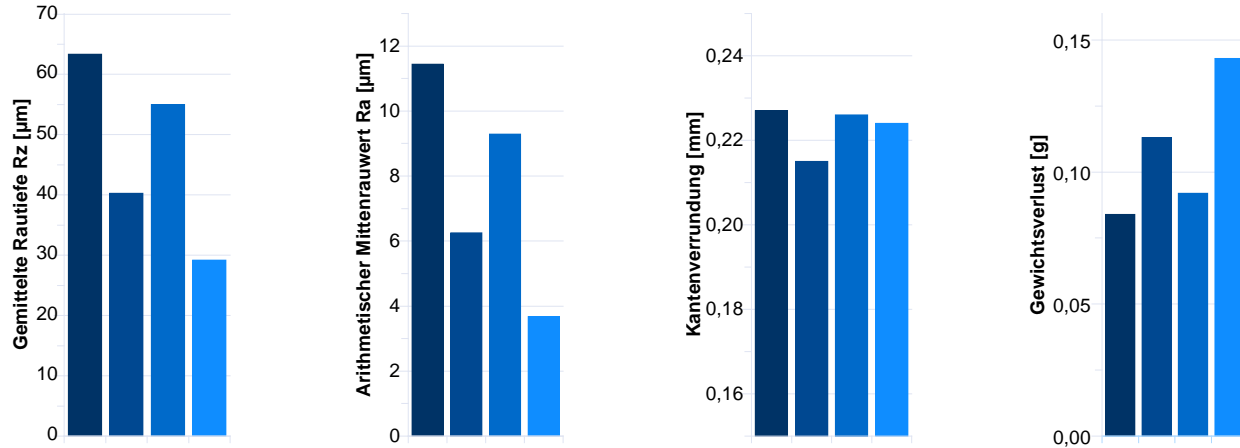
Gleichschleifverfahren
Trommel-,
Vibrations-,
Fliehkraft- und
Tauchgleitschleifen,

Gleitläppen,
Trommel-,
Vibrations-,
Fliehkraft-,
Tauchgleitläppen

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

Gegenüberstellung verschiedener Gleitschleifverfahren anhand definierter Zielgrößen



■ Trommelgleitschleifen
 ■ Vibrationsgleitschleifen
 ■ Trogvibration
 ■ Fliehkraftgleitschleifen

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

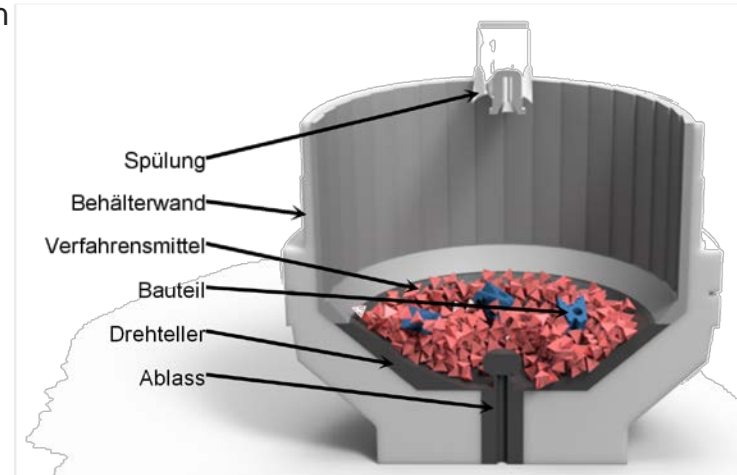
Fliehkraftgleitschleifen

- Relativbewegung zwischen Werkstück und Schleifmittel durch Rotation des Arbeitsbehälters
- Gleichzeitige Bearbeitung von mehreren Bauteilen
- Rauigkeit, Materialabtrag und Entgratleistung lassen sich durch eingesetzte Maschinen und Werkzeuge nahezu beliebig variieren
- Teilautomatisierter Prozess

Gleitschleifanlage der Firma OTEC

Technische Daten

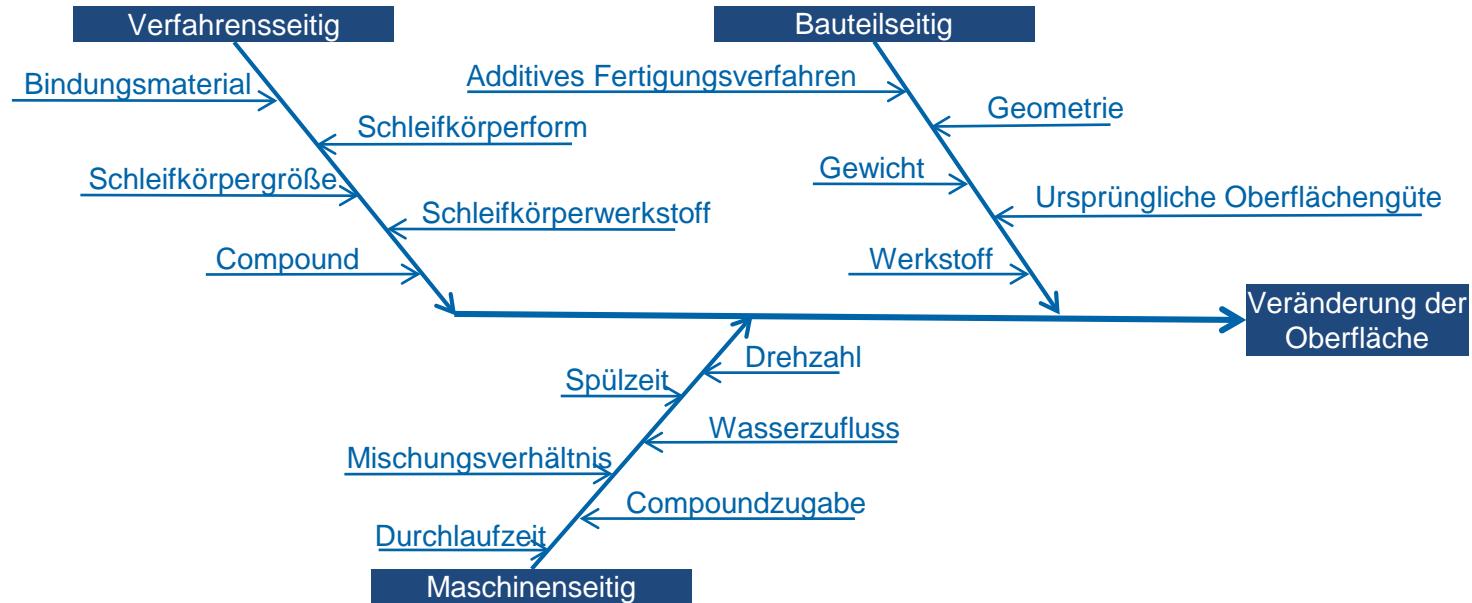
- Tellerfliehkraftanlage
- Behältervolumen 18 l
- Behälterinnendurchmesser 333 mm
- Länge x Tiefe x Höhe: 880 x 1000 x 1620 mm
- Gewicht: 127 kg
- Leistungsaufnahme: 0,9/230 [kVA/V]



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

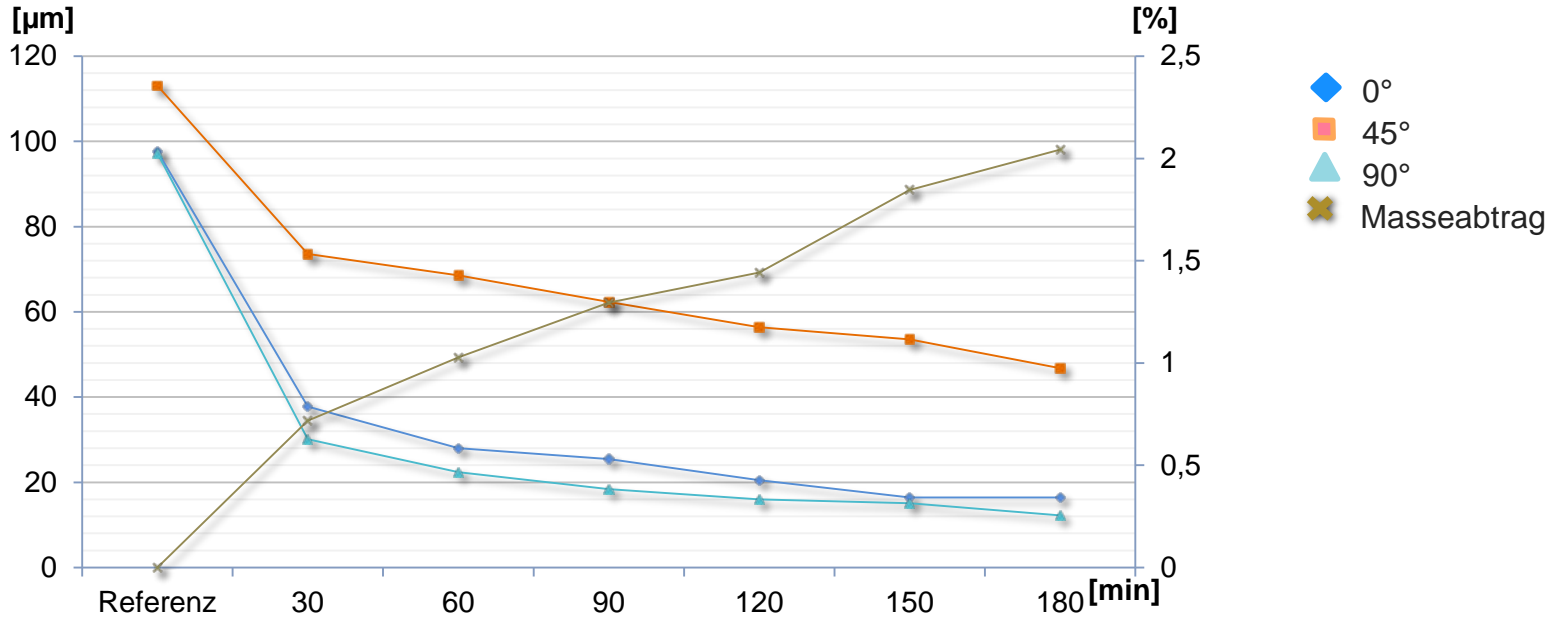
Darstellung der Einflussgrößen anhand eines reduzierten Ishikawa-Diagramms



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

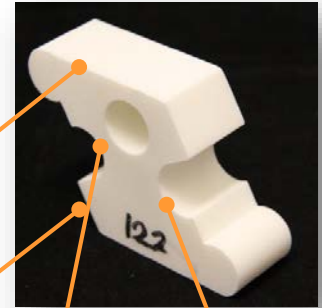
Abhängigkeit der Oberflächengüte und Gewichtsverlust von der Bearbeitungszeit (SLS)



7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

- Hinterschneidungen (Fläche 3 & 4) generell weniger stark bearbeitet
- Konstant gute Oberflächenbearbeitung mit der Kegelgeometrie
- Keramiksleifkörper können zu Beschädigungen am Bauteil führen
- Kegelgeometrie liefert insgesamt die besten Ergebnisse



Bindung	Geometrie	Fläche 1	Fläche 2	Fläche 3	Fläche 4
Keramik	Dreieck	++	+	--	o
	Zylinder	+	+	o	o
	Kugel	+	+	-	-
Kunststoff	Pyramide	o	+	--	-
	Kegel	++	++	-	o

Legende

++ sehr gut geeignet	o geeignet	- bedingt geeignet
+ gut geeignet		-- schlecht geeignet

Quellen: Universität Duisburg / Essen

7 Postprocessing

MECHANISCHE NACHBEARBEITUNGSVERFAHREN - GLEITSPANEN

Vorteile

- + Schnell
- + Hohe Oberflächenqualität
- + Teilautomatisierter Prozess
- + Für Kleinserienfertigung geeignet
- + Kantenverrundung möglich
- + Komplizierte Geometrien möglich

Nachteile

- Geometrieabhängigkeit
- Hinterschneidungen schlecht / gar nicht erreichbar
- Kantenverrundung kann unerwünscht sein
- Reproduzierbarkeit
- Hohe Anlagenkosten

ABRASIVE FLOW MACHINING

- Schleifen mit zähflüssigem Trägermedium
- zyklisches Pumpen (vorwärts-rückwärts) oder kontinuierliches Pumpen in eine Richtung (vorwärts)
- Abtrag der Oberfläche durch Relativbewegung zum Schleifpartikel
- Richtungs- bzw. flußabhängige Abtragleistung (ungewünschte Geometrieänderung / Auswaschen möglich)

7 Postprocessing

VAKUUM-SAUGSPANEN

- Trägermedium mit Schleifpartikeln
- Bewegen des Mediums durch Unterdruck = Saugen
- Abrasivwirkung der Schleifpartikel entlang der Flussrichtung
- Vorteil: kein Stau der Schleif- und abgetragenen Partikel
- Nachteil: Sacklöcher u.ä. Geometrien nicht bearbeitbar

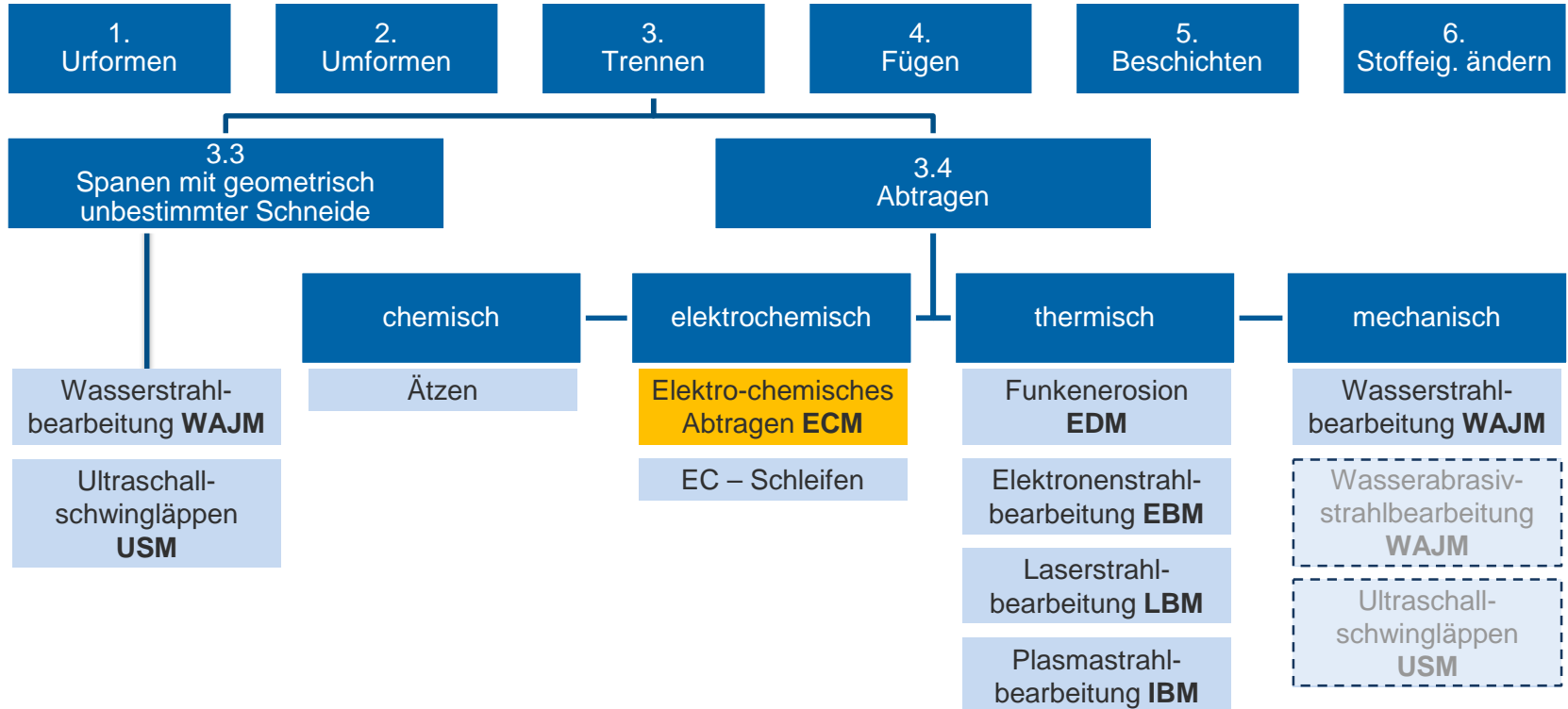
2.3 Trennen

ELEKTROCHEMISCHES POLIEREN

- **Ziel:** Abtragen der oberflächennahen Werkstoffschichten ohne mechanische und thermische Belastung
Glättung der Oberfläche
- **Lösung:** Elektrochemisches Polieren

2.3 Trennen

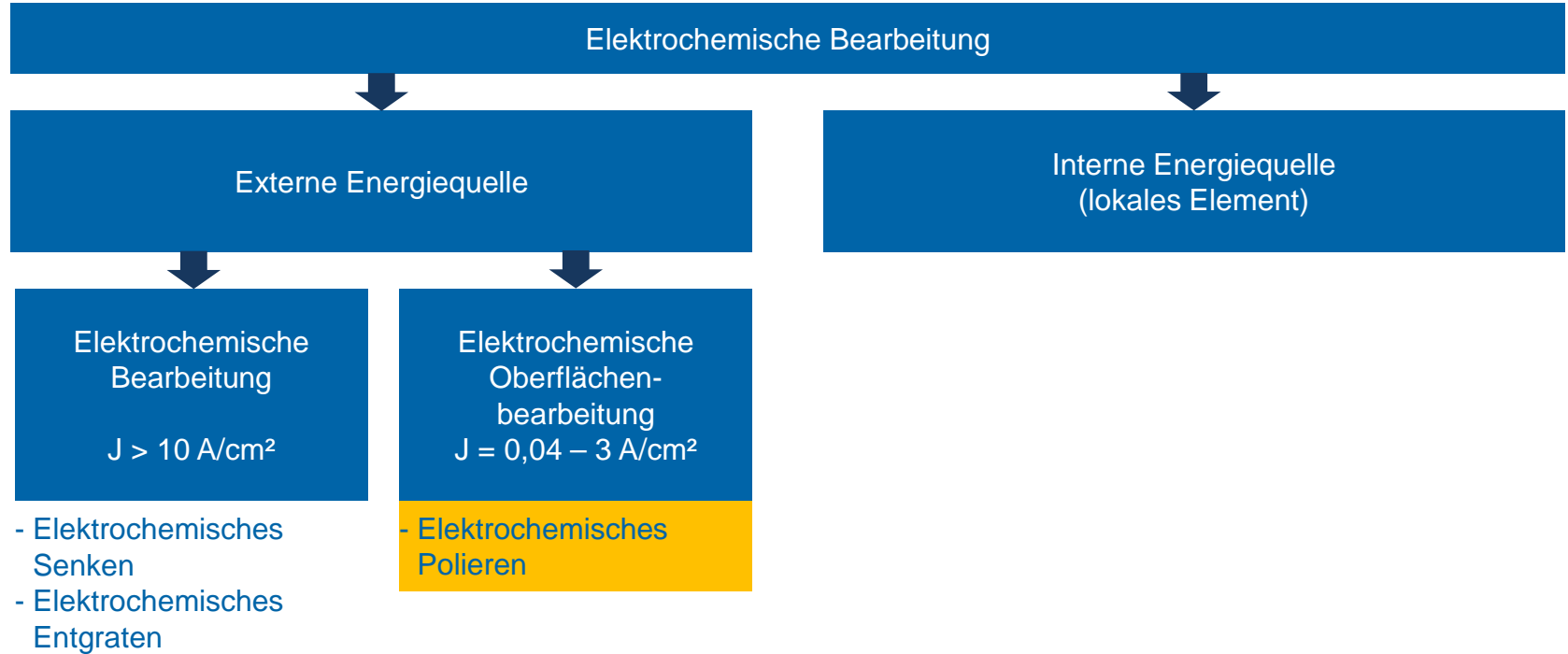
EINORDNUNG I



Quellen: TU Chemnitz IWP

2.3 Trennen

EINORDNUNG II



Quellen: Fritz / Klocke - Fertigungsverfahren

2.3 Trennen

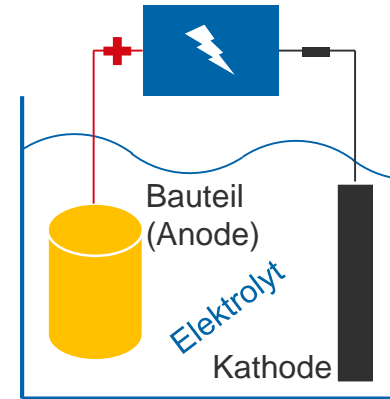
ELEKTROCHEMISCHES POLIEREN – PRINZIP

Umkehrung des galvanischen Prozesses

- Metallabtragung in einem Elektrolyt (Lösung mit hoher Leitfähigkeit) von einer Werkstückoberfläche unter Gleichstromeinwirkung
- Bauteil bildet den Pluspol (Anode), Minuspol (Kathode) wird hinzugegeben.
- Unter Stromzuschaltung löst sich das Metall an der Anodenoberfläche auf und geht in Lösung.

Einfluss auf Materialabtrag durch:

- geeignete Wahl des Elektrolyten und der Kathode
 - Z.B. Mischungen von Phosphorsäure, Schwefelsäure
- Stromdichte j
 - Zwischen 0,1 und 10 A/dm²
- Polierdauer
 - i.d.R. im Bereich von Minuten



2.3 Trennen

ENTFERNUNG DER RANDZONE

Elektropolieren (EP)

- Kurze Bearbeitungszeit (Minuten)
- Hohe Reproduzierbarkeit (kein mechanischer Einfluss)
- Flächiger Abtrag
- Hohe Oberflächengüte



- Verbesserte Oberfläche
- Randzone entfernt
- Erhöhte dynamische Festigkeit
- Oberfläche beschichtbar

Vergleich: Manuelle Nachbearbeitung

- Lange Polierzeiten
- Eingeschränkte Reproduzierbarkeit in Hinblick auf:
 - Abtrag der Randzone
 - Maßhaltigkeit
 - Formgenauigkeit
 - Oberflächengüte

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FLÜSSIGEM ZUSTAND

Prozessschritte



[ultraschall-reinigen.ch]



[coating-tech.de]



[coating-tech.de]

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FLÜSSIGEM ZUSTAND

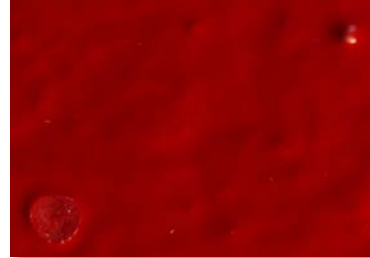
Handgeschliffen



Grundiert



Lackiert



Klarlackiert



7 Postprocessing

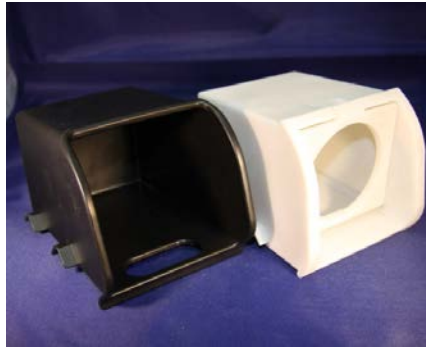
BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FLÜSSIGEM ZUSTAND

Haupteinflussgrößen beim Beschichten aus dem flüssigem Zustand

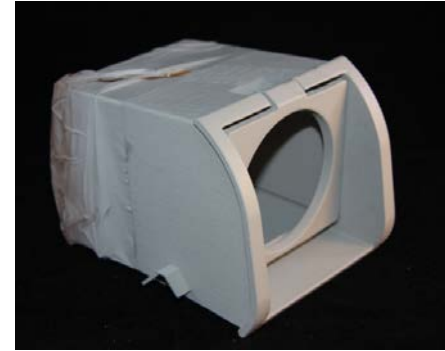
Lackiervorgang	Kabine	Lack	Substrat
<ul style="list-style-type: none">▪ Lackmenge▪ Lackierabstand▪ Bewegungs- geometrie▪ Glockendrehzahl	<ul style="list-style-type: none">▪ Lufttemperatur▪ Luftfeuchte▪ Luftströmung	<ul style="list-style-type: none">▪ Lacktemperatur▪ Lackviskosität▪ Lackrezeptur	<ul style="list-style-type: none">▪ Oberflächenrauheit▪ Chemische Verträglichkeit▪ Oberflächen- temperatur▪ Oberflächen- feuchtigkeit

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FLÜSSIGEM ZUSTAND



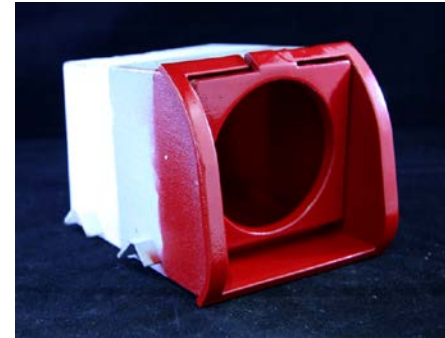
Grundieren →



← Lackieren

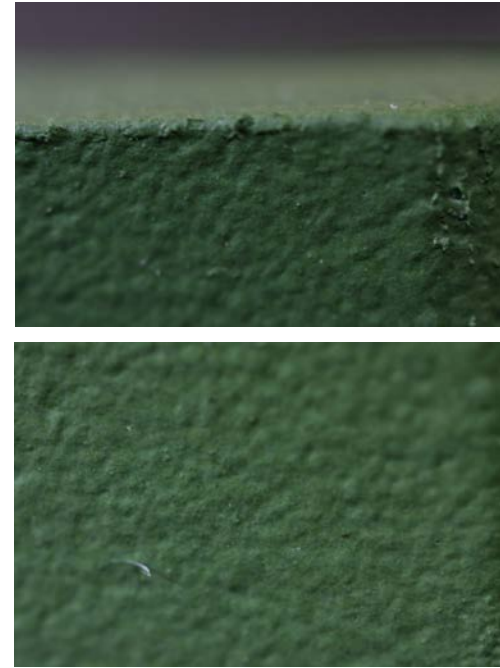
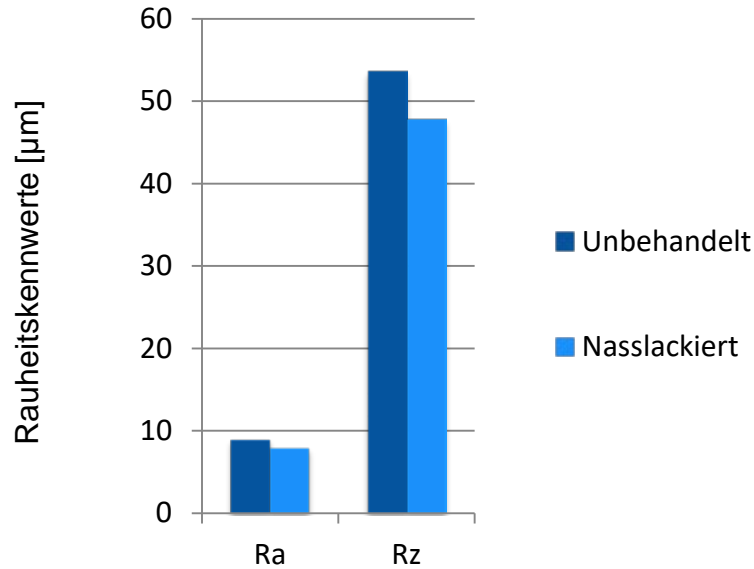


→ Klarlackieren



7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FLÜSSIGEM ZUSTAND



Quellen: Universität Duisburg / Essen

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FLÜSSIGEM ZUSTAND

Vorteile

- + Farbgebung
- + Einebnungseffekt
- + Wasserdichte
- + Günstig
- + Automatisierbar

Nachteile

- Vorbereitende Schritte nötig
- Farbe zieht in den Werkstoff ein
- Funktionsintegration schwierig
- Mehrschrittiges Verfahren
- Untermaß nötig
- Beschichtung nicht sehr widerstandsfähig

7 Postprocessing

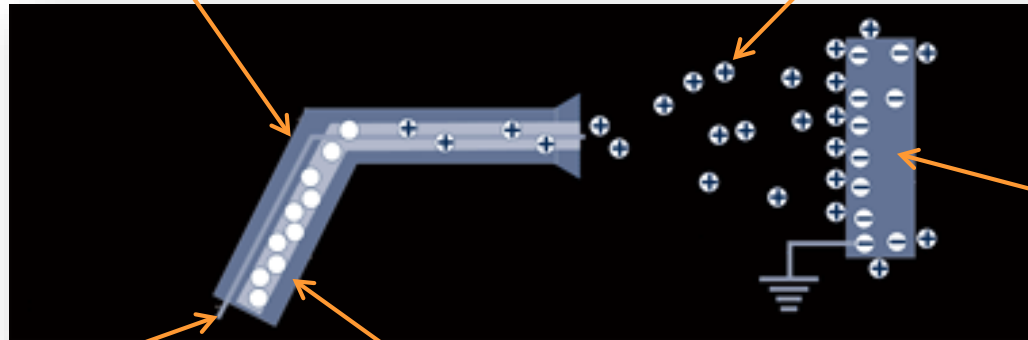
BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FESTEN ZUSTAND

Prozessschritte:



Isolierte Sprühpistole

Aufgeladene Pulverpartikel



Werkstück

Spannungszufuhr

Pulverzufuhr

[www.mwib.de]

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FESTEN ZUSTAND

Haupteinflussgrößen beim Beschichten aus dem festen Zustand

Zerstäuber

- Pulvermenge
- Lackierabstand
- Bewegungsgeometrie
- Aufladung

Kabine

- Fördereinrichtung
- Gehängegestaltung

Pulver

- Pulvertemperatur
- Pulversorte

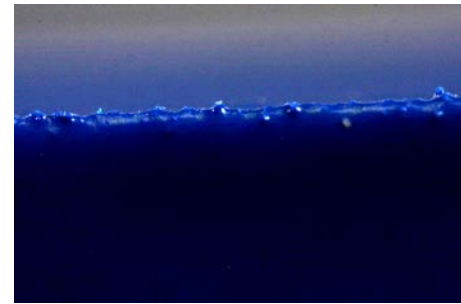
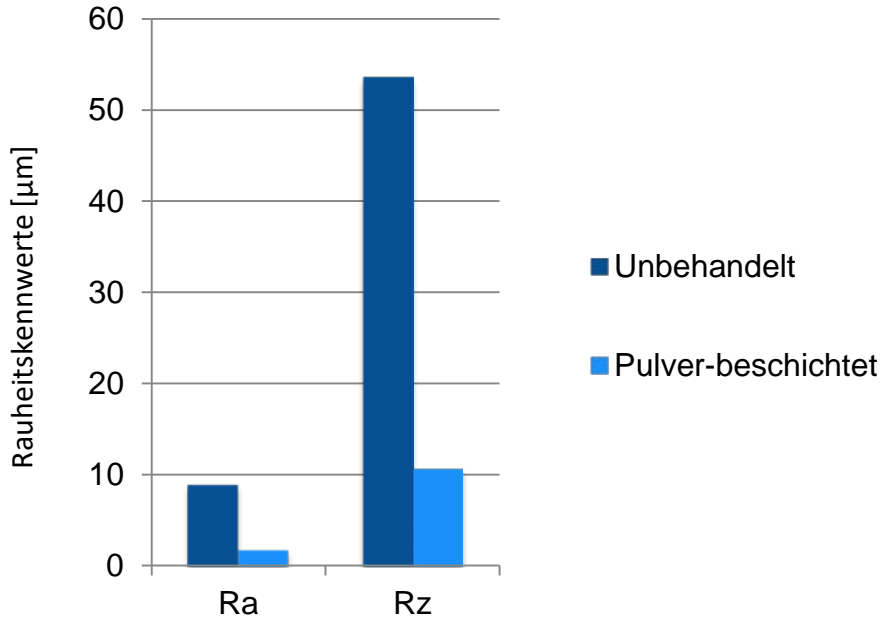
Ofen

- Temperatur
- Temperaturverlauf



7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FESTEN ZUSTAND



7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - BESCHICHTEN AUS DEM FESTEN ZUSTAND

Vorteile

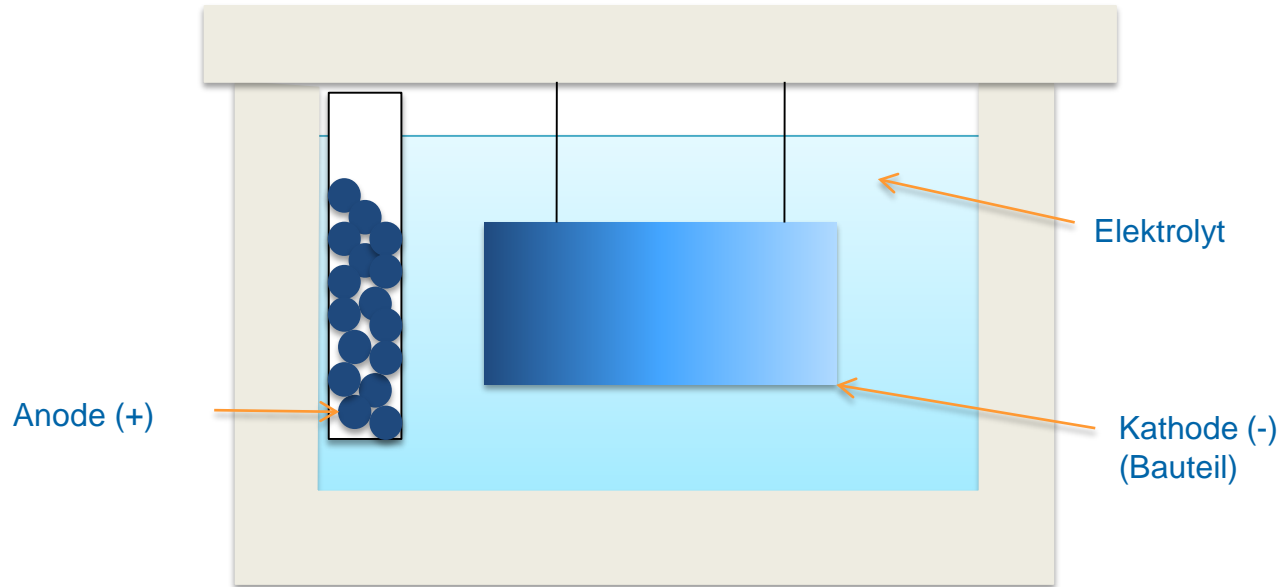
- + Farbgebung
- + Einebnungseffekt
- + Wasserdicht
- + Automatisierbar

Nachteile

- Funktionsintegration schwierig
- Hinterschneidungen / Bohrungen schwer zu erreichen
- Oberflächenaktivierung nötig
- Untermaß nötig

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN

Verfahrensbeschreibung



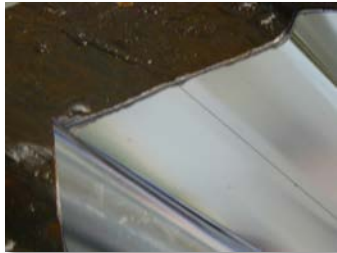
BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN

Prozessschritte

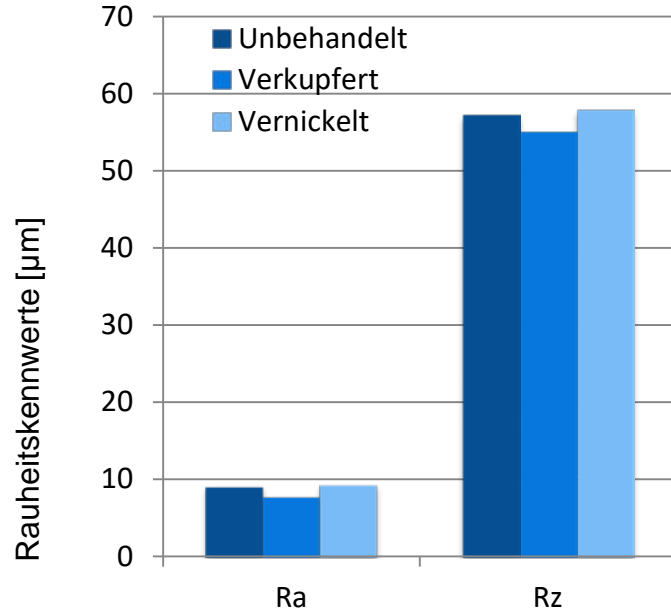
Vorbereiten

Silberlack aufbringen

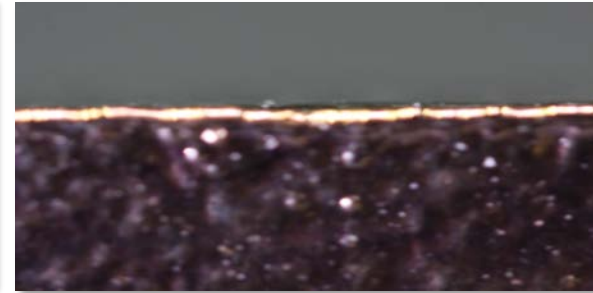
Galvanisieren



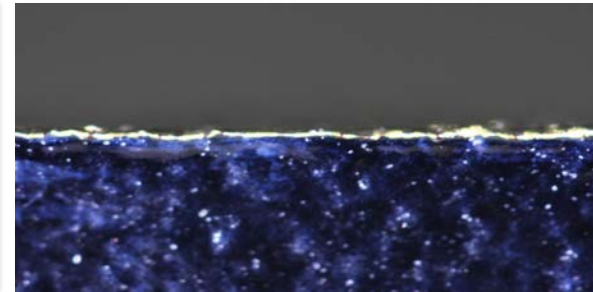
BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN



Verkupfert



Vernickelt



BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN

SLS Bauteil

„Zugprobe“

Werkstoffkombination Graphit / Polyamid ->
Leitfähige Beschichtung nicht nötig



	Unbeschichtete Probe	Beschichtete Probe	Veränderung [%]
Maximalkraft F_{max} [N]	255,42	458,33	79,44
Zugfestigkeit [MPa]	6,14	11,71	90,72
Bruchdehnung A [%]	0,29	0,88	203,45
Ersatzstreckgrenze $R_{p0,2}$ [MPa]	1,48	10,27	593,92

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN

Mögliche Erscheinungsformen:

Hochglanz: Kupfer / Nickel
 Matt: Kupfer / Nickel
 Geätzt: Kupfer

Mechanische Verbesserungen:

Kriechverhalten / Festigkeit / Widerstand gegen Alterung

Andere Beständigkeiten:

Feuchtigkeit / Temperatur / Korrosion

Beschichtbare Bauteile:

SL, LS, PJM, FLM, DLP

Schichtdicke:

ca. 100 µm

Kosten:

ca. 30-40 % der Herstellungskosten des Bauteils



BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN



[Jens.Bohnet]



[Jens.Bohnet]

7 Postprocessing

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN

- Eingesetzt bei Teilen des Innenraums des Aston-Martin Prototypen „Lagonda“
- Nickel-glanz Beschichtung
- Erzeugung eines Looks wie gebürsteter Stahl durch Abbürsten der Beschichtung



BESCHICHTUNGSVERFAHREN - GALVANISIEREN

Vorteile

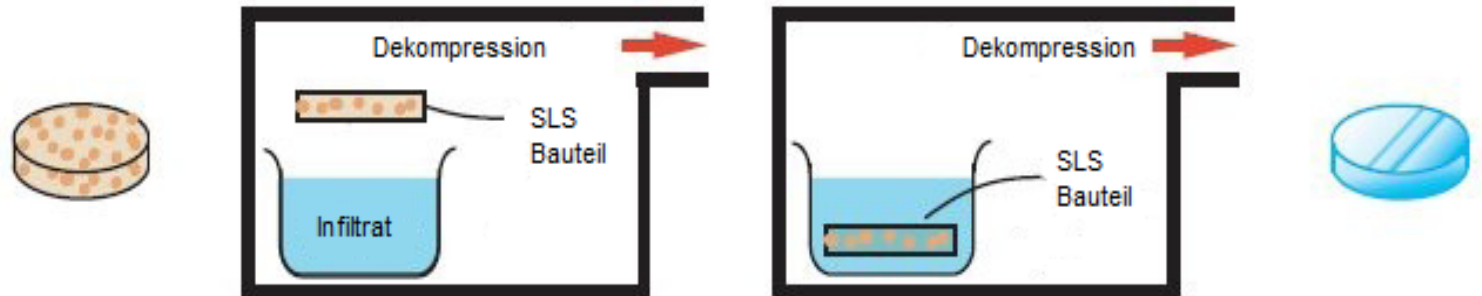
- + Steigerung der mechanischen Eigenschaften
- + Metallische Optik
- + Metallische Haptik
- + Günstig
- + Automatisierbar

Nachteile

- Funktionsintegration schwierig
- Hinterschneidungen / Bohrungen etc. schwer zu realisieren
- Oberflächenaktivierung notwendig
- Haftfestigkeit abhängig von Vorbehandlung

BESCHICHTUNGSVERFAHREN - INFILTRIEREN

Prozessschritte



BESCHICHTUNGSVERFAHREN - INFILTRIEREN

Vorteile

- ⊕ Einebnungseffekt
- ⊕ Funktionalitätsherstellung
- ⊕ Glanzeffekt
- ⊕ Verbesserung der mechanischen, thermischen, elektrischen, chemischen Eigenschaften

Nachteile

- ⊖ Dauer
- ⊖ Gewichtszunahme



Additive Fertigung

Additive Fertigung 20 – 07

Postprocessing

Technische Universität Bergakademie Freiberg
IMKF - Additive Fertigung
Agricolastraße 1, 09599 Freiberg, Germany

Prof. Dr.-Ing. Henning Zeidler
Tel: +49 3731 39 30 66
henning.zeidler@imkf.tu-freiberg.de

