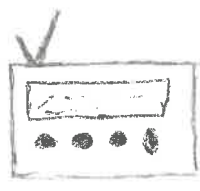


Vorlesung 1: Definition

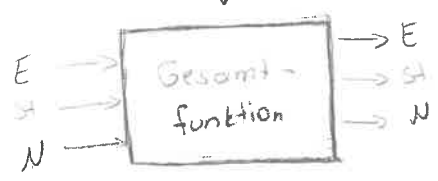
- Grundbestandteile eines mechatronischen Systems definieren & zusammenhängend erklären
- Produktentwicklungsphasen benennen & Wichtigkeit der Methoden



Gerät: „Gegenstand, mit dessen Hilfe etwas bearbeitet, bewirkt oder hergestellt wird“

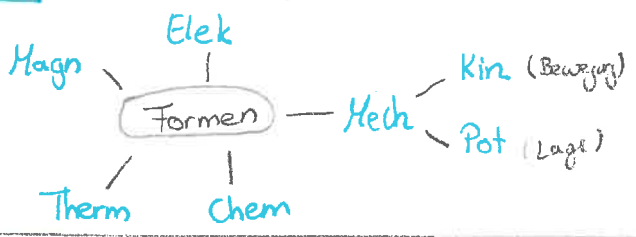
bzw.

Mechatronisches System mit Energie-, Stoff- & Informationsfluss



- Sensorik, Aktorik, Prozessorik
- Zsm. wirken mechanischer & elektronischer Bauteile

Energie „Arbeitsvermögen physikalischer Systeme“ (im klassischen Sinne)



- Energieformen sind ineinander umwandelbar => äquivalent
- Energieerhaltungssatz: Energie eines abgeschlossenen Systems bleibt konstant

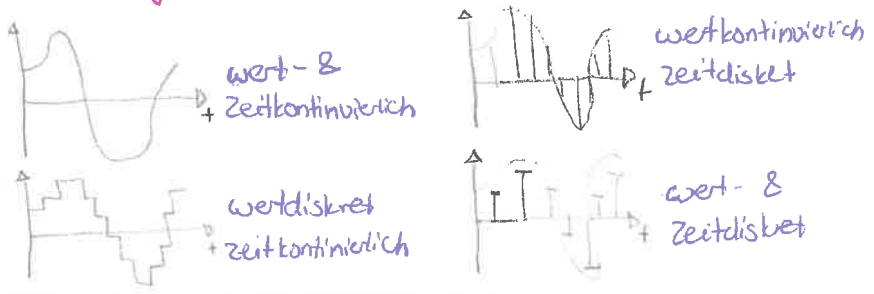
Information

↳ **Nachricht** „Information im Zustand der Übertragung“

↳ **Signal** „physikalische Realisierung einer Nachricht“



• andere Signalformen: chem, opt, akus, mech

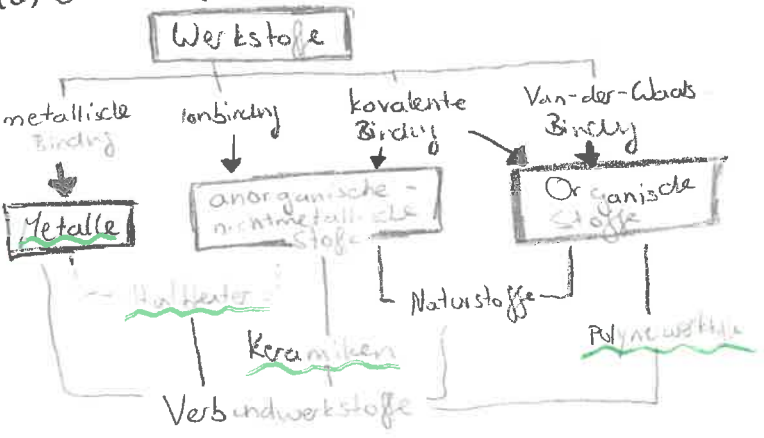


Stoff Werkstoff: „Materialien, aus denen Bauteile & Konstruktionen hergestellt werden können“

↳ Material: „alle natürlichen & synthetischen Stoffe“

- Konstruktionswerkstoff: mechanisch-thermische Eigenschaften im Vordergrund
- Funktionswerkstoff: funktionelle Eigenschaften im Vordergrund

(a) Einteilung



(b) Fertigungsverfahren

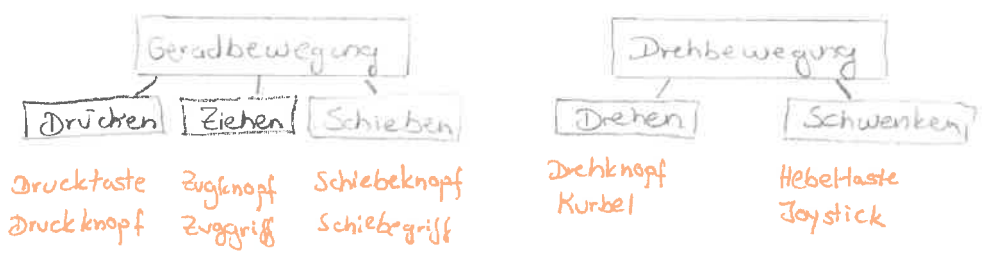
Schaffen der Form	Ändern der Form		Ändern der Stoffeigenschaft	
Zim hält Schaffen	Zim behält beibehalten	Zim hält Verändern	Zim hält Verändern	
HG 1	HG 2	HG 3	HG 4	HG 5
Umfarmen	Umform	Trennen	Fügen	Beschicht
				Stoffeigenschaft ändern

HG: Hauptgruppe

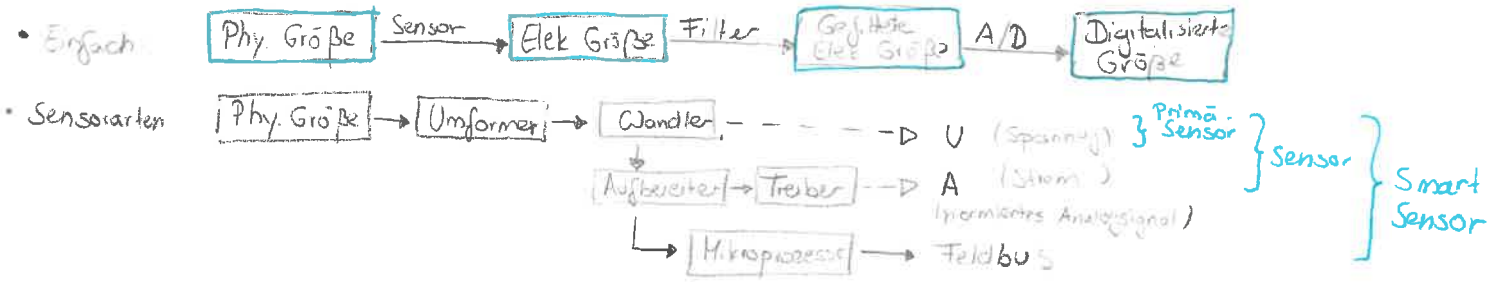
Vorlesung 2: Umformen & Wandeln von Information

- Bewegungsarten + ein Bedienelement
- Bestandteile Messsystem + einfache Schaltung berechnen
- gängigsten Sensoren für mechanische Messgrößen (+ Fluide)

Bedienelement „Vorrichtung zur Einflussnahme“



Messsystem „Wandelt physikalische Größe in einfach zu interpretierbare andere phy. Größe um“

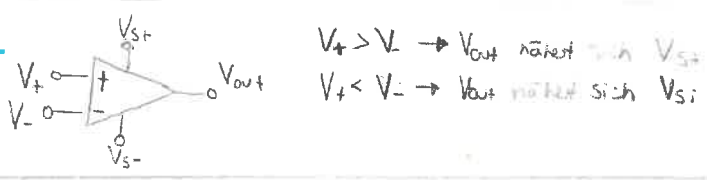


A/D-Wandler

- 1) Zeitkontinuierliches Signal → Zeitdiskrete Abtastwerte
- 2) Zeitdiskrete Abtastwerte → Wertdiskrete Ausgangswerte

→ Problem: zeitkontinuierliches Signal wird nur zu bestimmten Zeitpunkten abgetastet
 ⇒ Nyquist-Shannon-Abtasttheorem: $f_{sample} > 2 \cdot f_{max}$ → Nyquist-Frequenz $f_N = \frac{f_{sample}}{2}$

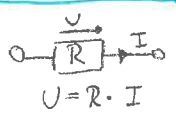
Komparatoren



Schmitt-Trigger

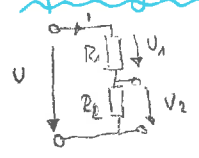
→ um schnelle Wechsel zu vermeiden: Schmitt-Trigger (Schmitt-Nutzen sind verlust)

Messschaltung

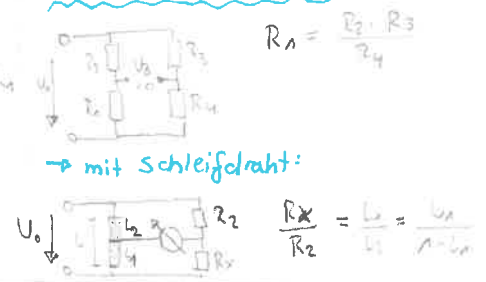


1. Kirchhoff Regel Knotenregel $\sum I_k = 0$
2. Kirchhoff Regel Maschenregel $\sum U_k = 0$

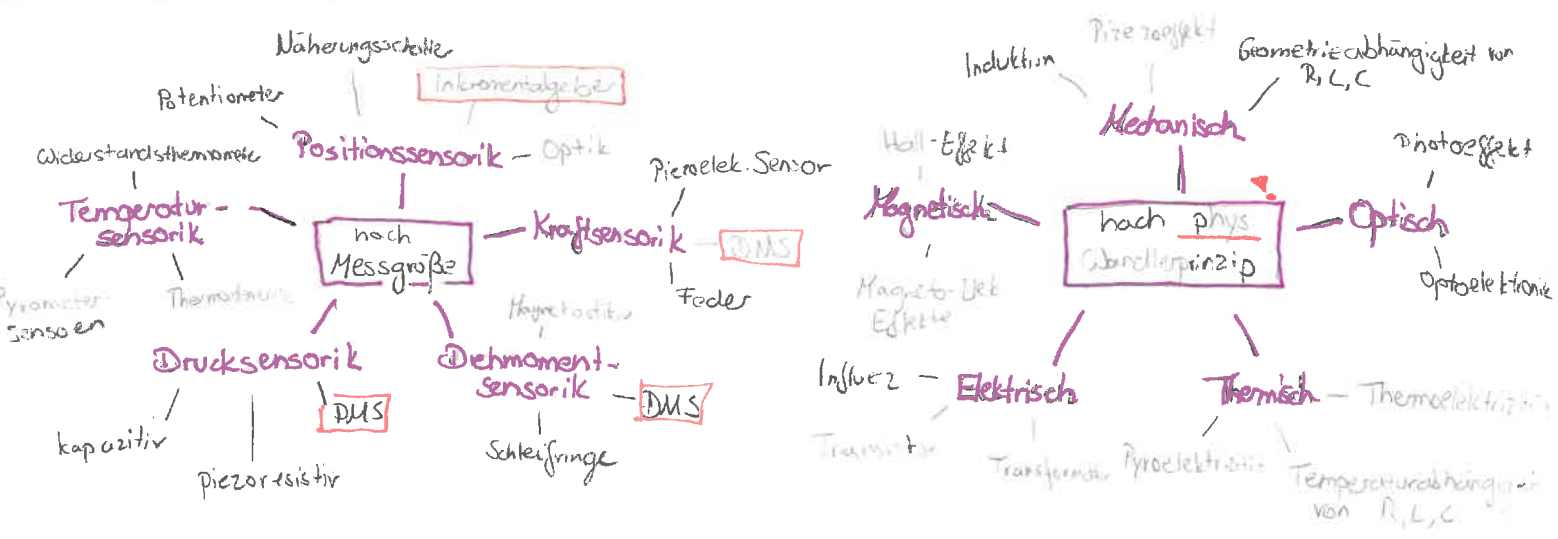
Spannungsteiler



Wheatstone-Brücke



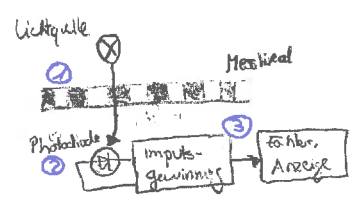
Maschinelle Sensoren



Inkrementalgeber (optisch) → linear / rotierend!

Prinzip

1. Licht wird durch Muster gesendet (Uniforme Hell/Dunkelphasen)
2. Sensor: empfängt Lichtsignale und erzeugt Rechtecksignale
3. Verschiebung des Messlineals: Impulse entstehen, die nach Formung gezählt werden → Prinzipiell: relative Verschiebung
 - Genauigkeit durch Quantisierungseinheit
 - Absolute Position: Kenntnis Startposition, Binärcode, Gray-Code
 - Bewegungsrichtung: Zweites Messlineal, zweite Photodiode, Reihenfolge Signale



DMS Messung miniatur Dehnungen: für langsame Sachen & Langzeitmessungen

Aufbau

- Leiterbahnen auf Trägerfolie
- mäandrierend in Bewegungsrichtung
- spezielle Haftkleber → Bauteil

K-Faktor

- Widerstand $R = \rho \frac{l}{A}$
- Zusammenhang zw. Widerstand und Dehnung
- $\frac{\Delta R}{R} = k \frac{\Delta L}{L} = k \cdot \epsilon$
- Metalle: $k > 2$
- Konstanten ≈ 2

Applikationen

- Arten 1D, 2D, 3D, Drehmoment, Diaphragm (Druck)
- Kompensation
- DMS-Halbbrücke (R_1 & R_2 DMS) zur Temperaturkompensation

Einflussfaktoren

- Temperatur
- Feuchtigkeit
- Hysterese
- Hydrostatischer Druck
- Kriechen
- Quersensitivitäten
- Konstruktions
- Elektromagnetische Felder

! k-Faktor G-Modul abhängig

Vorlesung 3: Umformen & Wandeln von Energie

Antriebstechnik → Bereitstellen mechanischer Energie



Gleichstrommotor

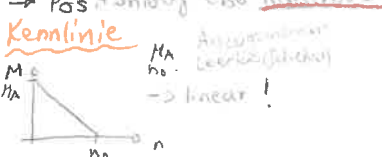
$p = M \cdot \omega = M \cdot 2\pi \cdot n$

Bürstenbehafteter DC-Motor

- Aufbau**
- Stator: Permanentmagnet
 - Rotor: Gewindestift hebt auf Eisenkern, auf beide gibt
 - Kollektor: Teil vom Rotor, in Kontakt mit Bürsten
 - Bürsten: Übertragen Strom auf Kollektor (+/-)
- Problem**
- hoher Verschleiß der Bürsten

(BLDC) Bürstenloser DC-Motor

- Fkt. Prinzip basiert auf Sperrschicht
- Aufbau**
- Interne Schaltung
- Funktion**
- 1) Aktives Sperrpaar erzeugt magnetisches Feld
 - 2) Permanentmagnet im Rotor richtet sich aus
 - 3) Steuerung über Controller
- Positionierung über Hallkontakte



Instellung

- Einfache Lösung: 1 Paar akt. & pass. 2 Paar drückt PM weiter
- Kommutierung: Änderung der Stromrichtung - Block oder Zähl
- Geschwindigkeit ändern durch Schaltfrequenz (PWM)

Schrittmotor

- NEHA
- Aufbau**
-
- Funktion**
- 1) Beistromte Statorspulen erzeugen Magnetfeld → Rotor folgt
 - 2) Gezieltes Ein- & Ausschalten Steuerung von Drehzahl & Zähl
 - 3) Zahnteilung: 45-60 Schritte pro Umdrehung (nur 2 Polpaare notwendig)
- genaue Positionierung ohne Sensor
- Kennlinien**
-
- Betriebsfrequenzbereich (BF)
- Induktive Last: Kennlinie nicht linear
 - Bzw. Drehmoment der Anlage

- Schrittmuster**
-
- Mikrosteuert: Form setzt +

Linearmotor

- „Abwicklung eines aufgeschalteten Drehstrommotors“
- Konstruktionsarten**
- 1) Feststehendes Sperrpaar (Hauptmagnet)
 - 2) Feststehende Magneten (Hauptmagnet)
- Synchron / Asynchron möglich

Getriebe "Wandeln / Übertragen von Kräften / Bewegungen, um hohe Drehzahl oder hohes Drehmoment zu erreichen" (4)
 → Anpassung Kraft / Drehmoment und Geschwindigkeit / Drehzahl

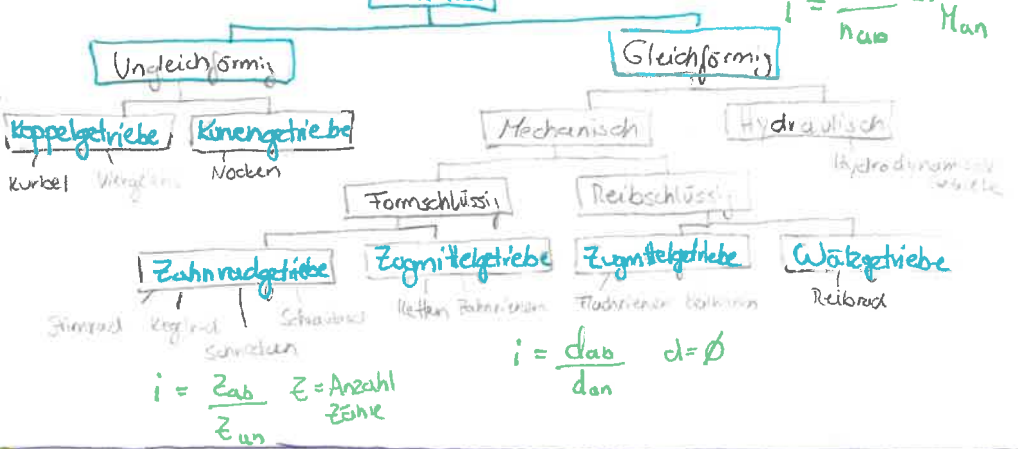
Umwandeln von Bewegungsformen

Eingang / Ausgang	Rotation	Translation
Rotation	• meistens $\omega \rightarrow \omega$	• Kurbeltrieb $\omega \rightarrow v$
Translation	• Verb. Koppel- / Nocken- Kurbeltrieb $v \rightarrow \omega$	• Hydraulisch $v \rightarrow v$

Rotation → Translation

- Gewindesplindel
- Kugelgewindetrieb
- Zahnstange
- Zahnriemen

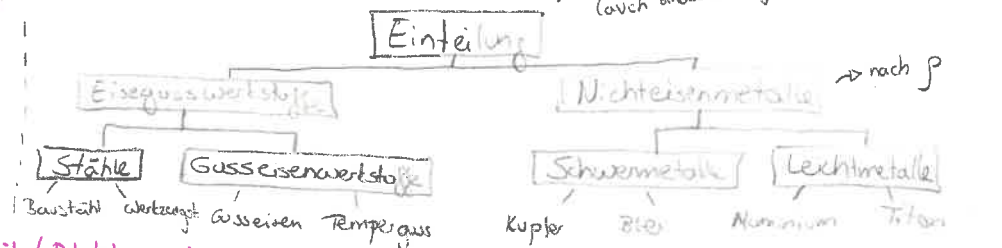
Einteilung



Vorlesung 4: Materialien

Metalle

- Reflektion von Licht
 - Elektr. u. Thermische Leitfähigkeit
 - Gut plastisch verformbar
 - teilweise ferromagnetisch supraleitend
- **Aluminium**: günstiges Verhältnis Festigkeit / Dichte - elek. Leitfähigkeit / Dichte, Korrosions- & Witterungsbeständig
- **Edelstahl**: genaue Einstellung durch Zusammensetzung, korrosionsbeständig, ...
- **Messing**: Cu-Zn-Leg., guter Wärme- & elek. Leiter
- **Bleche**: Dicke < Breite / Länge, Halbzeuge, Stahl, Edelstahl, Aluminium, Messing

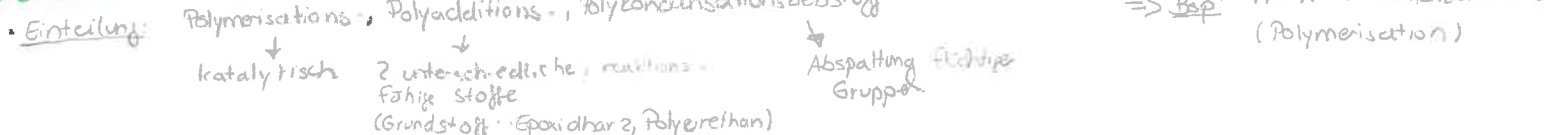


Kunststoffe "aus geeigneten Grundsubstanzen werden neue Stoffe 'künstlich' aufgebaut" (hier unorgan. und)

- organische Molekulare Werkstoffe (Polymere)
- Ausgangsstoffe → Monomere → Polymerisation (Ketten- oder Stufenreaktion) → Polymere → Formgebung

Eigenschaften	AT Thermoplast	TT Thermoplast	Elastomer E	Duroplast D
Aufbau	Amorph $\sim \sim \sim$	Teilkristallin $\sim \sim \sim$ (kristallin) $\sim \sim \sim$ (amorph)	$\sim \sim \sim$	$\sim \sim \sim$
Vernetzung	unvernetzt	unvernetzt	weitmaschig vernetzt	dichtmaschig vernetzt
Eigenschaften	erweichbar, schmelzbar, schweißbar, löslich, quellbar	nicht schmelzbar, unlöslich, quellbar	nicht schmelzbar, unlöslich, quellbar	nicht schmelzbar, nicht löslich, nicht schweißbar, temperatur-empfindlich
Mechanische Eigenschaften	$E \approx 100-1000 / 3000-3000$ MPa $R_m \approx 20-30 / 40-60$ MPa	$E \approx 100-1000 / 3000-3000$ MPa $R_m \approx 20-30 / 40-60$ MPa	$E \approx 0,3-30$ MPa $R_m \approx 7-30$ MPa	$E \approx$ bis 4200 MPa $R_m \approx 80/120$ MPa
Einsatztemperatur	$GT = 80^\circ C$ (AT) $-20^\circ C$ (TT)	$GT = 80^\circ C$ (AT) $-20^\circ C$ (TT)	$GT = 80^\circ C$ (AT) $-20^\circ C$ (TT)	$GT = 80^\circ C$ (AT) $-20^\circ C$ (TT)
Verhalten bei RT	spröde, zähelastisch	spröde, zähelastisch	gummielastisch	hart, spröde
Anwendungen	• Verpackung, Einwegbesteck, CD-Hüllen (AS) • Rohre, Folien, Gerätegehäuse (PP)	• Widerstände, Transistoren, Tafeln, Stäbe, Bodenbeläge (Epoxidharz) • Folien, Stäbe (Melaminharz)	• Reifen, Katheter, Handschuhe, Luftballons, Gummizüge (Naturkautschuk) • Reifen, Förderbänder, Dichtungen, Schläuche (Styrol-Butadien-Kautschuk)	

2-K-Materialien • Mischen zweier Komponenten führt zur Vernetzung → Härteungsprozess des Materials

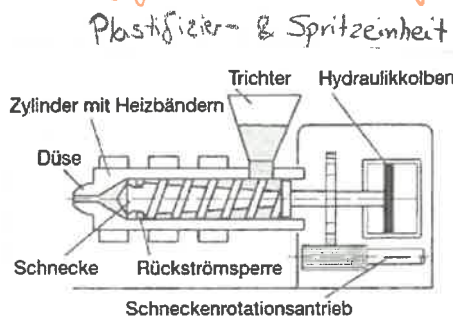
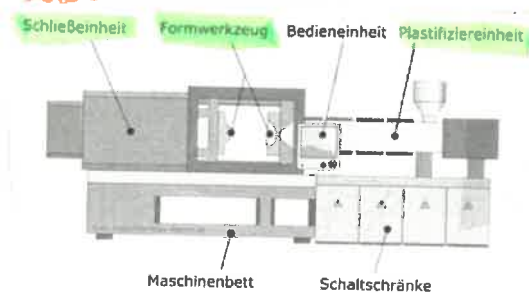


Definition

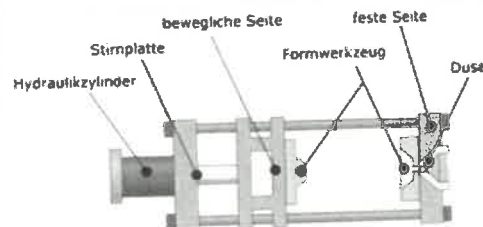
→ Verfahren: **Extrudieren**, **Blasformen**, **Spritzgießen**, **Pressen**, **Schäumen**, **Stereolithographie**

Spritzgießen: Umformen aus flüssigen / teigigen Zustand → geometrisch komplexe Formteile

Aufbau



Schließereinheit



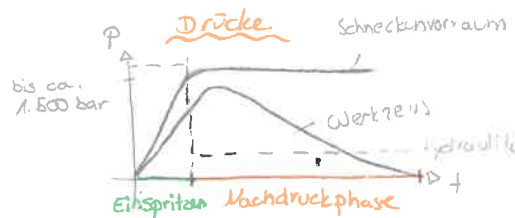
Verfahren (Spritzgießzyklus)



- Granulat aus Einfülltrichter durch rotierende Schnecke im Zylinder gezogen
- Granulat schmilzt durch Wärme- & Reibungsenergie
- Schmelze sammelt sich von Schneckenspitze

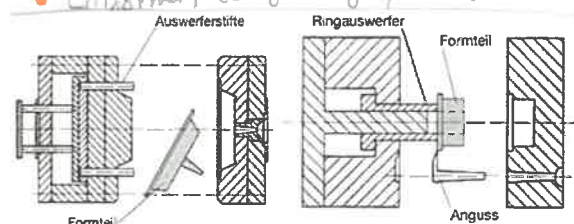
Temperaturen

- Schneckenraum: 200 - 300 °C
- Werkzeug: 20 - 120 °C

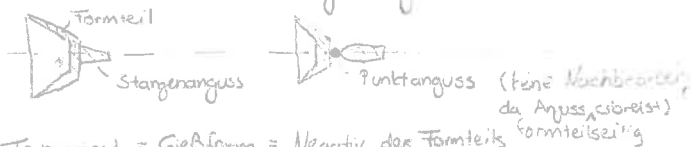


Werkzeug

- Schmelze verteilen (Anguss- & Verteilersystem)
- Form geben („Formnest“)
- Kühlen / Heizen (Temperierung)
- Befestigung an Maschinenaufspannplatten & Kräfteaufnahme
- Entformen (Entformungssystem)



unterschiedliche Gestaltung möglich



Formnest = Gießform = Negativ des Formteils (Formteilzeitig)

- Mehrfachnester üblich (1 - 20)
- Etwas größer: Volumenschwund (0,5 - 0,8 % Thermoplast)

- Erstarrung der Schmelze garantieren
- Wasserdurchströmte Kanäle

Vorteile

- Wirtschaftliche + vollautomatisierte Serienfertigung
- Hohe Taktfreien
- Hohe Reproduzierbarkeit (absolute Genauigkeit nicht sehr gut)
- Direkter Weg vom Rohstoff zum Fertigteil
- Integration zahlreicher Funktionen in einem Bauteil (Gelenke, Raster / Schnapper, Gewindebuchsen)

Konstruktionsgrundsätze

Geometrie

- Wandstärkenunterschiede beachten
- Rippen und Sicken richtig konstruieren
- Schwindung berücksichtigen
- Fließrichtung, Spalte & Abkühlung bedenken

Entformung

- Hinterschnitte vermeiden
- Kerne vereinfachen
- Entformungsschrägen integrieren
- Auswerferstifte berücksichtigen

Einlege teile

- Gewindebuchsen & -bolzen
- Zahnräder & Kupplungen
- Elektrische Kontakte, Nocken

Spritzgießen

Extrusion

Kunststoff-extrusion

(1)

Kolben-extruder

- Druck wird durch Kolben erzeugt
- häufigem Materialwechseln
- Diskontinuierlich
- + einfache Reinigung
- + nahezu rückstandslos
- + keine Materialverschwendung
- Beimischen von Zusatzstoffen vor Einfüllen in Extruder

(2)

Schnecken-extruder

- ähnlich wie Spritzgießen, ohne axiale Bewegung beim Einspritzvorgang
- Kontinuierliches Austreten
- + Kontinuierlich & voll automatisiert
- + Mischen versch. Materialien
- Komplizierte Reinigung

(3)

FDM-Druck

Fused Deposition Modeling (3D-Druck)

- Kunststofffaden (Filament) wird in beheizter Düse (kleinem Extruder) verflüssigt
- Schichtweise auftragen & abkühlen → 3D-Modell
- + nahezu alle Geometrien möglich
- Große Geometrien brauchen lange
- Einlegezeit nur bedingt möglich
- Schwindung & Verzug

FDM-Druck

Rahmenbedingungen

① Designfreiheit	② Toleranzen	③ Materialien	④ Anisotropie
• keine Trennflächen • keine Bindenähte • Hinterschneidung möglich • keine Entformschrägen • Details & schmale Schlitze • keine Kühlkanäle	• mind. 0,1 mm (Größer als bei anderen) • Kategorie v (sehr grob) • Ursachen: - Positioniergenauigkeit - Schränkung Materialdicke / Filament - Verzug - nicht optimale Druck-Parameter	• ABS - Glatter - bis 95°C • PLA - Einsteiger - geringere Überbrück-Gefahr - bis 70°C	• bedingt durch Schichtbauweise • mechanische Eigenschaften in versch. Richtungen unterschiedlich • Bauteil entsprechend der Belastungsrichtung anordnen

Preprocessing

→ Auswirkung auf Festigkeit, Druckzeit, Qualität & Kosten

	Infill	Schichtdicke
Best Case	100%	0,3
	10%	0,3
	10-80%	0,1
	10%	0,1-0,15 [mm]

Postprocessing

- Entfernen Support
- Entgratungswerkzeug
- Schleifen
- Teile zsm.bauen
- Oberflächen

• weitere Faktoren: Füllstrategie, Wanddicke, Anordnung im Bauraum, Baustategie

Konstruktionsgrundsätze

Nr	Grundsatz	Nr	Grundsatz	Nr	Grundsatz
1	Schichtausrichtung → auf Belastungsrichtung achten → Güte der Oberfläche	7	Bohrung & Stift $d = D < 1,5$ $d/L = D/L > 1,8$ Passung: 0,8 Unterraum	13	Muttern
2	Bauteilverzug (Wrapping) → unterschiedliche Schrumpfung → aufrecht oder Schlitze	8	Schlitz & Rippe $d = D > 1,5$ $d/L = D/L > 1,8$ Passung: 0,8 Unterraum	14	Schulterüberschneidung $a < b$ $c > 2a$
3	Überhänge & Stützstrukturen → 45° -Regel (ohne Stützstruktur) → Stützstrukturen an Rückseite	9	Kugellager $D = d + 0,2$	15	Schnapphasen $b > a > 1$ $d > 1$ $l > 6$ $r > 0,2 \ll a$ $\alpha \sim 35^\circ$
4	Kontaktfläche → Bauteilhaftung durch Kleben	10	Gabelgelenk ~ alle Spalten 0,4	16	Dübel
5	Wandstärke - mind 1mm	11	Linearführung	17	Welle-Nut Übermaß 0,3 für Pressfitz
6	Zugänglichkeit - keine Stützstrukturen innen	12	Festkörpergelenk • Direkt auf Unterlage $\frac{b}{d} = 0,4$ $R = d + 0,4$ $l = 10 \times$	18	Falz mit Klebefuge, Klebtasche $a > 0,5$ $b : 0,5 > 0,5$ c : Kanal für Überschuss Kleb d: Nut

Vorlesung 6: Umformen & Trennen von Stoff

- Verfahren: Schmelz-, Stahnenblech, Zerkleinern
- Trennverfahren: bestmögliche Trennung, Schmelz, Schmelz, Schmelz
- Wellenlänge: Acrylgas

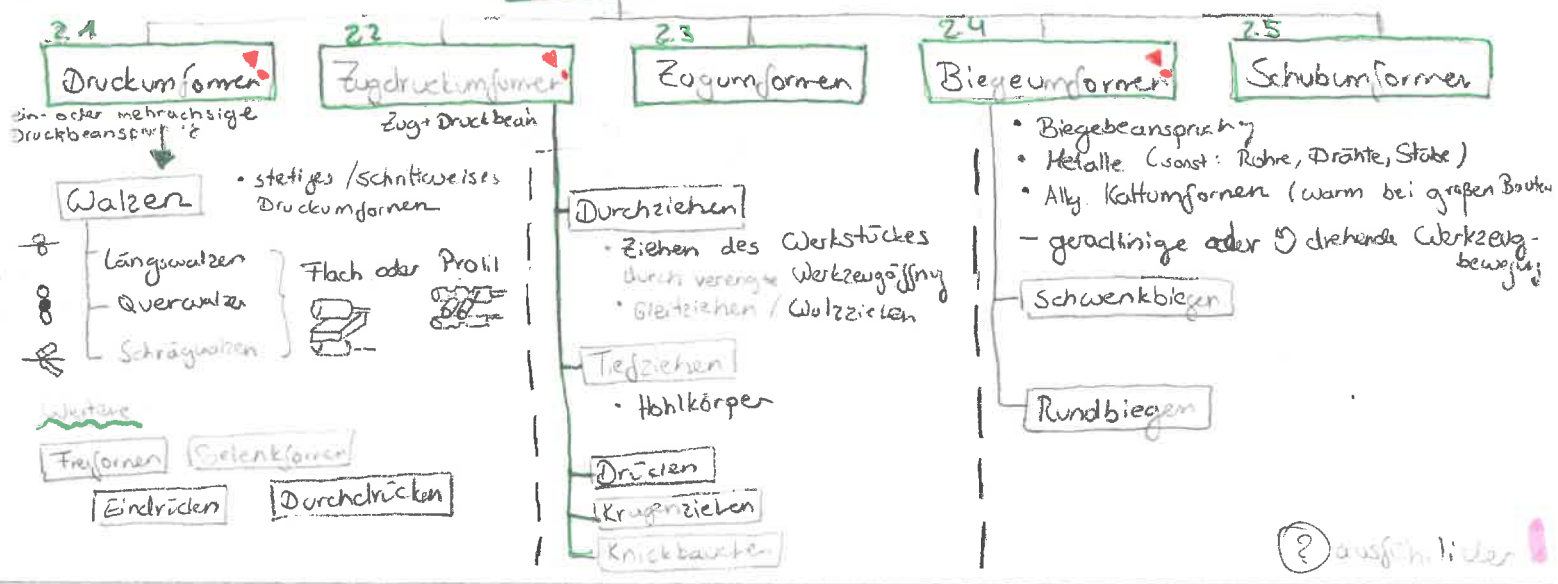
Umformen von Blech

Def: Umformen: "gesteuerte, plastische Formänderung eines Werkstücks"

- Volumenkonstant
- hoher Kraftaufwand
- oberhalb der Fließgrenze (plastischer Bereich) → ausgedrückt plastisches Verhalten notwendig

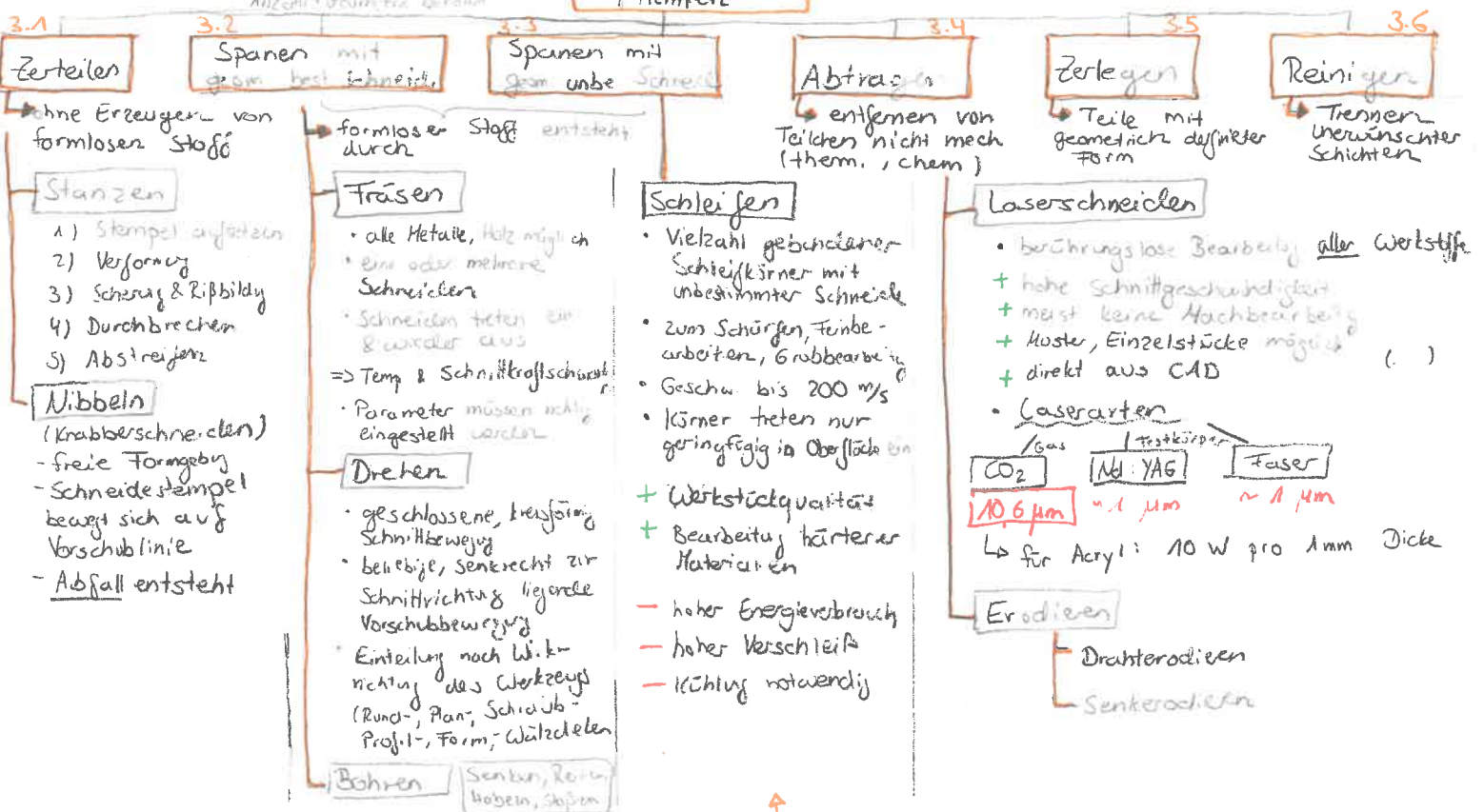
2. Hauptgruppe "Umformen"

→ Einteilung nach Beanspruchungsart



Trennen → Fertigung von festem Körper durch Änderung der Form

3. Hauptgruppe "Trennen"



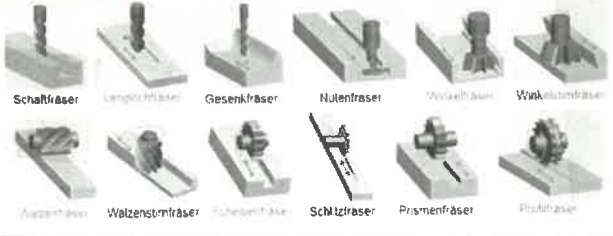
Wasserstrahlschneiden → nicht zuzuordnen (wenn: 3.3.6)

- $p = 4000 - 6000 \text{ bar}$
- $v \leq 1000 \text{ m/s}$
- $\phi = 100 - 350 \mu\text{m} / 800 - 1200 \mu\text{m}$
- + präzise, saubere Schnittfläche, keine thermischen Verzug.
- langsam, Wasserkontroll, Aufbereitung Wasser
- abrasiv: bei härteren WS

Vorlesung 7 Fertigungsgerechtes Konstruieren

Fräsen

3-Achsen x-y-z-Achsen



5-Achsen x-y-z Achsen + x-y Rotation

- komplexer Teile möglich
- höhere Präzision
- verbesserte Positionierung
- Schwenktisch $\leftrightarrow$ Schwenkkopf
- $\rightarrow$ Hinterschneidungen möglich

Restriktionen

- ① Werkzeugverschleiß
- ② Begrenzte Zugänglichkeit
- ③ Hohes Aspektverhältnis
- ④ Endliche Werkzeuggrößen

- Aspektverhältnis = $\frac{\text{Tiefe}}{\text{Breite}}$
- Stabilitätsgrenzen erreicht
- Schauffräsen bis 5
- Profilfräsen bis 10
- Scheibenfräser bis 30

Konstruktionsrichtlinien

Nr.	Richtlinie	Nr.	Richtlinie	Nr.	Richtlinie
1	gerade, steile Flanken & einfache herstellbare Form 	6	Innenradien - Rechteckige Tasche aufwendig (Erodiertechnik) - Radius = Radius Fräsmaschine - Außenecken aber möglich 	8	Gewinde - Früher: Gewinde bohren/-schneiden - Heute: Gewindegewinde • Wirbelring mit mehreren Schneidern Apfenwirbeln Innenwirbeln
2	Gleiche Höhe $\rightarrow$ 1 Vorgang 	7	Passungen - Rautiefe bis 1,6 μm		
3	Möglichst Scheibenfräser statt Langlochfräser				
4	Minimierung des Vorschubwegs				
5	Spannmöglichkeiten beachten				

Drehen $\rightarrow$ Konstruktionsrichtlinien

1	Zerspanungsaufwand minimieren (evtl. mehrteiliges Bauteil) 	3	Außenkanten anfasen ($\leftrightarrow$ runden) + Vermeiden planer Enden bei Bohrungen	6	Unbegrenzung vermeiden
2	Aufsteigende Außen- & Absteigende Innen- 	4	Werkzeugauslauf	7	Rundungen Wellenabsatz $\rightarrow$ gleicher Radius
		5	Spannflächen	8	Nuten an Außendurchmesser oder Fase

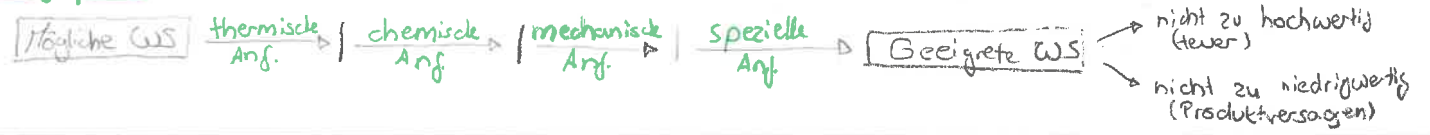
3D-Druck

Übersicht	Polymerisation	Verkleben	Verschmelzen
Keramik			
Metall		B3	LM, EBM
Sand			
Kunstst.	SL, PJ		FDM, LS, MJ
Wachs			

tief $\leftarrow$ Beständigkeit $\rightarrow$ hoch
 glatt $\leftarrow$ Oberfläche $\rightarrow$ rau
 hoch $\leftarrow$ Detailgenau $\rightarrow$ tief
 Prototypen $\leftarrow$ Fert. Teile

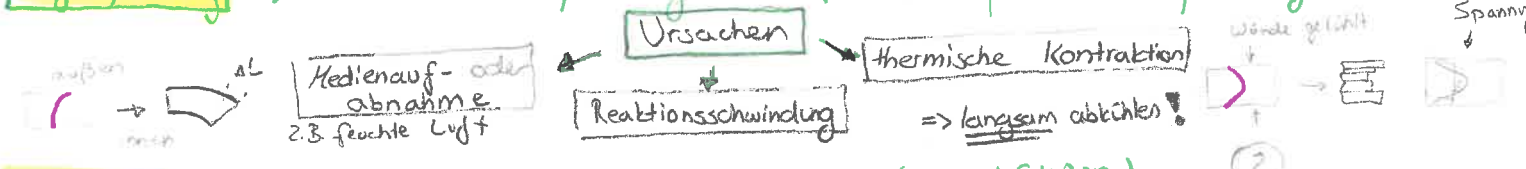
	Stereolithographie SL	Inkjet-Verfahren PJ, BJ, Jet	Lasersintern LS	Multi-Jet-Fusion MJF
☀	- Flüssigbad aus Photopolymer - UV-Laser härtet Kunststoff punktuell	- Photopolymer im Druckkopf erhitzt - auf Plattform getropft - UV-Licht härtet	- Pulver auf Grundplatte - Laser sintert / schmilzt Pulver	- Pulver auf Grundplatte - Fusion Agent $\rightarrow$ absorbiert mehr Energie & schmilzt - Detailing Agent $\rightarrow$ wärmehemmend (schärft Kontur)
★	- Stützstrukturen ab 30° - ohne Nachbereitung bei Stützstr. rau - Ablauflöcher notwendig	- Stützstrukturen für Überhänge - bewegliche Bauteile möglich - höchste Bemessungsgenauigkeit	- Warping - bewegliche Bauteile Abstand 0,5 mm - Entnahmefächer empfohlen (mind. 1 mm)	- Oberseiten decken ein - Unterseite gerade - Warping bei großen, flachen Teilen
+	- geringe Toleranzen $\pm 0,2\%$ - hohe Auflösung - hohe Oberflächengüte - kurze Produktionszeiten	- mehrere Materialien gleichzeitig - geringe Toleranzen 0,1 - 0,2 % - hohe Oberflächengüte	- keine Stützstrukturen - hohe Toleranzen $\pm 0,3\%$	- keine Stützstrukturen - geringe Toleranzen $\pm 0,2\%$ - kurze Produktionszeiten
-	- Stützstrukturen ($\leftrightarrow$ Konstruktionsfreiheit eingeschr.) - nur eingeschränkte UV-beständig - Materialien	- nur eingeschränkt UV-beständig - Materialien leicht spritzbar - geringe Temperaturbeständigkeit	- raue Oberfläche (wegen Körnergöße) - hoher Energieeinsatz	- leicht raue Oberfläche - begrenzte Materialeinsatz

Spritzgießen

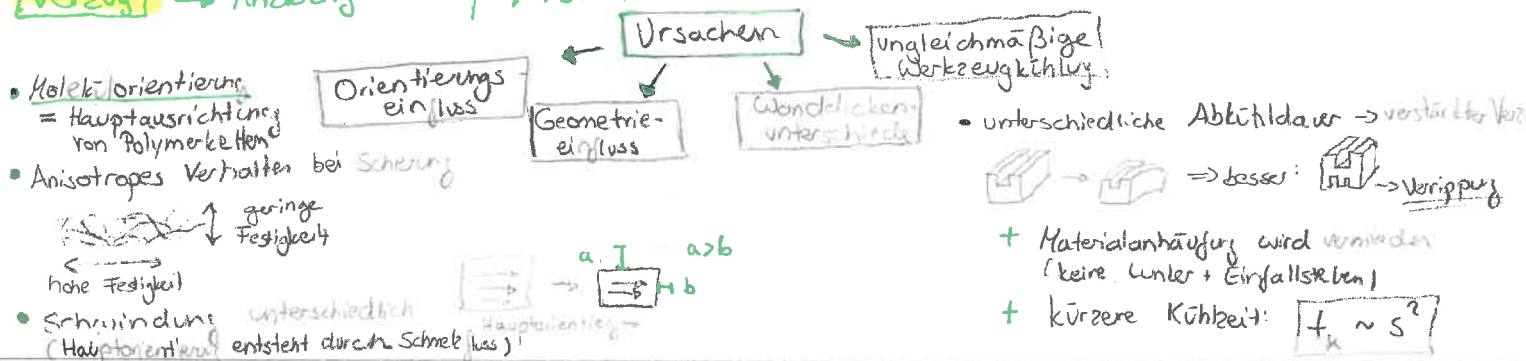


Eigenspannung & Verzug

Eigenspannung → mechanischer Spannungszustand ohne äußere Beanspruchung



Verzug → Änderung der Maße/Form durch Wärme (z.B. bei Gießen)



Werkstoffansammlungen

Einfallstellen → Mulden in Bauteiloberfläche

- dickwandigen Bereiche, Rippen, Raubdonen
- lokale Schwindung bei nicht ausreichender Kompensation → Oberfläche nach innen gezogen

- ⇒ **Maßnahmen:**
- Einheitliche Wanddicken
 - Überdenken der Gestalt
 - Gleichmäßige Werkzeugtemperatur & lange Kühlzeiten
 - Verwendung eines steifen Werkstoffes oder Versteifungselementen (Abstützen, Rippen)

Linker → eingeschlossene Hohlräume

- tragen keine Last → Auswirkung auf Formstabilität

Fließweg

- Allgemein: von dick → nach dünn (Erzielen Druckgradient!)
- gleichmäßig
 - keine frühzeitig stoppenden Schmelzfronten
 - große Wanddicken bei langen Fließwegen

Bindenähte

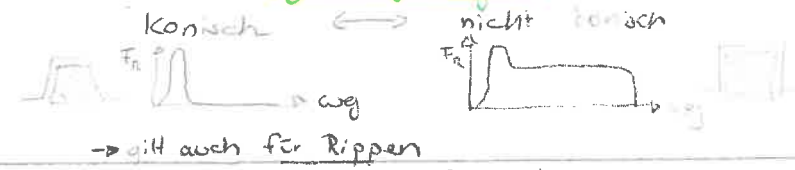
- in wenig belasteten Bereichen
- FÜBbildsimulation

Informierung

Hinterschneidungen

- möglichst vermeiden?
- Lösungen:
 - Deformation
 - durchdringender / schräg laufender Auswerter
 - geteilte Lochstifte
 - faltbare Kerne

Auswurfschraffen



Versteifungselemente

- Ziel:** Erhöhung des Flächenträgheitsmoments bei geringem Gewicht / Kühlzeit
- + Wenig Material, geringe Kühlzeit
 - optischer Nachteil durch Einfallstellen → konstruktive Lösung
- Grundwand $r = 0,5 \cdot s$
Rippe $h \leq 10 \cdot s$
- viele dünne Rippen
 - Ziernut / -rippe
 - Reduzierung der Wanddicke

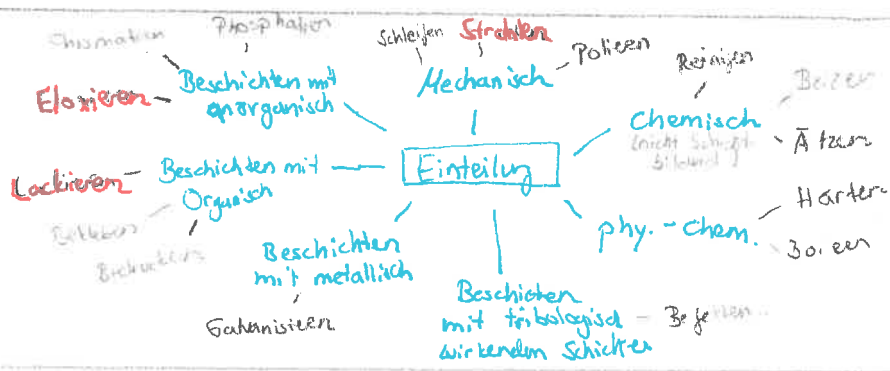
Verbindungs- & Funktionselemente

- Schnappverschlüsse:** einfaches Fügen/Trennen → einfacher als bei anderen WS (nicht so steif & dehnbar)
- Gelenke:** einfache Trennung, Einstoßsystem → besser als metallische Gelenke
- Scharnier:** Schnapp- oder Filmscharnier
- Schraubdom:** kann integriert werden, Gewinde wird während Fügevorgang von Schrauben geformt
 ↳ Gestaltung:
 - Ausreichend tief (keine Massenanhäufung)
 - freistehend
 - versteift → dünne Rippen
- Verbindung mit Metallteilen:** Gewindeeinsätze, umspritzte Schraube

Vorlesung 8: Oberflächenbehandlung

- Medizintechnik**
 - antibakteriell - Silberbeschichtung
 - Hydroxylapatit-beschichtung
 - Resorbierbare Magnesium Implantate
 - biokompatibel
 - Keramisierung: Korrosions- & Verschleißschutz

Einteilung

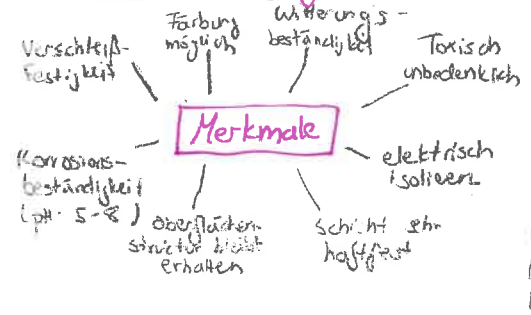


Strahlen

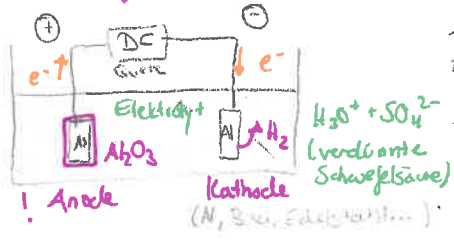
Strahlverfahren

- Trockenstrahlen:** Druckluft-, Schleuder-, Vakuum- oder Saugkopfstrahlen mit festem Strahlmittel / mit Trockeneis
- Nassstrahlen:** Feucht-, Nass Druckluft-, Schlamm-, Druckflüssigkeitsstrahlen

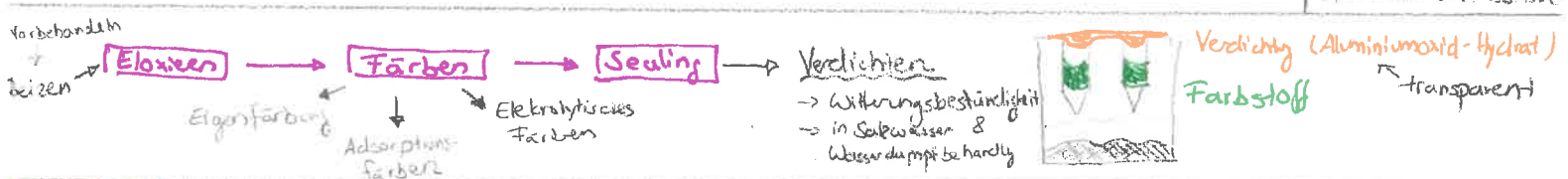
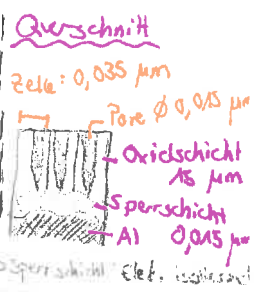
Eloxieren „Erzeugung einer oxidischen Schutzschicht auf Aluminium durch anodische Oxidation“ Al_2O_3



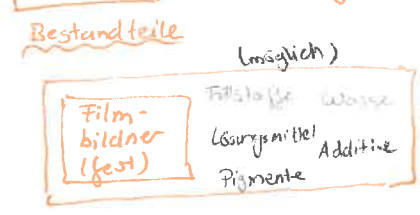
Schichtbildung: Eloxal-Zelle



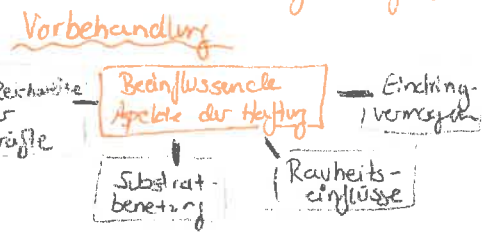
- 1) Elektr. Spannung
- 2) Sauerstoffhaltige Anionen zu Anode (OH^-, SO_4^{2-})
- 3) Entladung an Anode: Atome Al oxidiert
- 4) Sauerstoff reagiert mit Aluminium



Lackieren Lack = organischer Beschichtungsstoff: schützende, dekorative oder andere Eigenschaften



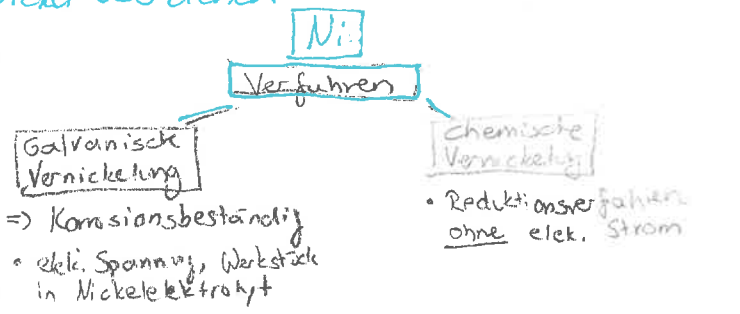
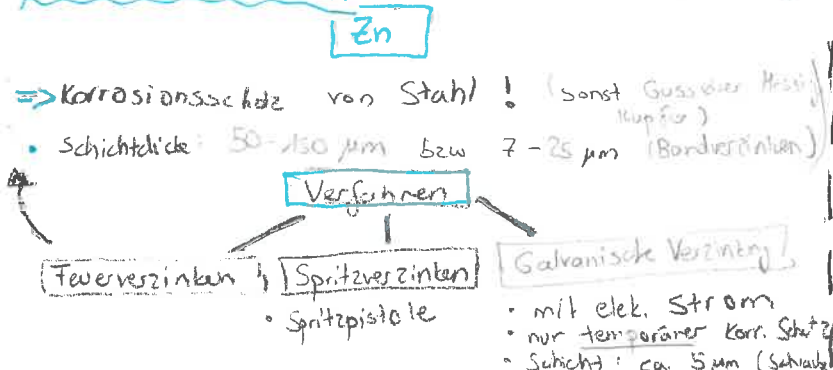
- Einteilung** (...
- 1) Nach Bindemittel
 - 2) Nach Auftragsverfahren
 - 3) Nach Art der Filmbildung
 - 4) Nach Untergrund: Holz, Kunststoff, Metall



Korrosionsschutz Korrosion: WS wird durch Reaktion mit Umgebung angegriffen

- Ursachen:** Inhomogenitäten im WS $\rightarrow$ ungleiche Ladungsverteilung $\rightarrow$ elektr. chem. Potentiale $\rightarrow$ Korrosionsprodukte
- Vorbehandlung:** Entfernung von Korrosionsprodukten (Bürsten, Schleifen, Strahlen, Flüssige Agenzien (physikalisch), nicht weiche Metalle, oder Beizen (chemisch) + Phosphatier/Chromatierverfahren)
- Schutz:** Phosphatier/Chromatierverfahren, Tauchverfahren, Eloxieren

Verzinken & Vernickeln Substrat mit Zink bzw. Nickel überziehen



Vorlesung 9: Beleuchtung

→ Lichttechnische Grundgrößen erklären
→ Spektrum, Einsatzmöglichkeiten (LED, Xenon, Halogen)

Physikalische Grundgrößen

Licht: sichtbarer Teil der elektromagnetischen Strahlung (380-780 nm)

Modelle

① Licht als Strahlung (Strahlenoptik)

- Brechungsgesetz: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$
- Reflexionsgesetz:
 - (1) Gerichtete Reflexion
 - (2) Diffuse / gesteuerte Reflexion

② Licht als Welle (Wellenoptik)

- periodische Schwingung in homogenen Medium
- Interferenz möglich
- Doppelspaltinstrument → Welleneigenschaft kann bewiesen werden

③ Licht als Teilchen (Quantenphysik)

- Wechselwirkung mit stofflicher Materie unter Energieaustausch
- Für Lichtquanten gilt: $E = h \cdot f = h \cdot \frac{c}{\lambda}$
- Photoelektrischer Effekt → Elektronen können aus Metall mit Licht herausgelöst werden

Kenngrößen

Spektrale Größe: $X_{e,\lambda} = \frac{dX_e}{d\lambda}$
→ für farbmimetrische Aspekte

Integrale Größe: $X_e = \int_{\lambda_0}^{\lambda_1} X_{e,\lambda} d\lambda$

„Spektrum“: Verteilung der Wellenlängengebiete

(isotrop) $4\pi \text{ lm}$

$\lambda = 555 \text{ nm} \rightarrow$ sehr hell
Leistung $P = 1.454 \text{ mW}$
 $\eta = 100 \%$

- Lichtstrom (Lumen = $\text{cd} \cdot \text{sr}$)** → Strahlungsleistung
→ Maß für Strahlungsleistung
- Beleuchtungsstärke (lx)**
→ Gesamtlichtstrom pro Flächeneinheit, gewichtet mit Augenempfind.
- Lichtstärke (cd)**
→ wellengewichteter Lichtstrom von Lichtquelle pro Raumwinkeleneinheit
- Farbtemperatur (K)**
→ Farbe von Lichtquelle im Vgl. zum idealen Schwarzkörper bei bestimmter Temperatur
[2000 K] — [3300-5000 K] — [5000 K]
dunkelrot Neutralweiß Tageslichtweiß
- Farbwiedergabeindex R_a**
→ Farbwiedergabe unter künstlichen Lichtverhältnissen
[60-85] — [80-95] — [100]
Leuchtstofflampe LED wie Sonne, Gleichblend

Lichterzeugung

LED	Xenon	Halogen
- nichtthermische Lichterzeugung - emittiert Photonen - Farbe abhängig von Halbleitermaterial - klassisch: rot, grün, gelb, orange - neu: blau, weiß (durch blau / Lichtmischung) - Helligkeit durch PWM - geringer Stromverbrauch - hohe Lichtausbeute - lange Lebensdauer (50.000 h) - Farbwechsel möglich - Schlechte Farbwiedergabe - Flimmern - Spektrum verschiebt sich über Lebensdauer	- Entladungslampen - Spannung: Gasgemisch in Glaskörper unter Strom & gibt Licht ab - Quecksilber - Energiesparend - lange Lebensdauer - in verschiedenen λ erhältlich (abhängig von Gas) - Lichtstrom nimmt mit Nutzungsdauer ab - volle Helligkeit nicht direkt mit Einschalten - Flimmern - Energieaufwendige Fertigung	- thermische Lichterzeugung - NY (12V) und HV-Lampen (120/230V) - Fkt. weise wie Glühbirnen - metallische Leiter (z.B. Wolfram) erhitzt & erzeugt dabei Licht (verdampft) - Metall setzt sich (durch Prozesse) wieder an - Farbe durch Farbfilter - fast tageslichtähnliche Beleuchtung - weißer als LED - hohe Lebensdauer (3000 h) → höher als Glühbirnen - hohe Hitzentwicklung - relativ hoher Energieverbrauch - stark erschütterungsempfindlich
(RGB-LED)	Filter	Filter
- Endoskopie → Filter für IR → präventiv: sehr geringe Energieverbrauch, aber	- Endoskopie → Filter für IR + gute Farbwiedergabe + hohe Lichtausbeute	Endoskopie → Filter für IR