Studiengang Mechatronik

Modul 5 – Konstruktion 1:

Fertigungstechnik

12. Vorlesung: Wiederholung / Übung

Prof. Dr. Enno Wagner

8. Februar 2024

Agenda

Übersicht

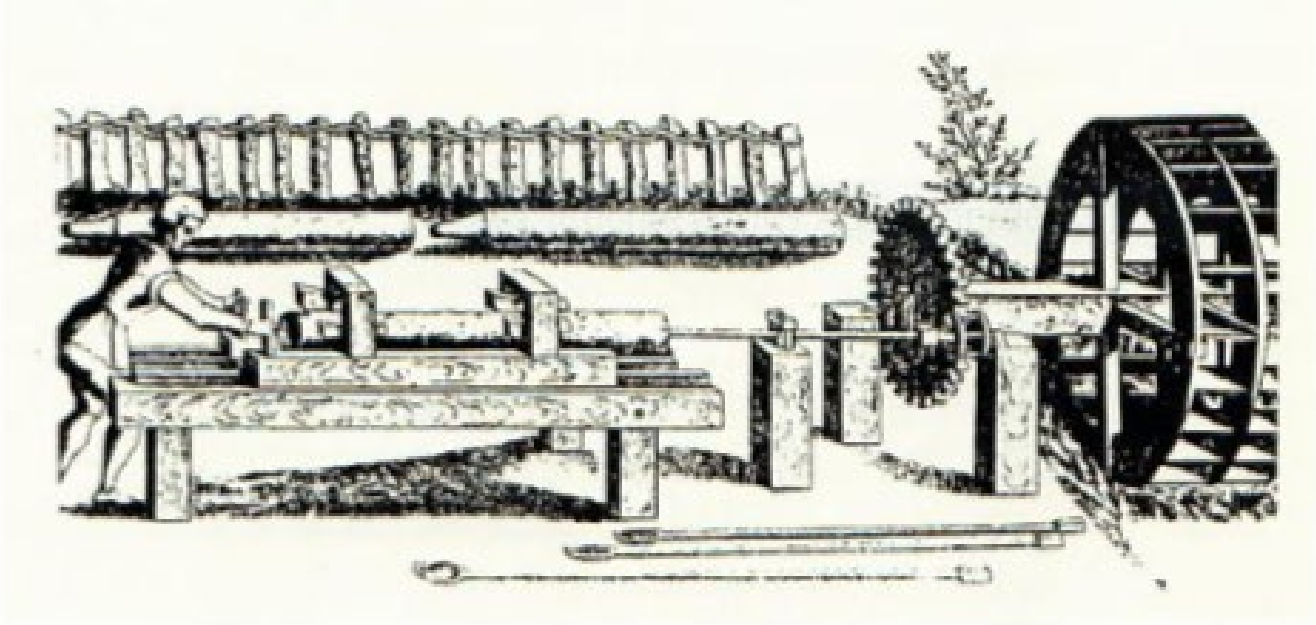
<u>Hauptgruppen nach DIN 8580</u>

- Wiederholung Fertigungsverfahren
- Übersicht Oberflächengüte
- Beschreibung einzelner Verfahren

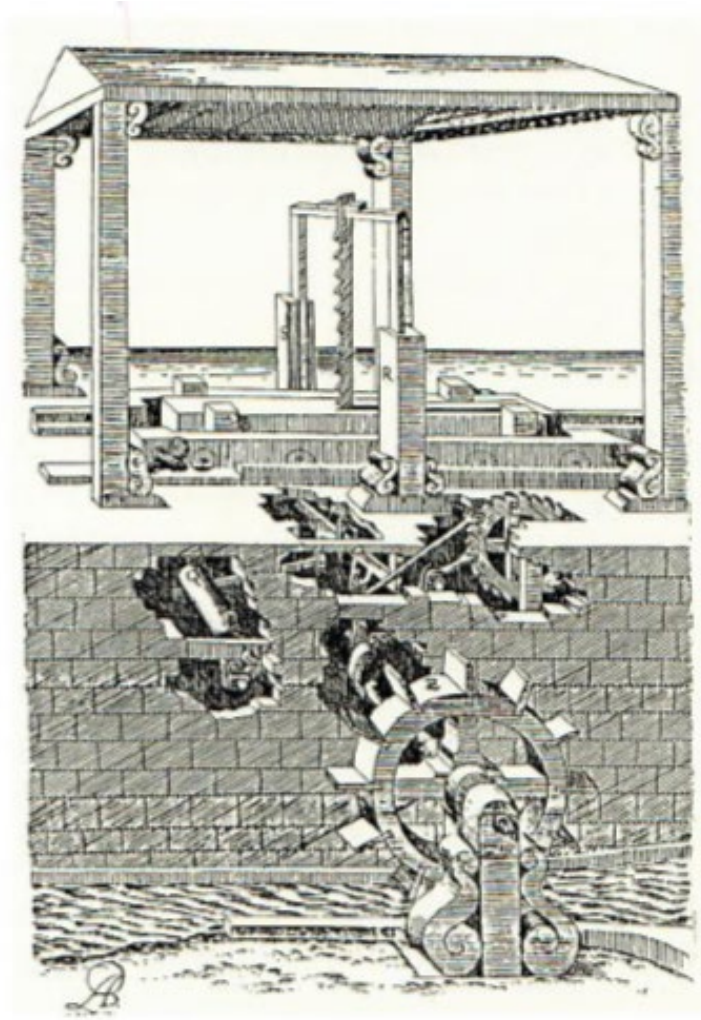
Geschichte
Der Fertigungstechnik

Fertigungstechnik in der Renaissance

Erste Werkzeugmaschinen



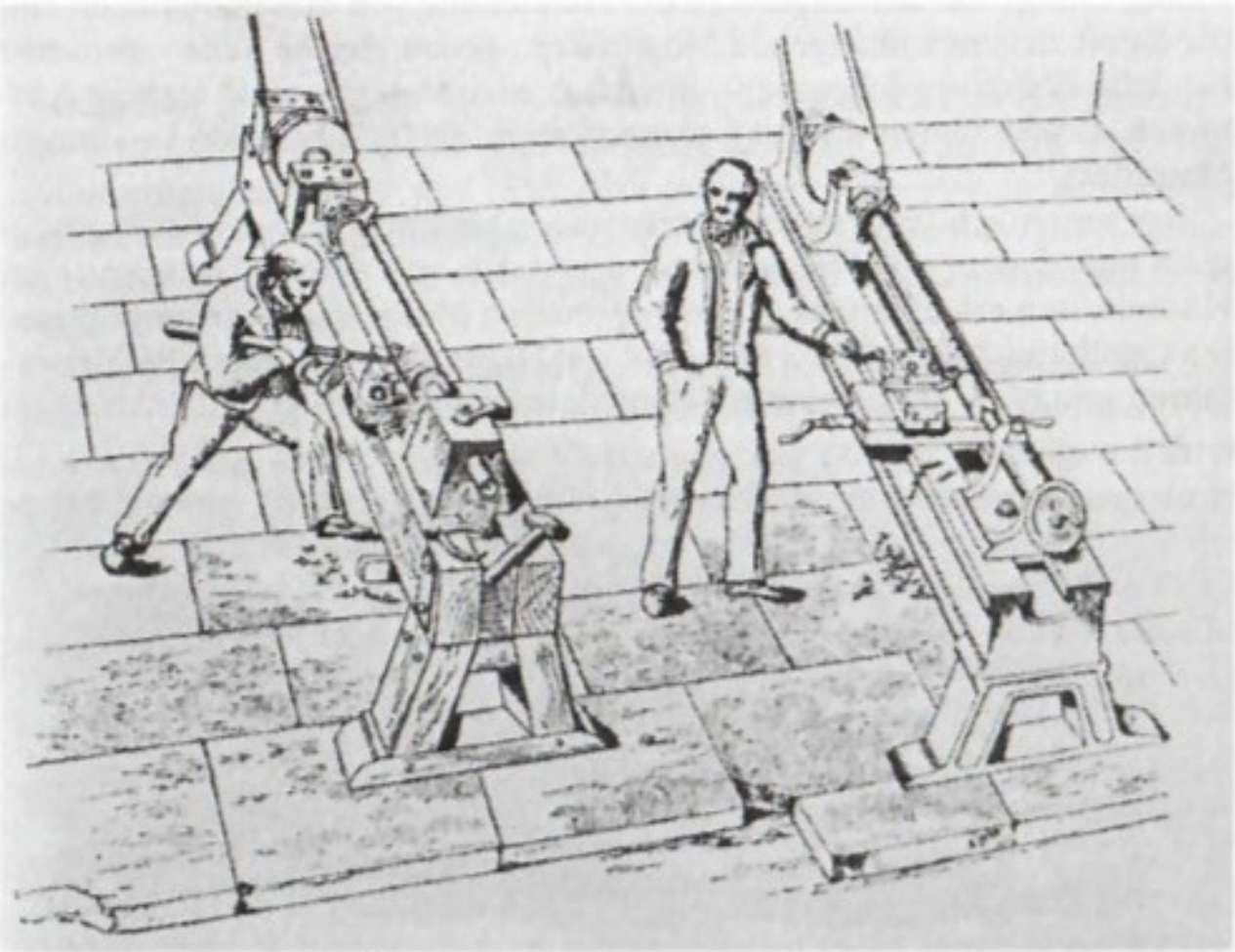
Von einem Wasserrad angetriebene Maschine zum Längsdurchbohren von Baumstämmen (für Wasserleitungen), vorgestellt von dem französischen Ingenieur Salomon de Caus in: »Les raisons de forces mouvantes«, 1615



Darstellung einer Gattersäge in dem Werk »Schatzkammer Mechanischer Künste« des königlich-französischen und polnischen Ingenieurs Augustini de Ramelli aus dem Jahr 1620: ». . . Wie man mit Hülffe eines Flußes grosse stücke Höltzer zersegen und darvon Dielen oder Bretter leichtlich schneiden könne . . .«; das Wasserrad bewegt nicht nur das Sägeblatt, es bewirkt auch den Vorschub des zu bearbeitenden Holzstücks

Quelle: Chronik der Technik, Chronik Verlag 1989

Industrialisierung der Fertigungstechnik

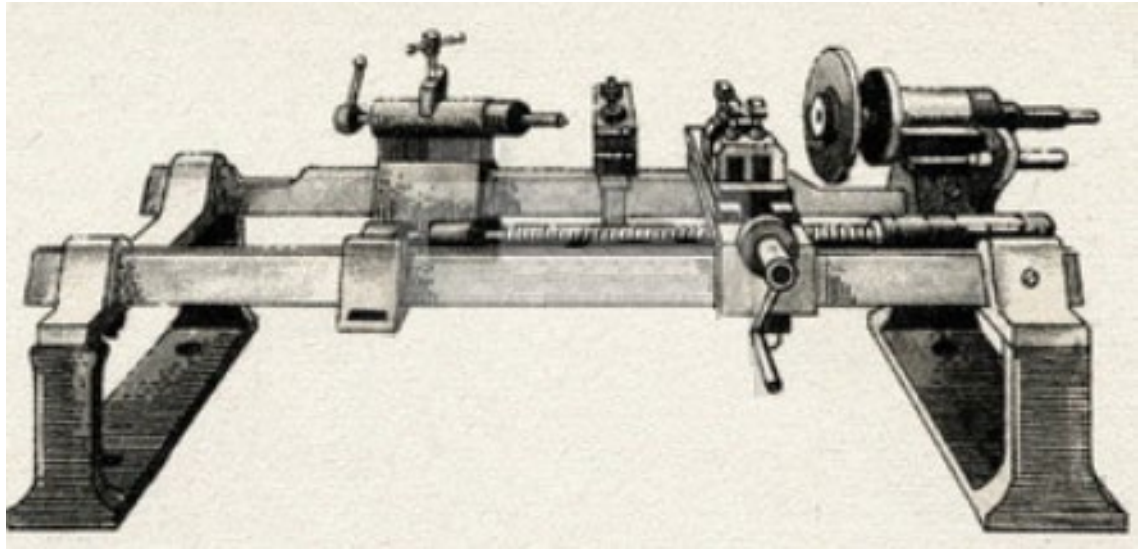


60: Handstahl und Maudslaysche Supportdrehbank. Zeichnungen, 1840.

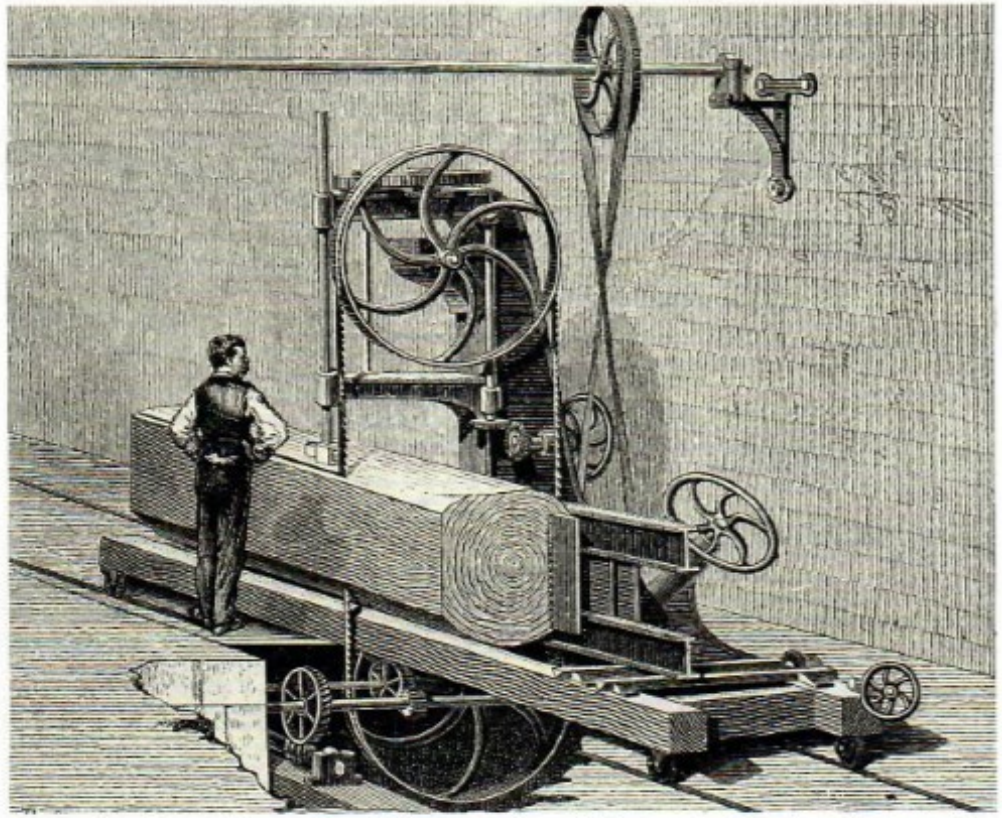
- James Watt, 1765: doppelt wirkende, umlaufende Dampfmaschine mit Kondensator
- John Wilkinson, 1776: Zylinderbohrwerk für James Watts Dampfmaschine
- **Henry Maudslay**, um 1800: Support-Drehbank ganz aus Stahl
  - Einfache Bedienung für ungeschulte
  - Genormte Schrauben
  - Fabrik für Dampfmaschinen

Quelle:
Friedrich Klemm: Geschichte der Technik, Teubner 1998

Industrielle Fertigungsmaschinen



Erste Gewinde-Drehbank von Maudslay um 1797



Dampfkraftgetriebene Bandsäge aus dem frühen 19. Jh.; die Leistung der Dampfmaschine wird per Wellen- und Riementransmission übertragen

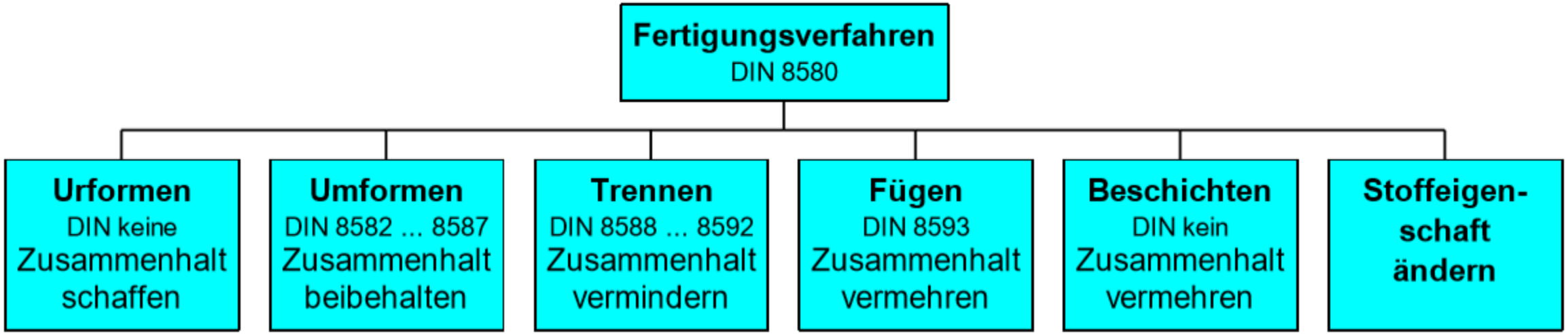
Untergliederung der Fertigungsverfahren

Hauptgruppen nach DIN 8580

DIN 8580

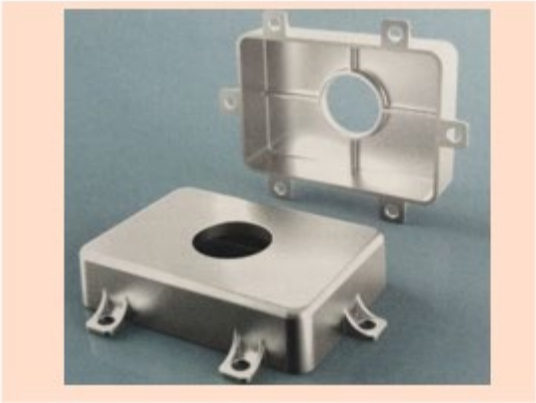
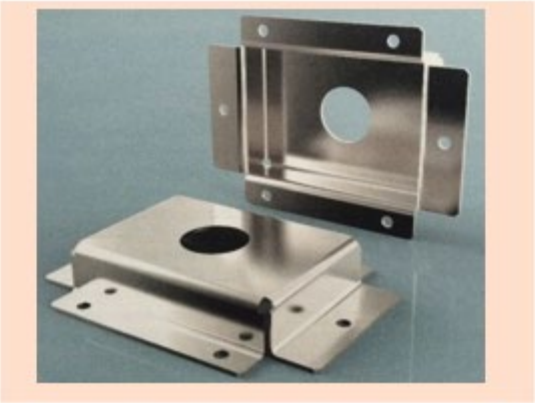
Fertigungsverfahren

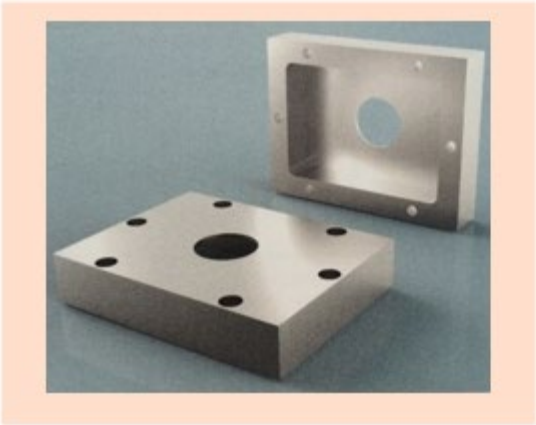
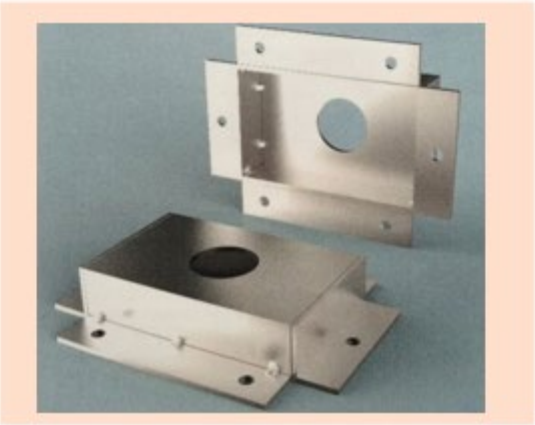
Einteilung in 6 Hauptgruppen nach DIN 8580



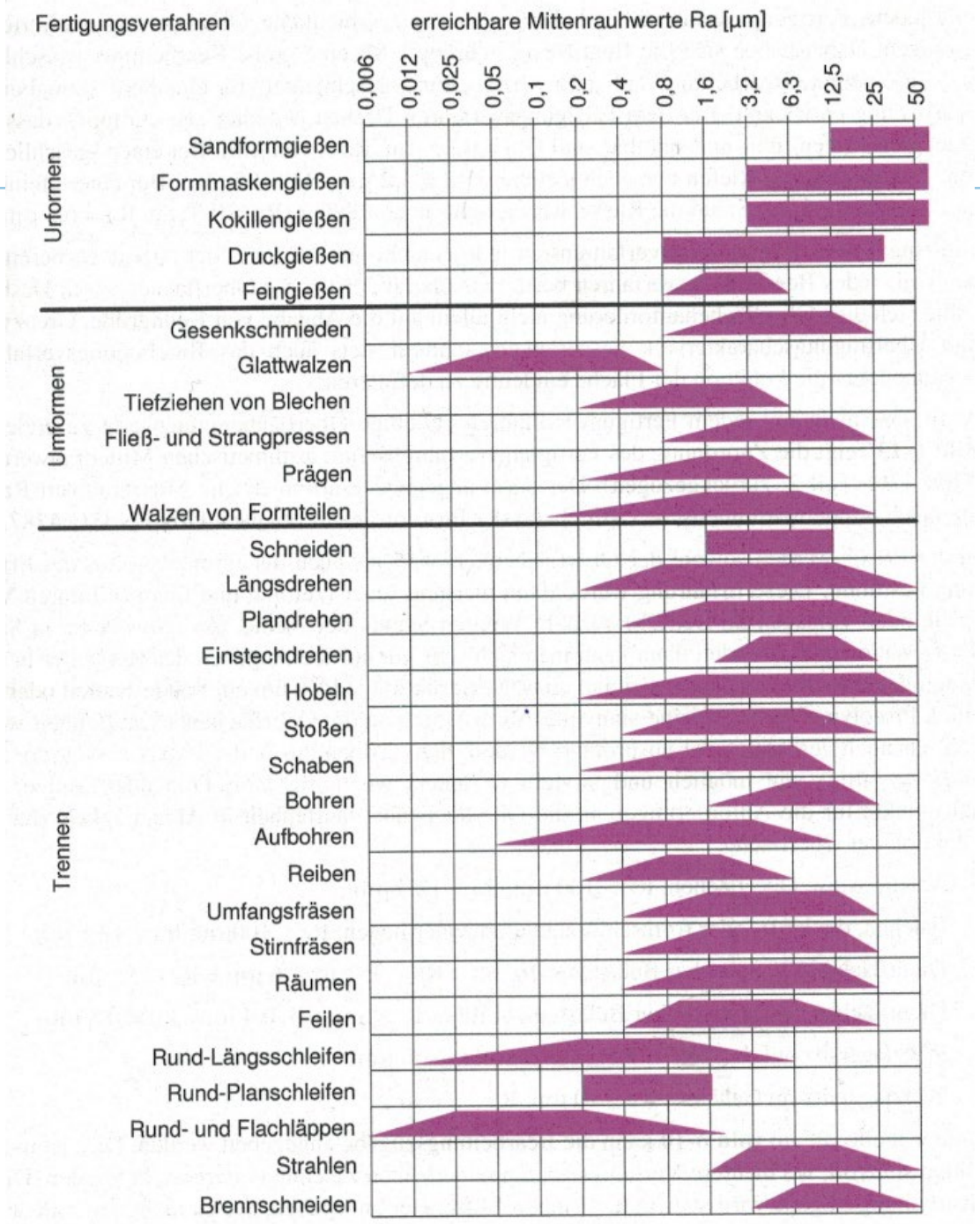
Quelle: Skript Prof. H. Albrecht, Frankfurt AUS, WS 16/17

Herstellvarianten

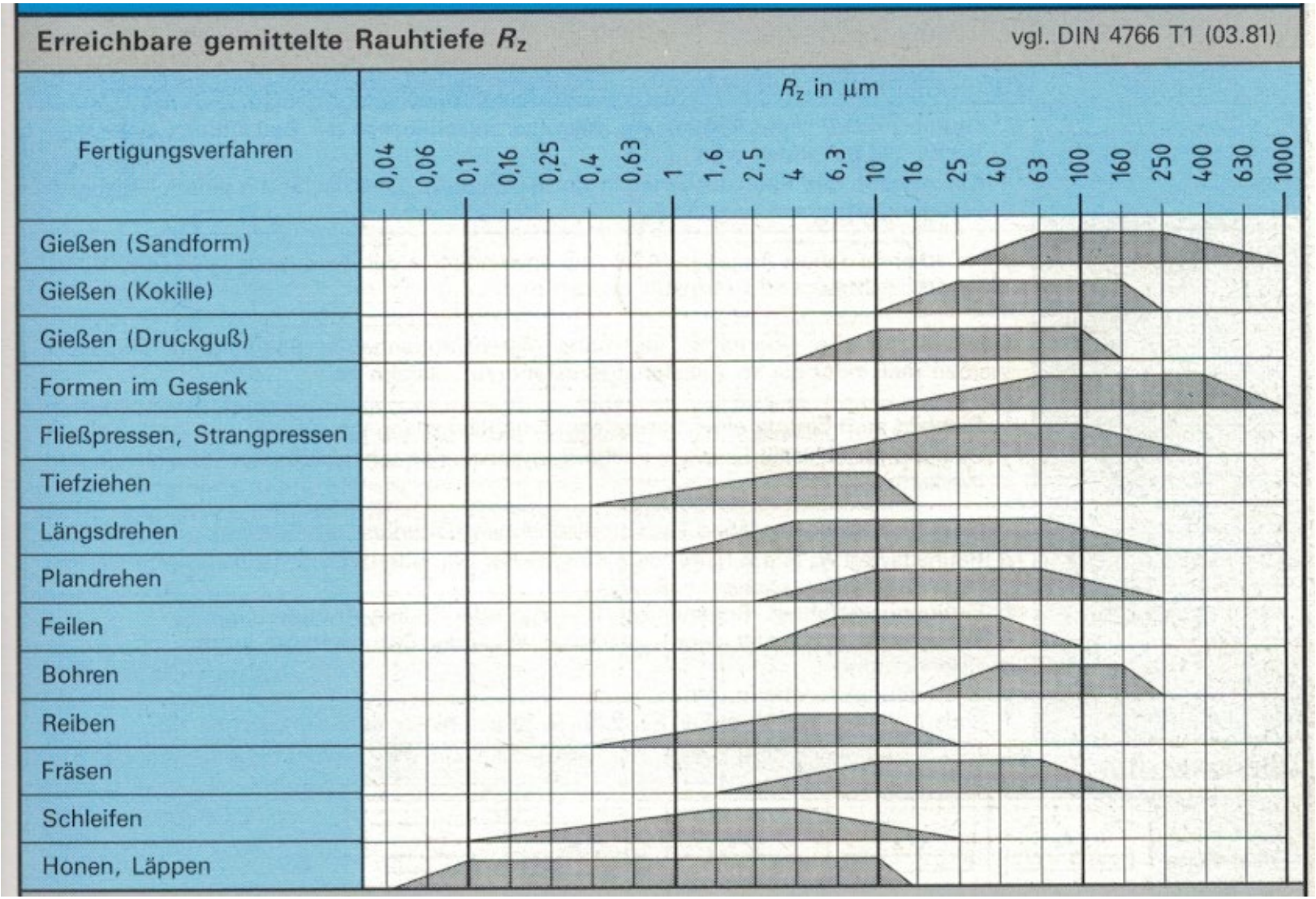



Mittenrauhwerte Ra unterschiedlicher Fertigungsverfahren



Rautiefen Rz unterschiedlicher Fertigungsverfahren

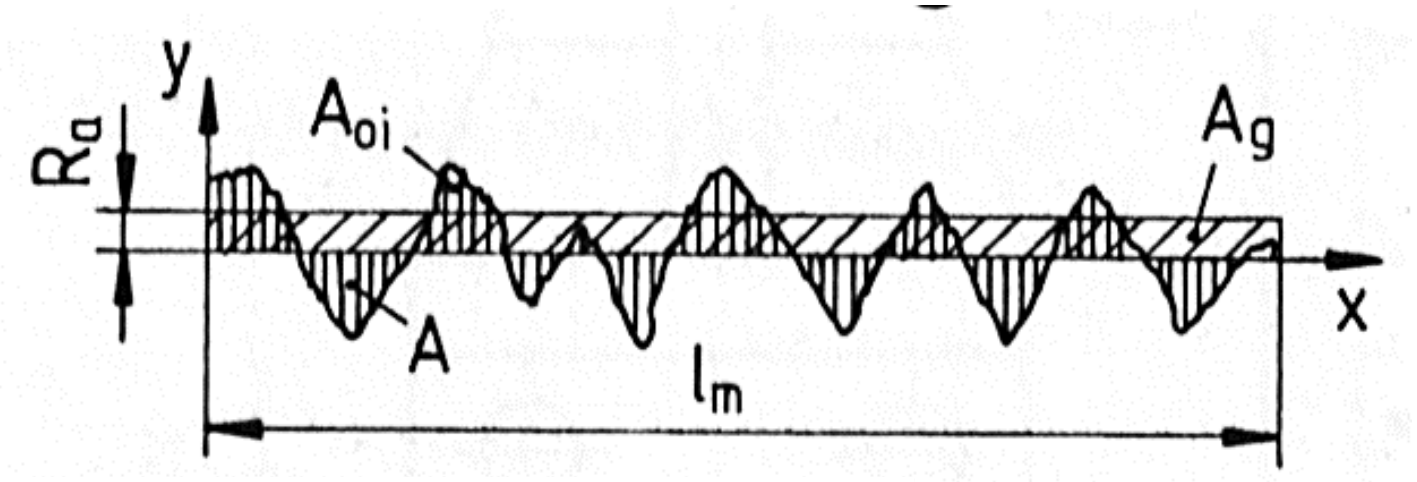


Oberflächensymbole

1.7	a	Die angegebene Oberflächenbeschaffenheit kann durch jedes Fertigungsverfahren erreicht werden.
1.8	a	Die angegebene Oberflächenbeschaffenheit kann durch ein beliebiges Verfahren der Materialabtrennung erreicht werden.
1.9	a	Die angegebene Oberflächenbeschaffenheit wird durch ein beliebiges anderes Verfahren aber nicht durch Materialabtrennung erreicht.
1.10	a gefräst	Die angegebene Oberflächenbeschaffenheit soll durch ein besonderes Verfahren nämlich durch Fräsen erreicht werden.
1.11	2,5	Bezugsstrecke in mm für die Rauheitsmessung, nicht bei R_a- und R_z-Angaben.
1.12	⊥	Rillenrichtung der vorherrschenden Oberflächenstruktur senkrecht zur Projektionsebene der Ansicht.

Quelle: Hoischen

Rauheitsmessgrößen



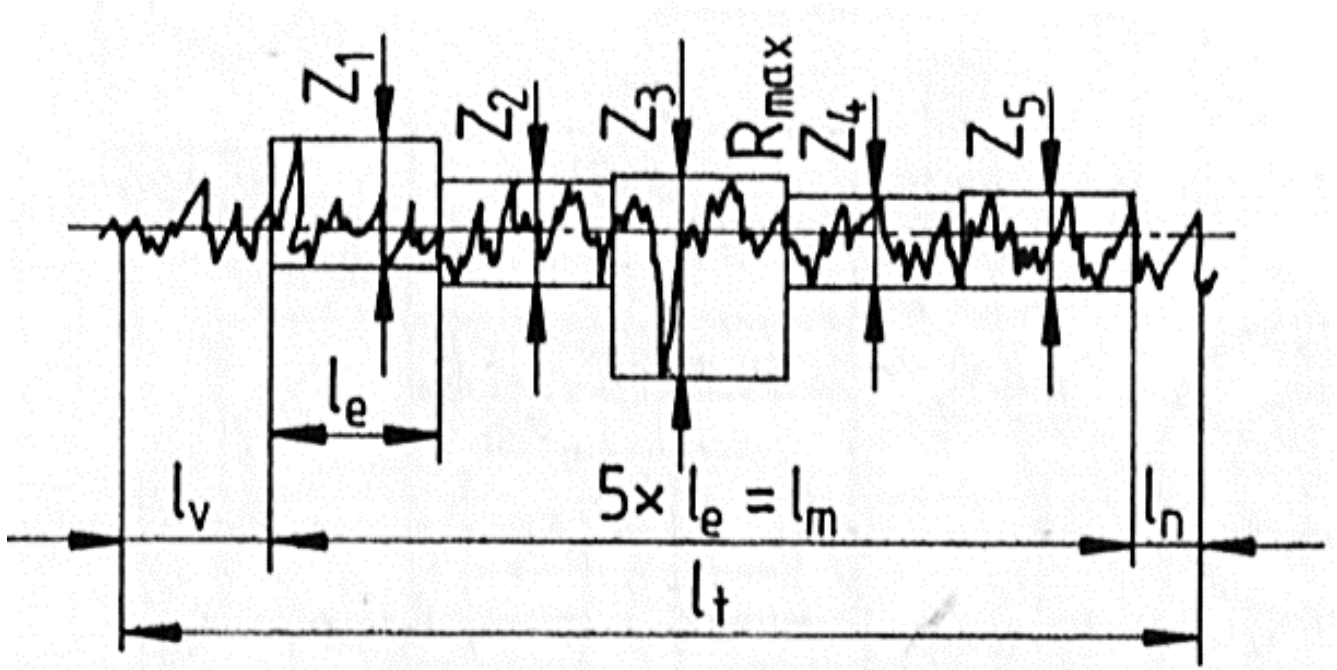
Oberflächenprofil

- DIN ISO EN 4768

Mittenrauhwert R_a (µm) ist der arithmetische Mittelwert der absoluten Beträge der Abstände y des Rauheitsprofils von der mittleren Linie innerhalb der Meßstrecke.

Quelle: Hoischen

Rauheitsmessgrößen



Gemittelte Rauhtiefe R_z

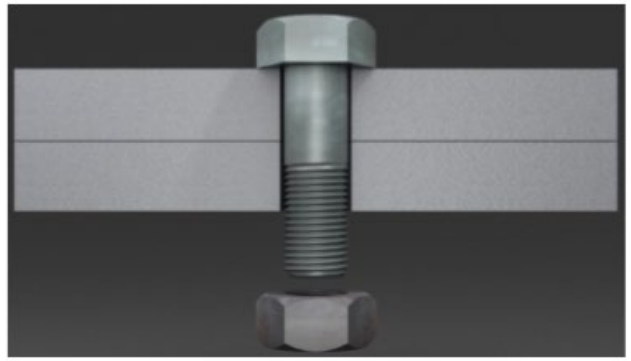
· Gemittelte Rauhtiefe R_z (µm) ist das arithmetische Mittel aus den Einzelrauhtiefen fünf aneinandergrenzender Einzelmeßstrecken,

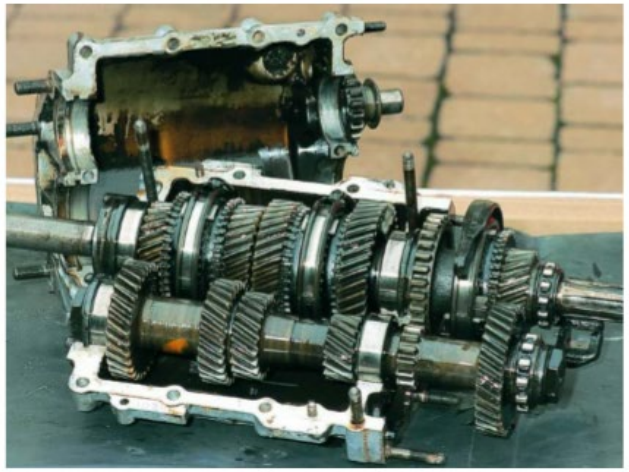
$$R_z = \frac{1}{5}(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$$

Quelle: Hoischen

Richtwerte für Rautiefen

- funktionslose Oberflächen
  - $R_z > 100\ \mu m$ / $R_a > 12{,}5\ \mu m$
- kraft-oder formschlüssig aufeinander liegende Flächen
  - $R_z \leq 100\ \mu m$ / $R_a \leq 12{,}5\ \mu m$
- Dichtflächen bei statischer Belastung
  - $16\ \mu m < R_z < 25\ \mu m$
  - $1{,}6\ \mu m < R_a < 3{,}2\ \mu m$
- Dichtflächen bei dynamischer Belastung
  - $4\ \mu m < R_z < 6{,}3\ \mu m$
  - $0{,}4\ \mu m < R_a < 0{,}8\ \mu m$
- Wälzlagersitz auf Welle
  - $R_z \leq 6{,}3\ \mu m$ / $R_a \leq 1{,}6\ \mu m$
- Wälzlagersitz im Gehäuse
  - $R_z \leq 10\ \mu m$ / $R_a \leq 3{,}2\ \mu m$

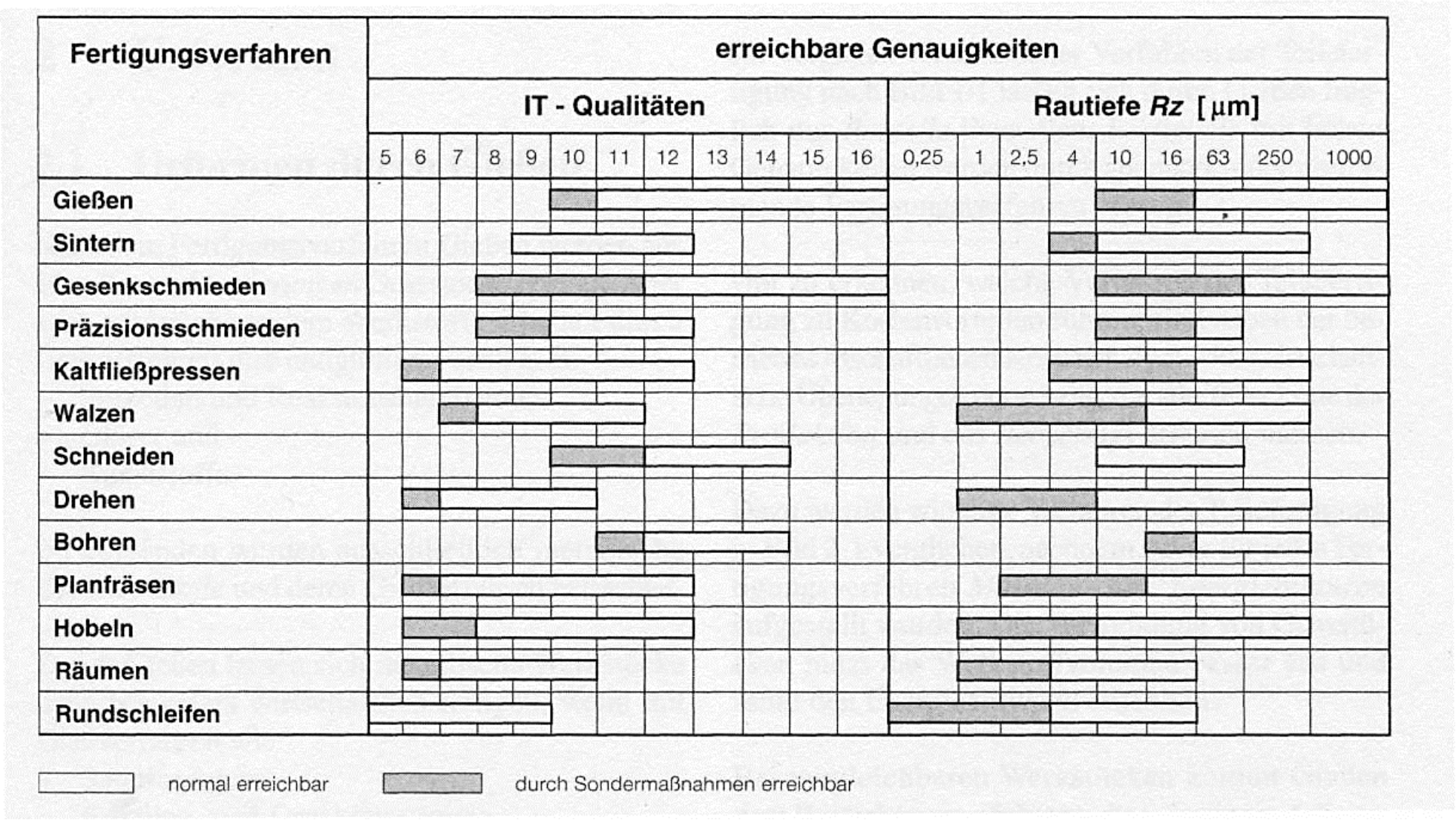




Bildquelle:
Lehrveranstaltung CAD,
Hochschule Anhalt,
Thomas Gläser, M.Eng

Genauigkeit Fertigungsverfahren

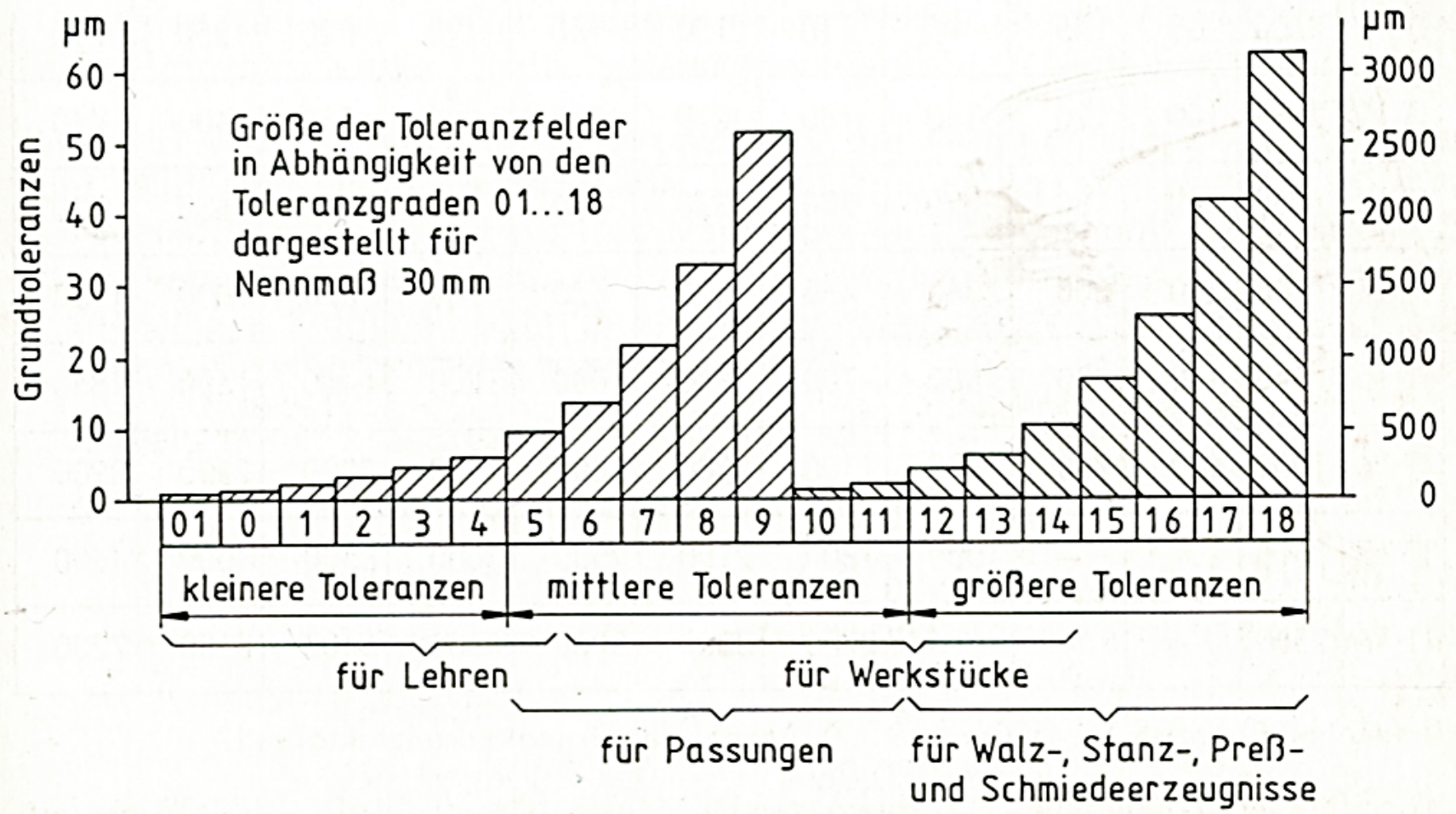
Übersicht



Anwendung ISO Toleranzgrade und Herstellung

	Kleine Toleranzen	Mittlere Toleranzen	Große Toleranzen
Grundtoleranzgrade	01 0 1 2 3 4	5 6 7 8 9 10 11	12 13 14 15 16 17 18
Anwendungsgebiete	Prüflehren	Bearbeitete Werkstücke	Nicht für Passmaße
	Arbeitslehren	Maschinen-bau	Gezogene, gewalzte Teile Gegossene, geschmiedete Teile
Fertigungsverfahren	Läppen, Honen	Schleifen, Reiben, Fräsen, Drehen	Walzen, Schmieden, Pressen

Toleranzgrade

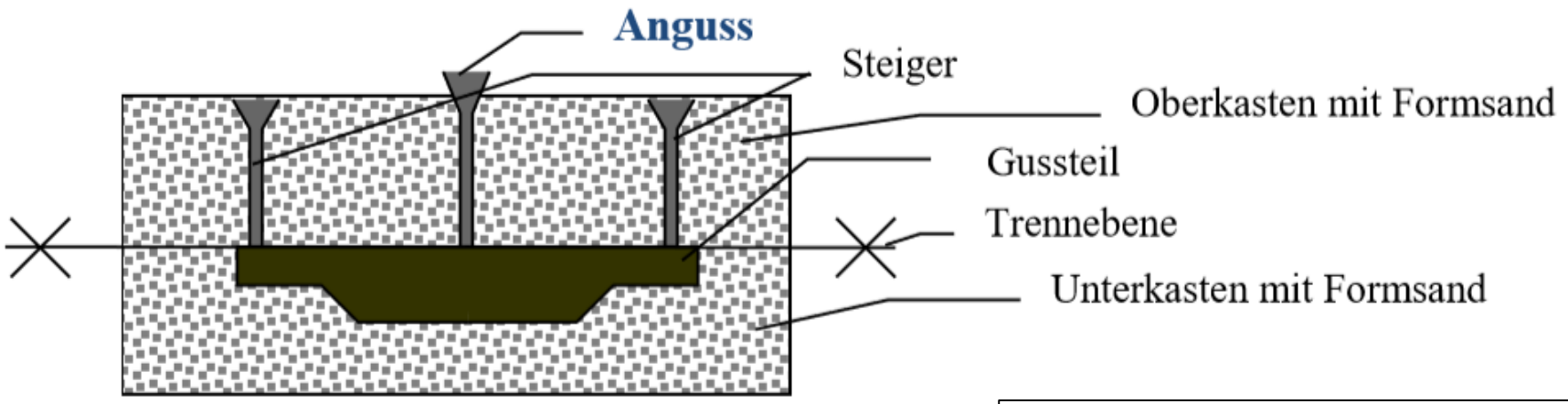


161.2 Grundtoleranzen (Maßtoleranzen) bestimmen die Größe der Toleranzfelder

1. Urformen

Urformen: Gussverfahren

Sandguss



Kleine bis mittlere Stückzahlen

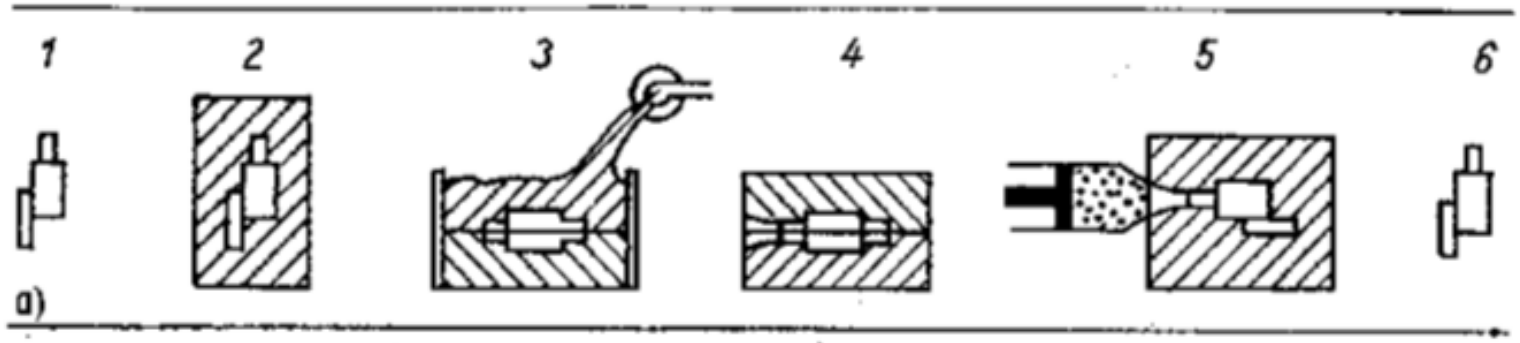
Verfahren:
Ein Hohlraum, geformt mittels eines Modells (hat die Form des zu fertigenden Teils aus z. B. Holz) in speziellen Formsand wird mit flüssigem Werkstoff ausgefüllt. Die Form muss für jedes Teil neu erstellt werden. Die Modelle müssen bevor der flüssige Werkstoff eingefüllt wird aus geformt werden → es dürfen keine Hinterschneidungen am Modell vorhanden sein.

Feinguss (Ausschmelzverfahren)

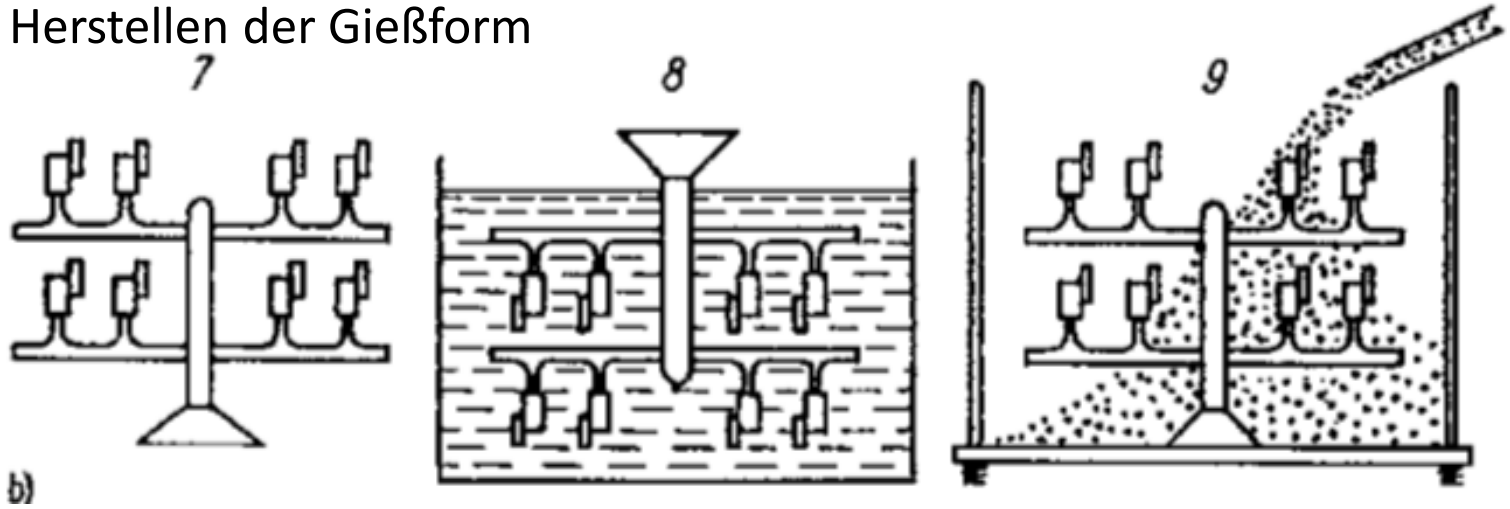
Präzisionsgießverfahren

Verwendung von einteiligen Gussformen und „verlorenen Modellen“, die aus einem ausschmelzbarem Werkstoff bestehen.

a) Anfertigen des Modells



b) Herstellen der Gießform

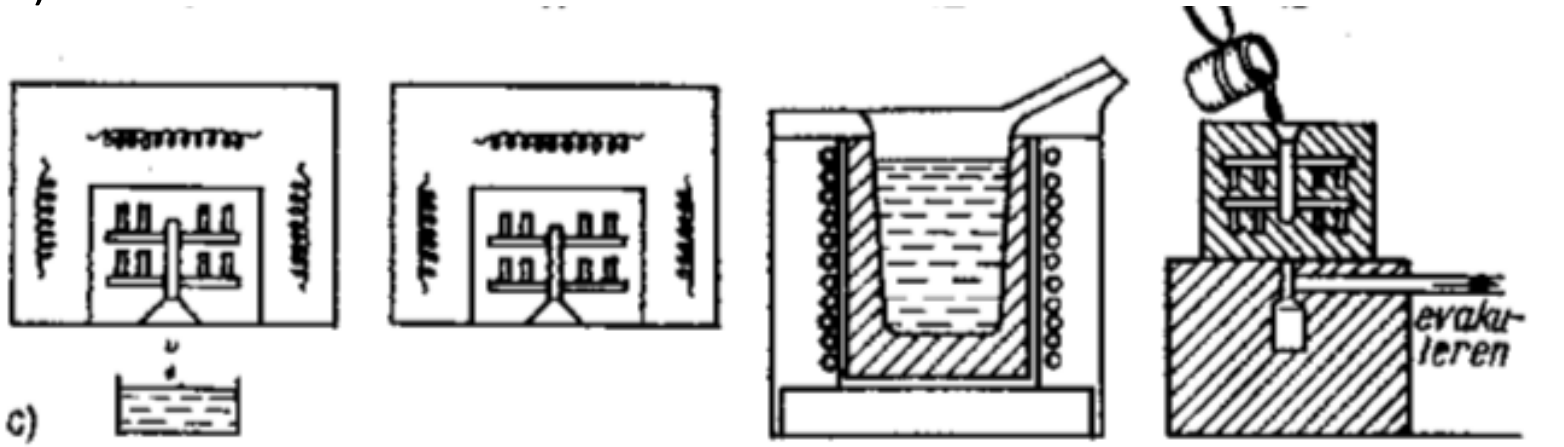


1 Muttermodell
2 in Gips einbetten
3 Guß der ersten Kokillenhälfte in Weichmetall
4 Weichmetallkokille
5 Wachs einspritzen
6 Wachsmodell

7 vollständige Traube
8 Tauchen in feuerfeste Überzugsmasse
9 Einfüllen der Formmasse und Rütteln

Feinguss (Ausschmelzverfahren)

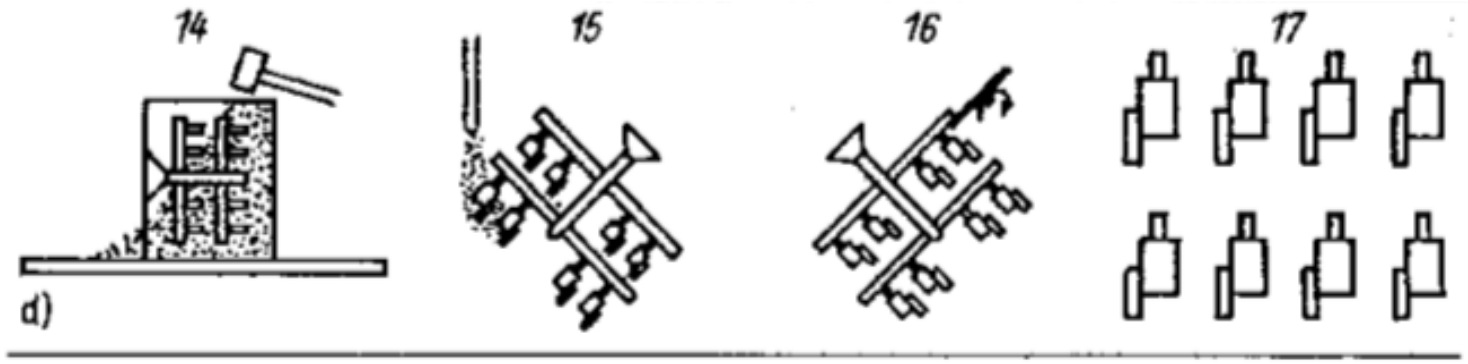
c) Vorbereiten zum Gießen und Einfüllen der Schmelze



10 Wachsausschmelzen
11 Brennen
12 Metallschmelzen
13 statisches Gießen unter Vakuum

14 Ausschlagen des Gusses
15 Sandstrahlen
16 Abtrennen der Gußteile
17 fertige Gußteile

c) Vorbereiten zum Gießen und Einfüllen der Schmelze



- Präzisionsteile in **mittlere Stückzahlen**
- geringe oder **keine Nacharbeit**
- für einteilige Gussformen (Schmuckwarenfertigung)
- **kleinste Teile** auch für mittlere Stückzahlen
- Präzisionsteile mit **glatten Oberflächen**

Schwerkraft Kokillen-Guss

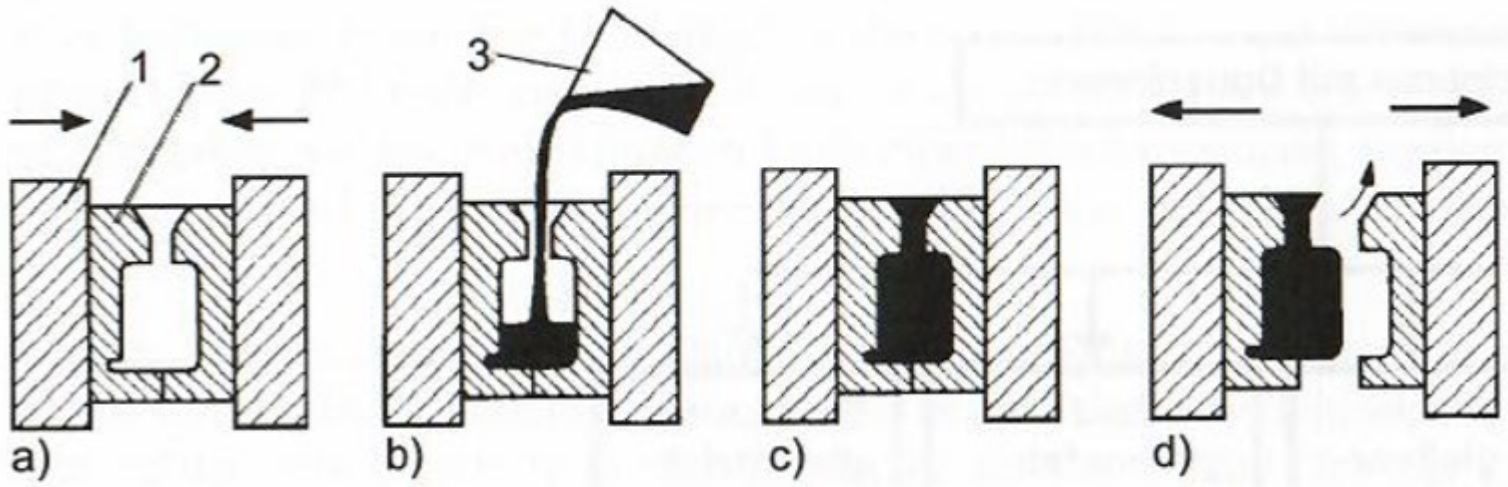


Bild 2.17: *Verfahrensablauf des Schwerkraftkokillengießverfahrens*

a) Schließen der Kokille b) Abgießen c) Erstarren des Gussteils d) Gussentnahme
1 Kokillenaufspannplatte, 2 Kokille, 3 Gießpfanne

Quelle:
Awiszus, et al.: Grundlagen der Fertigungstechnik, Hansa 2016

Druckgießen

- Beim Druckgießen werden hauptsächlich Nichteisenmetalllegierungen unter Druck in Dauerformen vergossen.
- Je nach Temperatur der so genannten Druckgießkammer werden Kaltkammerverfahren und Warmkammerverfahren unterschieden.
- Die wichtigsten Druckgusslegierungen sind Aluminium-Silicium-Legierungen und Magnesium-Aluminium-Legierungen.

Kaltkammer-Verfahren

- Die Schmelze wird **chargenweise** aus einem **Dosierofen** in die Gießkammer eingefüllt.
- Kaltkammer-Verfahren werden für **Aluminium- Kupfer- und Magnesium**-Legierungen angewandt.

Warmkammer-Verfahren

- Die Schmelze befindet sich im an die Druckgießeinheit **angeflanschten Stahl-Warmhaltetiegel**.
- Warmkammer-Verfahren werden für **Magnesium-, Zinn-, Zink- und Blei-**Legierungen angewandt, da diese nicht aggressiv gegen die Gießeinheit sind.

Druckguss

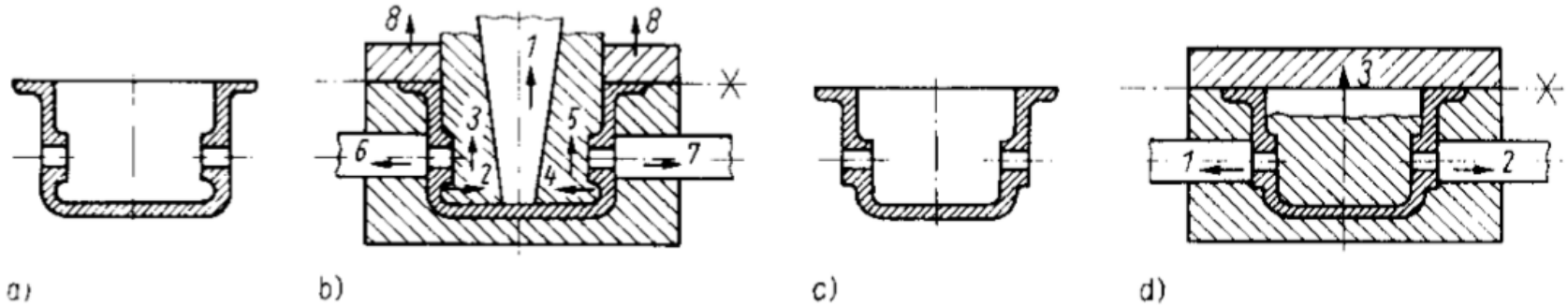


Bild 4.5 Möglichkeiten der Werkzeugkonstruktion für Druckguß (nach *Lieby*)

- **Hohe Werkzeugkosten**
- **Mindeststückzahl: 50.000**
- **Automatisiertes Verfahren**
- **Hohe Arbeitsgeschwindigkeit: 500 pro h**

⇒ geringe oder keine Nacharbeit
⇒ gute Festigkeit
⇒ saubere Oberflächen
⇒ sehr hohe Maßgenauigkeit; kleinere Toleranzen
⇒ geringe Wandstärken
⇒ komplizierte Gussgestaltung:
-Einlegeteile einbringbar → Lagesicherung berücksichtigen
-Gewinde gießbar → Einlegen einer Schraube, die nach dem Abguss herausgedreht wird
→ Einlegen einer Schraube, die im Gussteil verbleibt
⇒ automatisierte Arbeitsabläufe; hohe Arbeitsgeschwindigkeit bis 500 Schuss pro Stunde
⇒ hohe Werkzeugkosten → Mindeststückzahl > 50000

Stranggießen

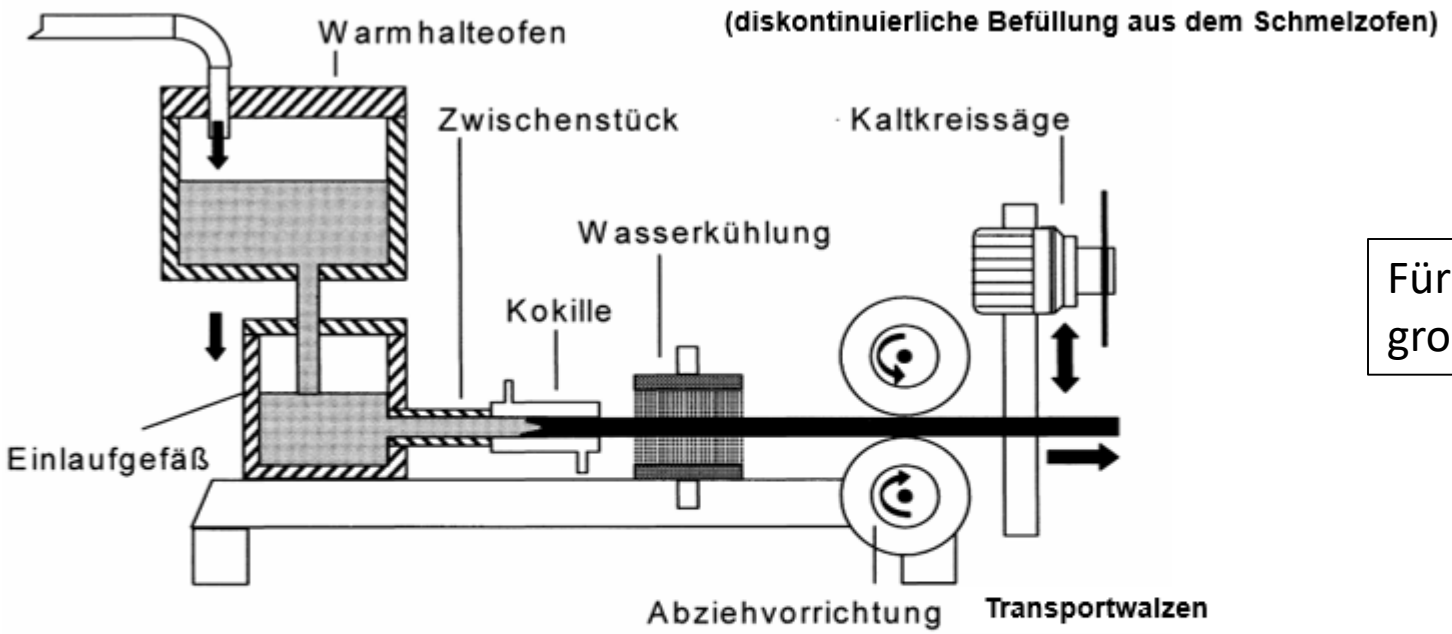
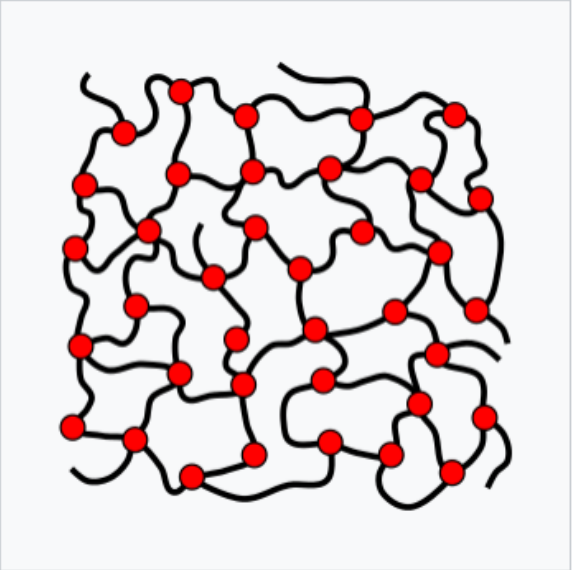


Abbildung 4.59: Prinzip einer Stranggießanlage [SPU81]

Für mittlere und große Stückzahlen

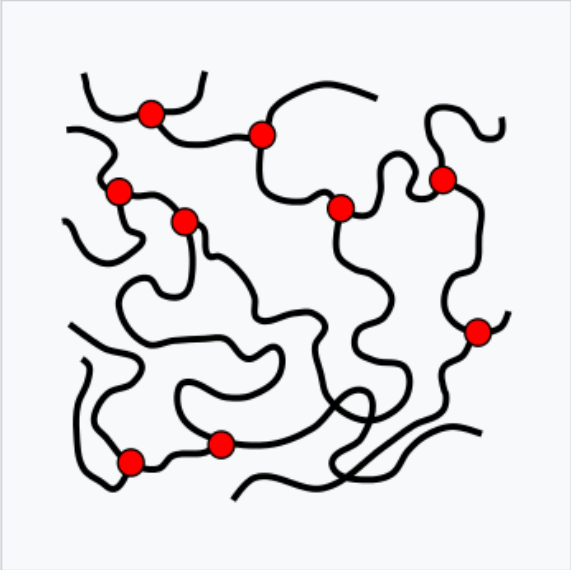
Unterteilung Kunststoffe

Duroplaste



Duroplaste bestehen aus engmaschig vernetzten Polymeren. Vernetzungen sind in der Abbildung als rote Punkte dargestellt.

Elastomere



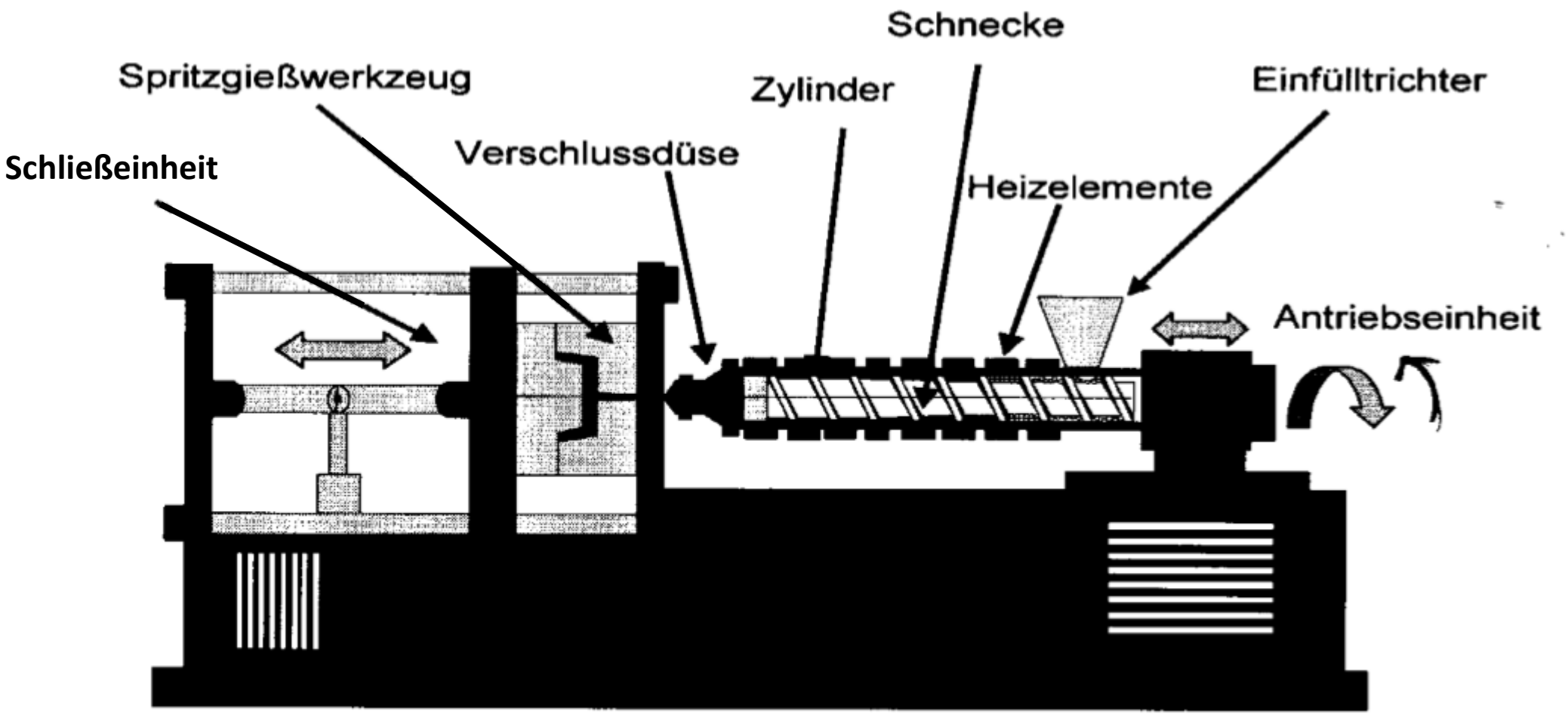
Elastomere bestehen aus weitmaschig vernetzten Polymeren. Die Weitmaschigkeit erlaubt unter Zugbelastung eine Streckung des Materials.

Thermoplaste

Thermoplaste bestehen aus unvernetzten Polymeren, oft mit einer teilkristallinen Struktur (rot dargestellt). Sie haben eine Glastemperatur und sind schmelzbar.

Quelle:
Wikipedia

Spritzgießen



Übersicht Gussverfahren

Verfahren für den Metallguss

nach Krause, FERT, S 32 T 4.2.

Verfahren	Formwerk-stoff	Gusswerk-stoffe	Abgüsse je Form	max. Masse der Gussteile in kg	wirt-schaftl. Mindest stückzahl	erreichbare Genauigkeit in %	min. Wand-stärke in mm
Sandguss	Quarzsand mit Binde-mit-teln	Eisen u. Stahl Leichtmetalle Schwer-metalle	1	1000	20 ... 10	1 ... 2	3 ... 4
Kokillen-guss	Metall, Ke-ramik	Stahl, Metalle $\vartheta_S < 1000°C$	1000	15	500 ... 100	0,3 ... 1	2 ... 3
Feinguss	Keramik	Eisen u. Stahl Leichtmetalle Schwermetal-le	1	5	15	≈ 0,15	1
Druckguss	hochwertige legierte Stähle	NE-Metalle	50 000 - 500 000	30 .. 300	3000 ... 500	0,1 ... 1	0,5 ... 3

Guss-Werkstoffe

Verfahren ohne Druck

Werkstoffe für den Metallguss ohne Druck nach Krause, FERT, S. 40 T 4.4.(Auswahl)

Werkstoff	Eigenschaften	Anwendung
Eisengusswerkstoffe		
Eisen-Kohlenstoff - Gusswerkstoff mit Lamellengraphit GG-1.. 35	gut gießbar, geringere Festigkeit, gute Verschleißeigenschaften	Teile im allg. Maschinenbau; Maschinengestelle, Lager
Eisen-Kohlenstoff - Gusswerkstoff mit KugelgraphitGGG-50	sehr gut gießbar; hohe Festigkeit, gut schweißbar	für Sandgussteile mit stahlähnlichem Charakter und Teile, die gleitendem Verschleiß ausgesetzt sind
Stahlguss	zäh; für Einsatzhärtung geeignet; gut schweißbar; schmiedbar	Zahnräder, Kettenräder, Ventile, Hebel, Getriebeteile, Lagerschalen, Kupplungsteile

Guß-Werkstoffe

Schwermetallgusswerkstoffe		
Gussbronze (G-CuSn10Zn)	hohe Festigkeit und Härte; verschleißfest; korrosionsbeständig	hochbeanspruchte Gleitlager, Schneckenräder
Gussmessing (G-CuZn33Pb)	sehr gut gießbar; für Sandguss	Teile mit elektr. Leitfähigkeit, Hochdruckarmaturen, hochbeanspruchte Gleitlager, Gehäuse
Feinzinkguss (GK-ZnAl6Cu1)	gute Festigkeitswerte, für Kokillenguss	gießtechnisch schwierige Teile
Leichtmetallgußwerkstoffe		
Al-Gusslegierung (G-AlSi6Cu4)	gut gieß- und bearbeitbar	Teile mit normaler (außer Stoß-) Belastung
Al-Gusslegierung (G-AlSi10Mg)	gut polierbar, gut witterungsbeständig	Druckgussteile aller Art
Al-Gusslegierung (G-AlSi5Mg)	sehr gut gießbar, gut schweißbar,	komplizierte, dünnwandige, schwingungsfeste Teile für sehr hohe mechan. Beanspruchung z.B. Getriebekästen, Zahnräder
Mg-Gusslegierung (G-MgAl8Zn1 ho)	gute Schwingungs- und Dauerbiegefestigkeit	Teile hoher Festigkeit z.B. Werkzeuge, elektromagnetische Schaltgeräte, Gehäuse für Motoren

Werkstoffe für den Druckguss

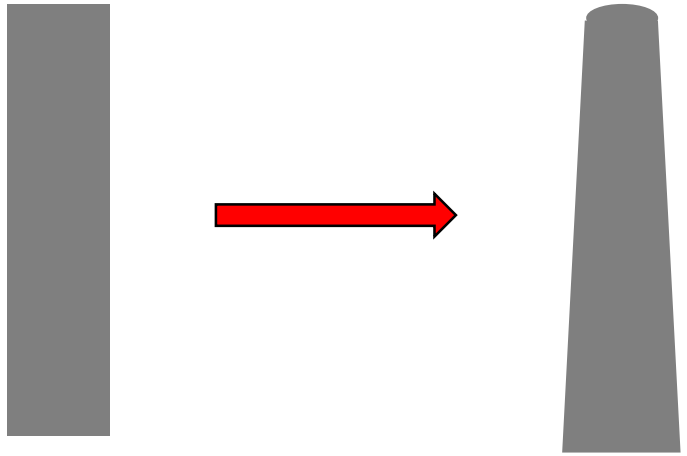
Druckgußwerkstoffe für den Metallguss nach Krause FERT, S. 42 T 4.5. (Auswahl)

Al-Druckgussleg. (GD-AlMg9)	sehr gut gießbar;	Teile aller Art z.B. Fotoapparate
Mg-Druckgussleg. (GD-MgAl9Zn1)	gut gießbar, hohe Festigkeit, gut korrosionsbeständig	dünnwandige Teile hoher Festigkeit z. B. Schreibmaschinenteile
Fein-Zn-Druckgussleg. (GD-ZnAl4)	sehr hohe Maßbeständigkeit, keine hohe Festigkeit	Teile in Messgeräten, Zählwerken, Büromaschinen, Uhren, Kinogeräten

Fertigungsgerechte Konstruktion

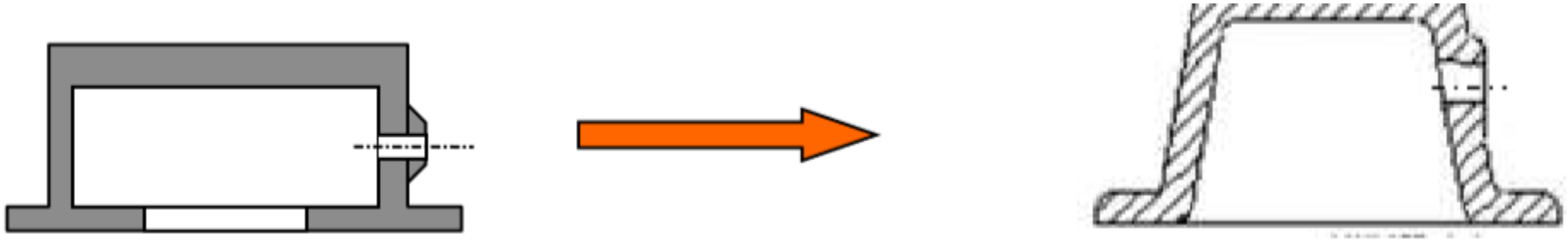
1.) Modell- und Formgerecht

- Einfache Geometrieformen wählen
- Keine scharfen Ecken und Kanten (Ziehen des Modelles, ohne das Sand abbröckelt)
- Rundungen r = 0,5 ... 1 s
- Zusammenlaufende Rippen (Knoten) auflösen
- Aushebeschrägen vorsehen (0,5 ... 3°)
- Hinterschneidungen und Kerne vermeiden



Fertigungsgerechte Konstruktion

- Maßzugabe durch Schwinden
- Hinterschneidungen und Kerne vermeiden
- Sind Kerne notwendig, sollen sie eine einfache Form haben mit ausreichender Festigkeit und Steifigkeit
- Werkzeugkonstruktion und Formenbau berücksichtigen

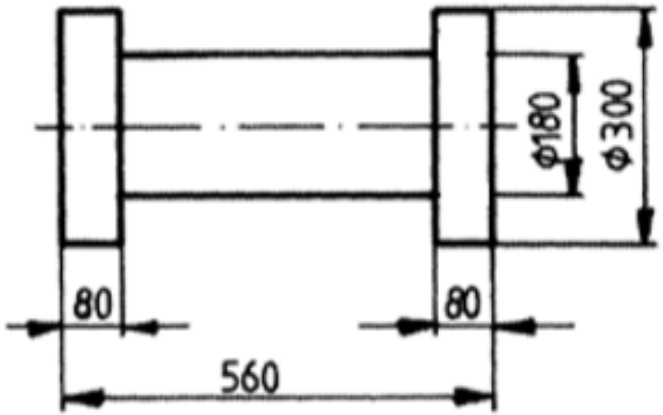


Verständnisfragen

Beispiel 1

Die abgebildete Walze aus Gusseisen soll durch Gießen hergestellt werden. Welche Gießverfahren sind jeweils anzuwenden, wenn Kundenaufträge von 1, 100 oder 100.000 Walzen bearbeitet werden sollen? Begründen Sie Ihre Entscheidung.

Skizzieren Sie eine entsprechende Gießform für das Gussstück mit allen wesentlichen Merkmalen.

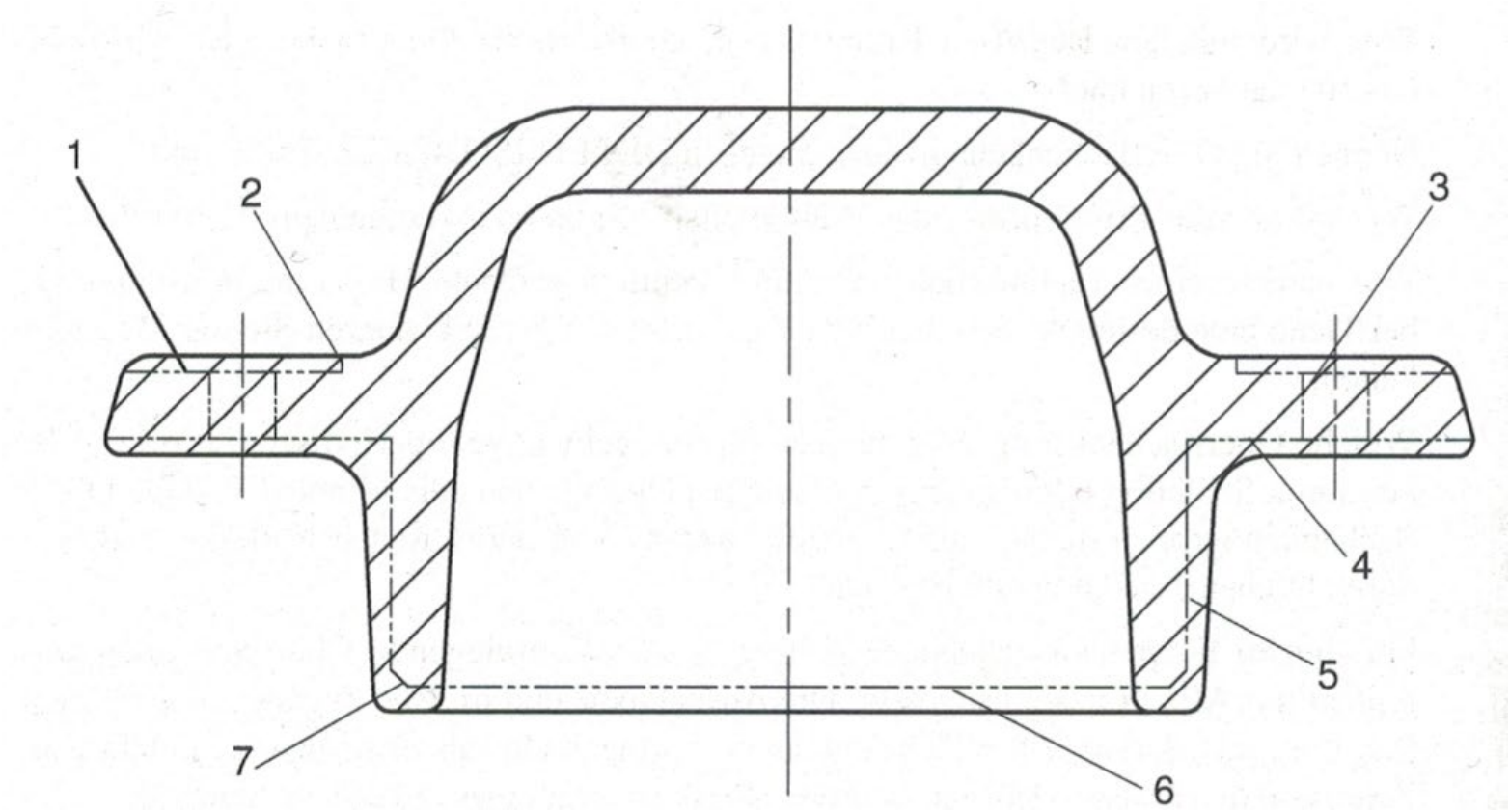


Verständnisfragen

Beispiel 2

Die Figur auf der nebenstehenden Abbildung soll als Gussteil in einer einmaligen Kleinserie von 50 Stück aus Messing hergestellt werden. Wählen Sie ein geeignetes Gießverfahren und begründen Sie Ihre Entscheidung. Beschreiben Sie den Fertigungsablauf.

Bearbeitung und Oberflächenangaben



Quelle:
Labisch, Wählisch,
Technisches Zeichnen,
Springer Verlag

zu 1: Diese Fläche dient als Auflagefläche für die Schraubenköpfe der Befestigungsschrauben. Aus diesem Grund wird eine gute Oberflächenbeschaffenheit gefordert (z. B. als arithmetischer Mittenrauwert Ra = 1,6 µm).

zu 2: Diese Fläche entsteht lediglich durch Abtragung bei der Erzeugung der mit 1 bezeichneten Fläche. Diese Fläche wird nicht weiter genutzt und erhält daher eine grobe Oberflächentoleranz.

zu 3: Die mit 3 bezeichnete Bohrung dient der Aufnahme von Schrauben, die den vorliegenden Deckel mit dem Gehäuse verbinden. Da über diese Fläche die Lage des Deckels in Bezug auf das Gehäuse nicht bestimmt wird und eigentlich die Befestigungsschrauben an keiner Stelle die Durchgangsbohrung berühren sollten, kann die mit 3 bezeichnete Fläche ebenfalls grob toleriert werden.

zu 4: Diese Fläche ist die Auflagefläche zwischen Deckel und Gehäuse. Entsprechend muss diese eine gute Oberflächenbeschaffenheit aufweisen.

zu 5: Die mit 5 bezeichnete Fläche dient der Zentrierung (Lagedefinition) zwischen Deckel und Gehäuse. Diese Fläche muss aus diesem Grunde ebenfalls eine gute Oberflächenbeschaffenheit aufweisen.

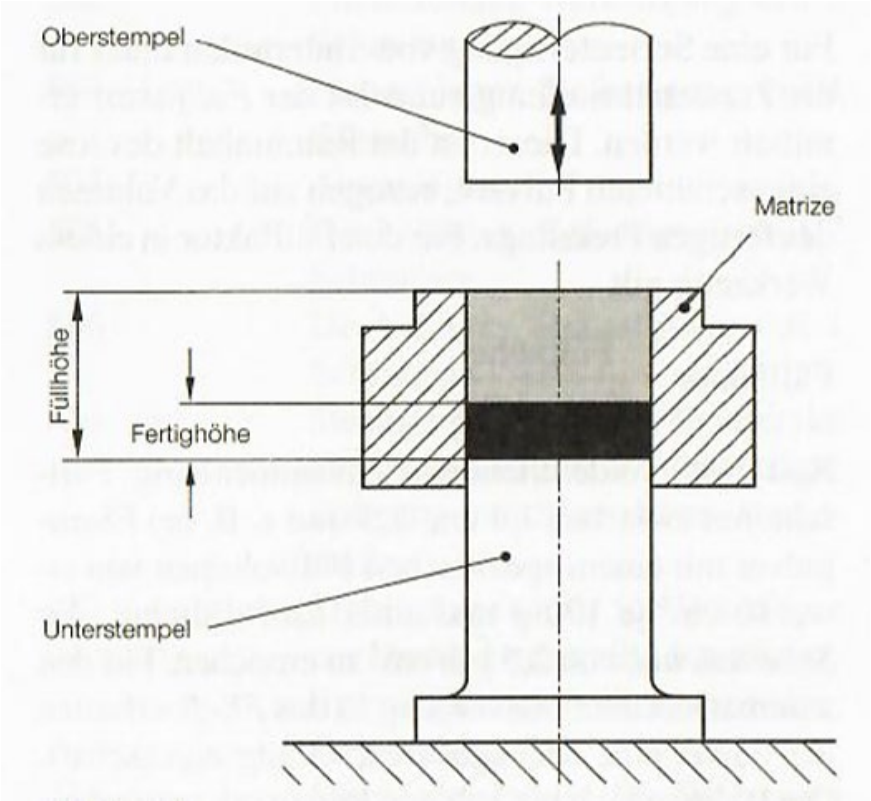
zu 6/7: Diese Flächen berühren im Einbauzustand keine weiteren Flächen, es sind also keine Funktionsflächen. Ihre Oberflächenbeschaffenheit ist entsprechend grob zu definieren.

Quelle:
Labisch, Wählisch, Technisches Zeichnen, Springer Verlag

Sintern

- Sintern der Formteile durch Wärmebehandlung in Glühöfen unter Schutzgas
- dadurch ergeben die Pulverteilchen einen festen Verband
- Korngröße: 0,1 ... 400 µm
- Nachbearbeitung: Beschichten, Stoffeigenschaft ändern, selten spanen
- Toleranzen: -+0,1 ... 0,05 mm (bei einfachem Sintern)
- wirtschaftliche Mindeststückzahl: 5.000 ... 10.000

Füllfaktor am Presswerkzeug



Quelle: Fritz, Schulze: Fertigungstechnik, Springer 2006

1.4 Pulvermetallurgie

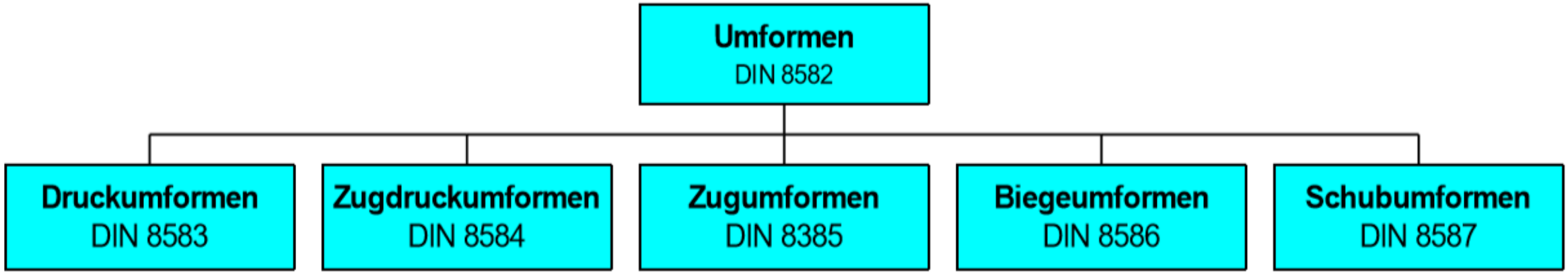
1.4.1 Pressen von Metallen

Werkstoffe verarbeitbar, die sich nicht aus dem schmelzflüssigen Zustand Urformen lassen
Werkstoffe und Anwendung:

- Hochschmelzende Metalle:
  - Wolfram => Glühfäden von Glühlampen (durch Strangpressen),
  - Tantal => Spinndüsen
- Zahnamalgame: Kupfer, Zinn, Edelmetalle + Hg => Aushärtung in wenigen Stunden
- Sinterhartmetalle: => Werkzeugschneiden
- Schwermetalle: => Isotopentransportbehälter, Schwungmassen für Uhren
- Metallkohle: Metalle + Graphit => Kontaktwerkstoffe
- Ferromagnetika => Dauermagnete, HF-Kerne
- stark poröse Sintermetalle getränkt mit Öl => Gleitlager

2. Umformen

Einteilung nach DIN 8582



Walzen
Freiformen
Gesenkformen
Eindrücken
Durchdrücken

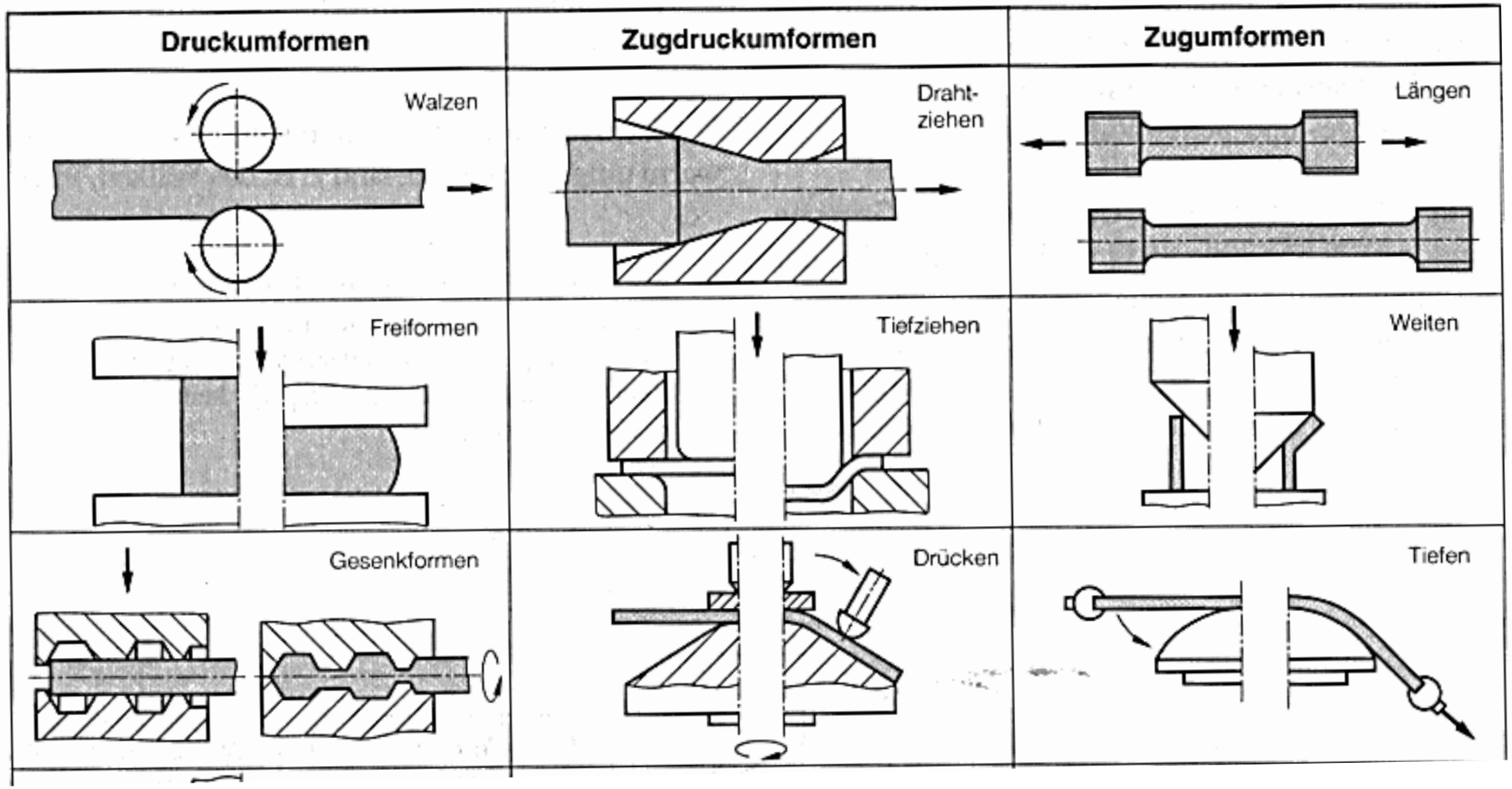
Durchziehen
Tiefziehen
Kragenziehen
Drücken
Knickbauchen

Längen
Weiten
Tiefen

Biegen mit geradliniger Werkzeugbewegung / mit drehender Werkzeugbewegung

Verschieben
Verdrehen

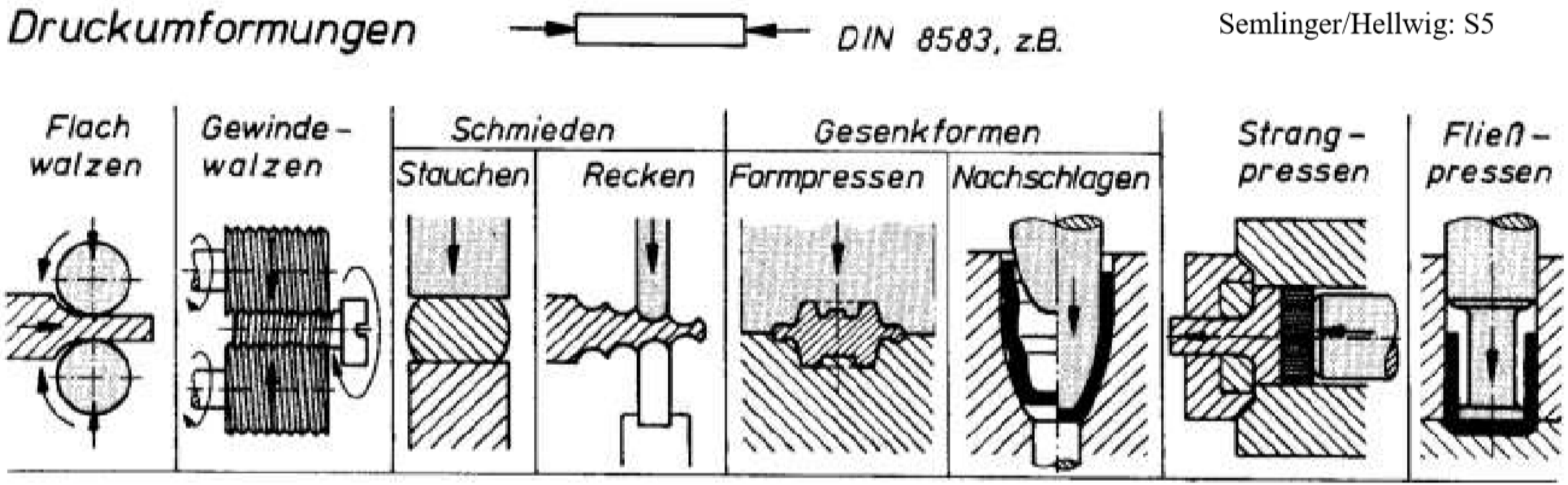
Übersicht Umformen



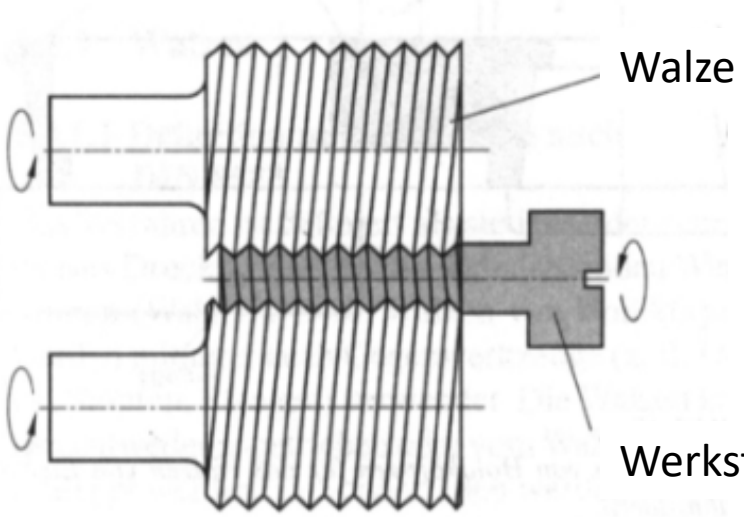
Quelle: Fritz, Schulze: Fertigungstechnik, Springer

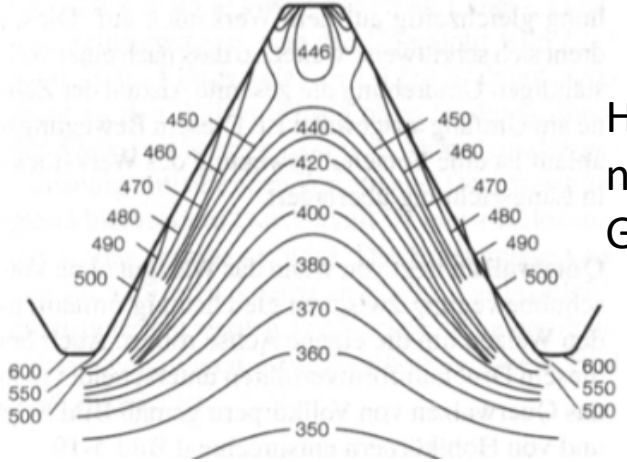
Druckumformen

=> Werkstück wird auf Druck beansprucht



Walzen





Härteverteilung nach Gewindewalzen

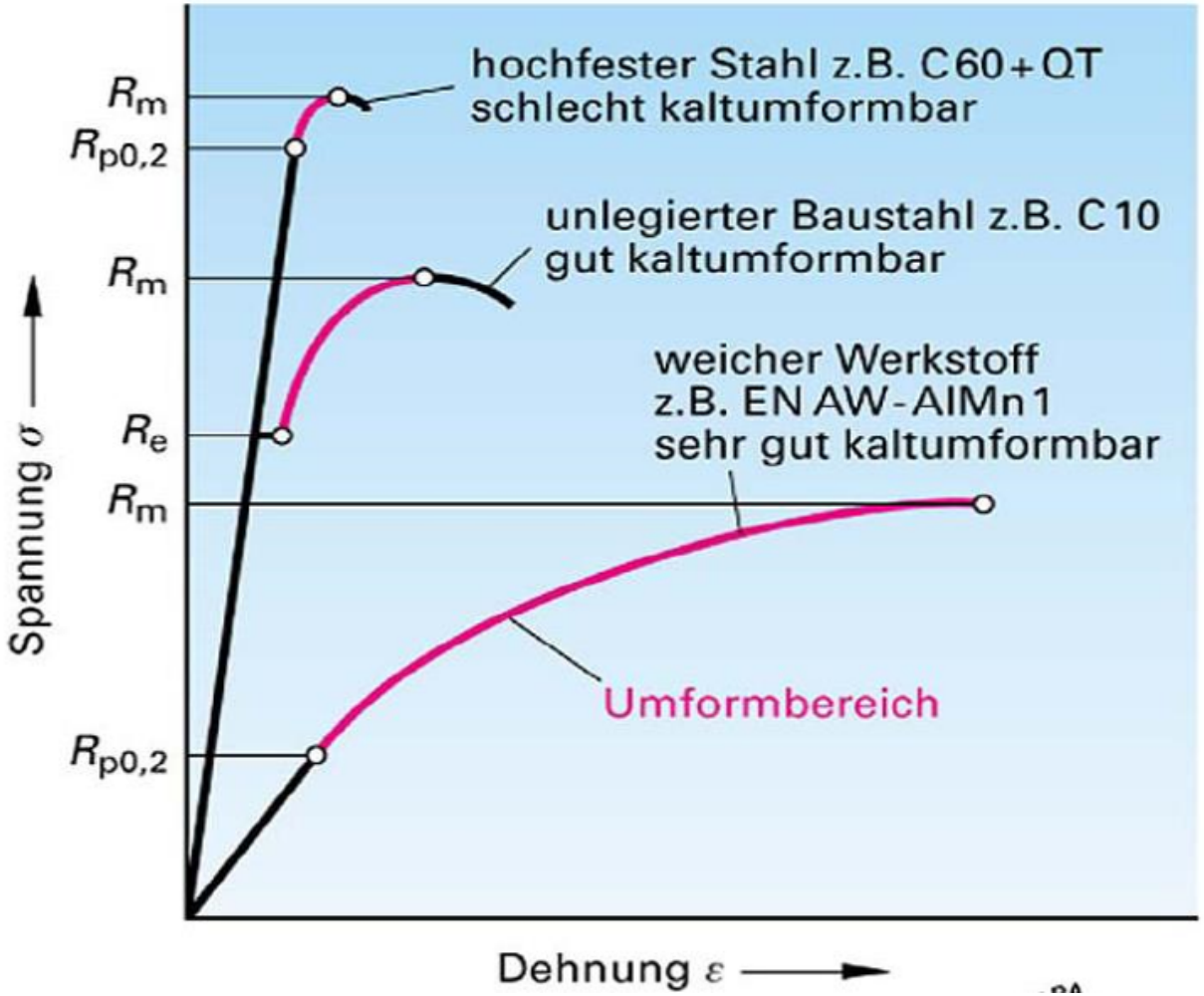
Querwalzen von Schrauben

=> Gewindewalzen

Kaltumformverfahren

- Stark verfestigte Gewindeflanken
- Nicht unterbrochener Faserverlauf
- Pressblanke Oberfläche
- Ausreichende Genauigkeit
- Erhebliche Werkstoffeinsparung gegenüber Spanen
- Minimale Fertigungszeit auf Automaten

Grundlagen Umformen



Maß für die **Umformbarkeit eines Werkstoffs**:

$$\frac{R_e}{R_m}$$

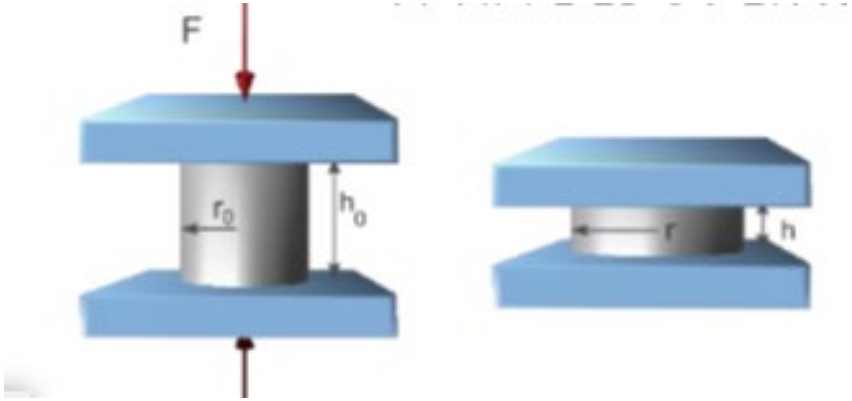
R_e = Streckgrenze
R_m = Zugfestigkeit

Für eine gute Umformbarkeit ist das Verhältnis von Dehn- bzw. Streckgrenze zu Zugfestigkeit möglichst klein, sowie der **Dehnungsbereich möglichst groß**.

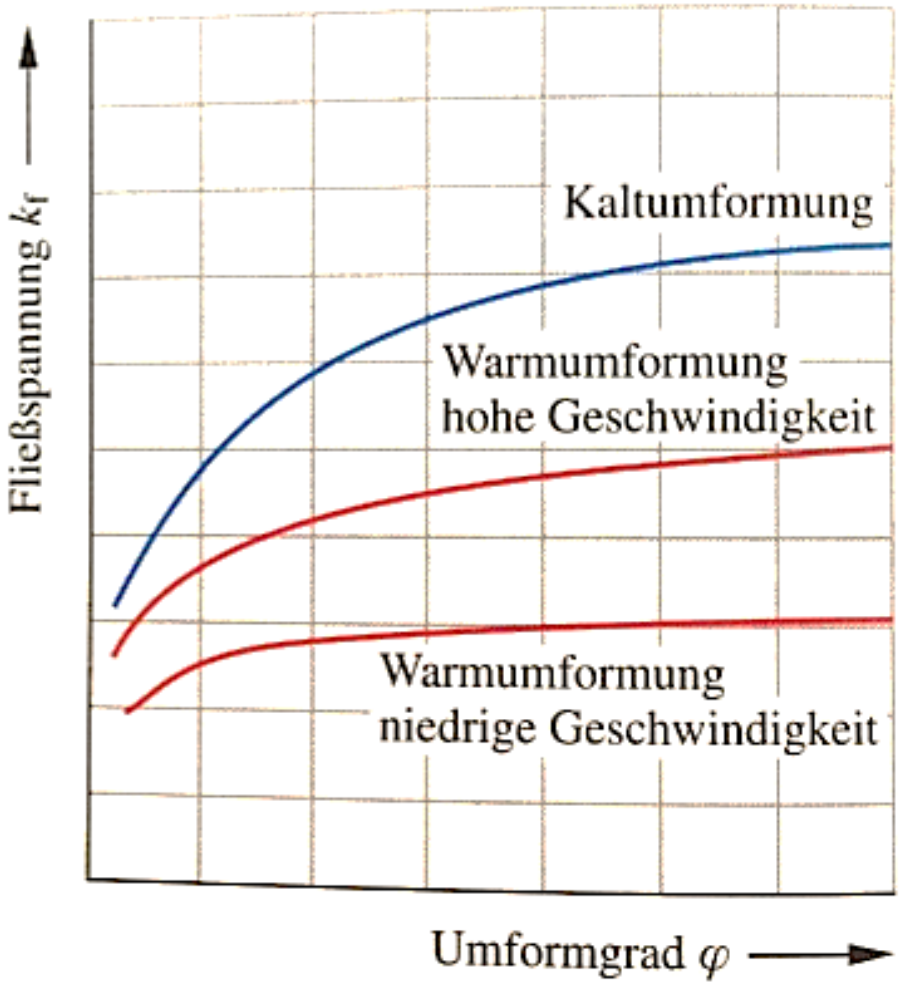
Umformgrad

- Die Fließspannung ist abhängig vom Umformgrad, werkstoffspezifisch und temperaturabhängig
- Anteile:
  - notwendige Spannung zum Beginn des Fließens
  - zusätzlich notwendige Spannung infolge zunehmender Kaltverfestigung
- Beispiel: Für eine Stauchung um halbe Ausgangshöhe ist φ = - 0,69
- Die dazugehörende Spannung:
  - Alu: kf = 190 MPa
  - Cu: kf = 390 MPa
  - Stahl: kf = 620 MPa

$$\text{Umformgrad} \quad \varphi_h = \ln \frac{h_1}{h_0}$$



Grundlagen Umformen



- Mit steigender Umformtemperatur nimmt durch Entfestigung und Rekristallisation die Fließspannung ab
- Neben der Umformtemperatur ist auch die Umformgeschwindigkeit $d\varphi/dt$ von wesentlicher Bedeutung

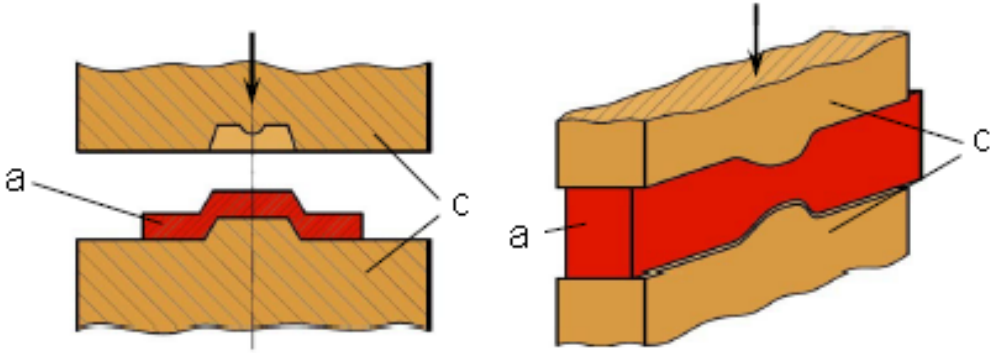
$$d\varphi/dt \sim \Delta\varphi/\Delta t$$

Warm-, Halbwarm-, Kaltumformung

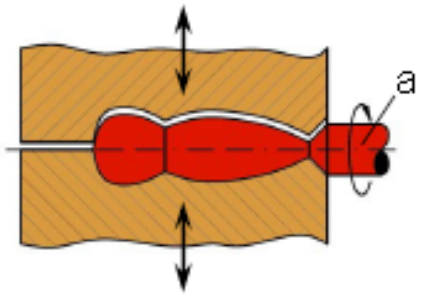
Umformung	warm	halb warm	kalt
Temperatur (Stahl)	950°C - 1200°C	680°C - 800°C	20°C
Temperatur (Aluminium)	420°C - 480°C	-	20°C
Werkstückgewichte	0,05 – 1500 kg	0,001 – 50 kg	0,001 – 30 kg
Genauigkeit[1]	IT 13 -16	IT 11 - 14	IT 8 -11
Oberflächengüte *Rz*	> 50 – 100 µm	> 30 µm	> 10 µm
Fließspannungen f (T, Werkstoff)	~ 20 – 30 %	~ 30 – 50 %	~ 100%
Umformvermögen f (T, Werkstoff)	$\varphi \leq 6$	$\varphi \leq 4$	$\varphi \leq 1{,}6$
„Umformkosten“ VDW-Studie 1991 Darmstadt	bis 113 %	100 %	bis 147 %
Spanende Nacharbeit	hoch	gering	sehr gering

Gesenkschmieden

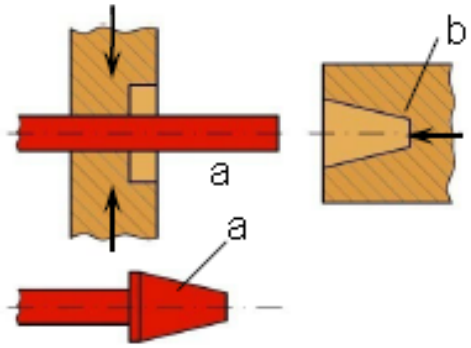
a Werkstück
b Anstauchgesenk
c Formsattel
d Formstempel
e Gesenk



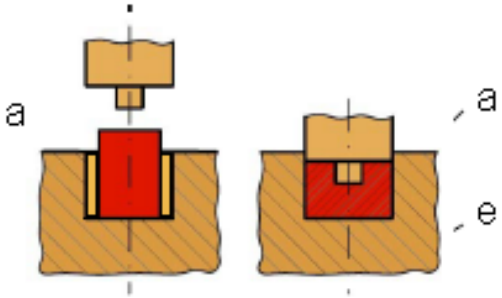
Formstauchen



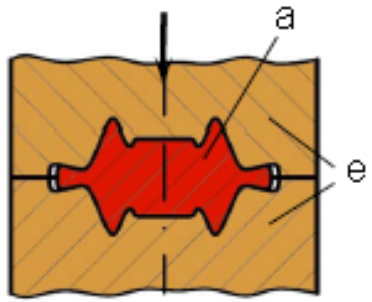
Reckstauchen



Anstauchen im Gesenk



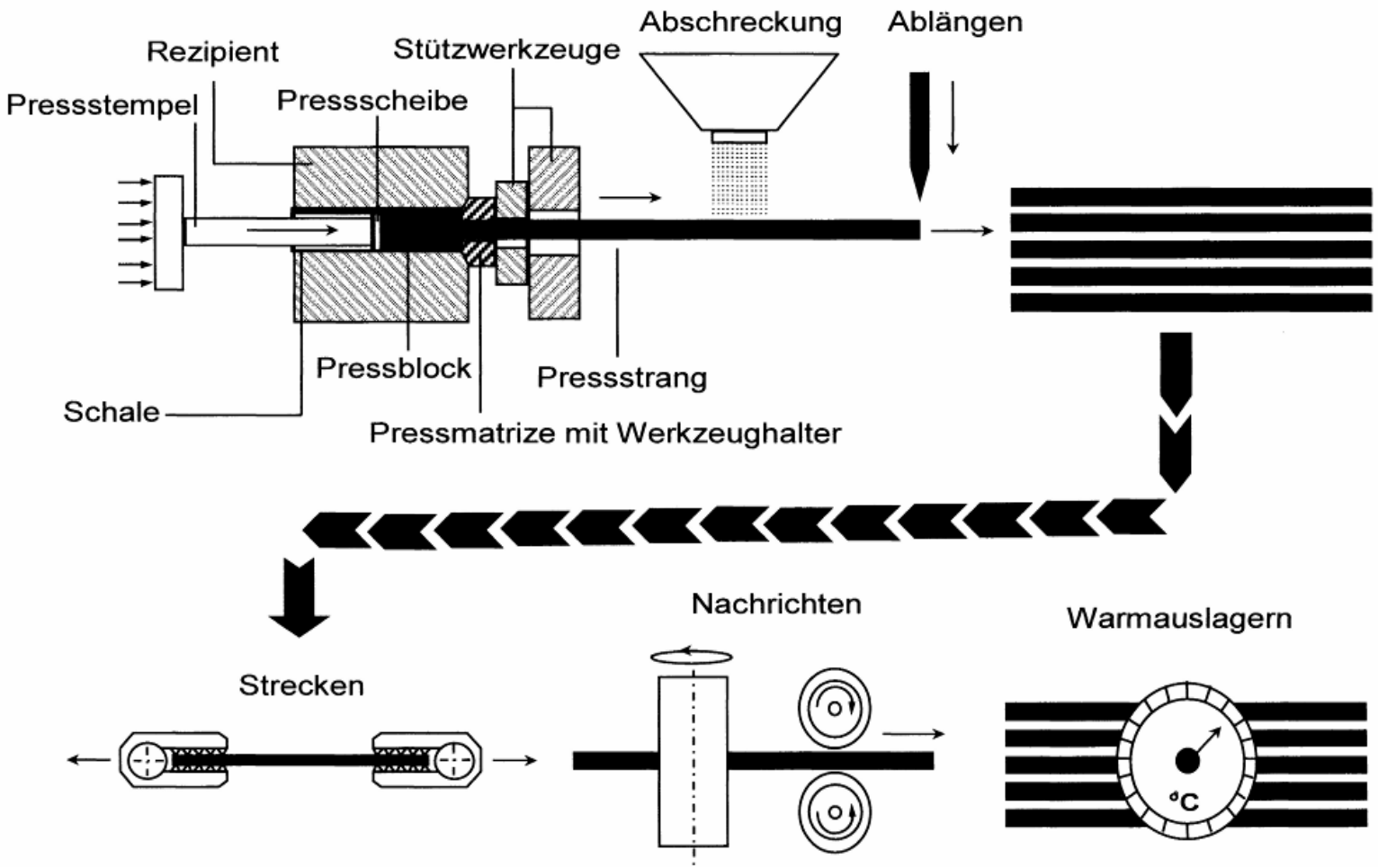
Formpressen ohne Grat



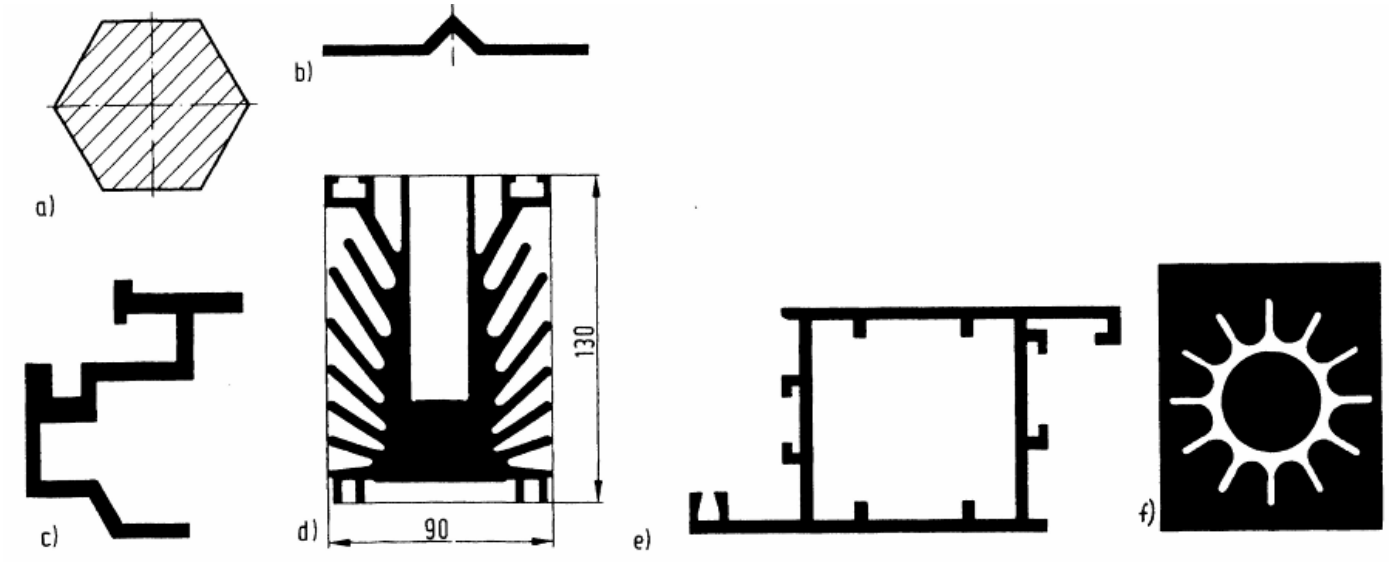
Formpressen mit Grat

Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

Vorwärtsstrangpressen von Aluminium



Strangpressen



- Beim Strangpressen sind große Umformgrade erreichbar.
- Bei Leichtmetallen wie Aluminium-legierungen sind darüber hinaus komplizierte Querschnittskonturen möglich.

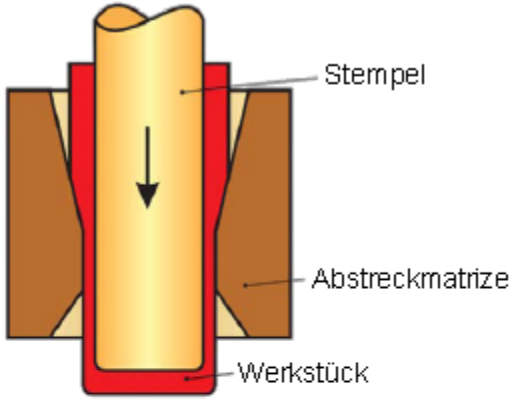
Profilformen und Werkstoffe beim Strangpressen [WIT06]

a) Vollprofil
b) offenes Profil
c) Halbhohlprofil (geringer Querschnittsunterschied)
d) Halbhohlprofil (großer Querschnittsunterschied)
e) Hohlprofil
f) Wärmetauscherrippenrohr

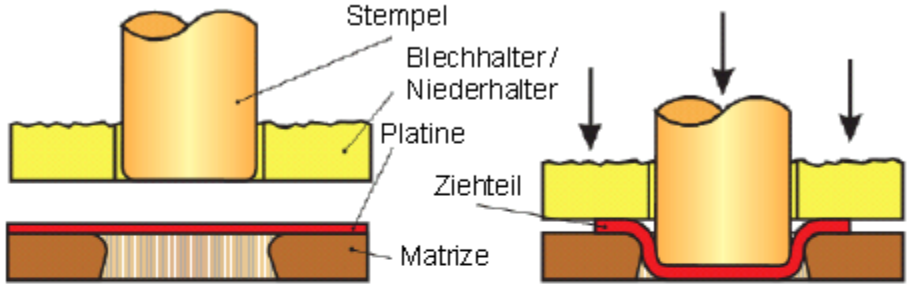
Quelle:
FT, T. Michalke
Frau-UAS

Tiefziehen

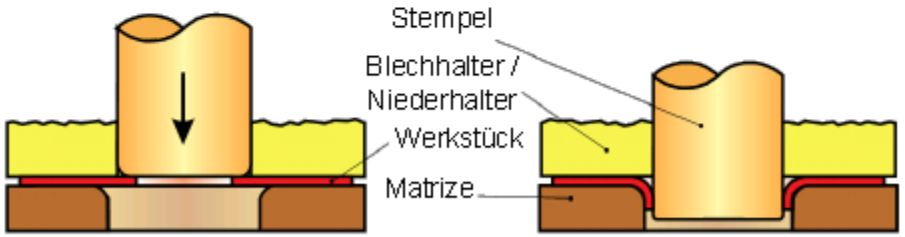
Definition nach DIN 8584:
Tiefziehen ist Zugdruckformen eines Blechzuschnittes zu einem Hohlkörper oder Zugdruckformen eines Hohlkörpers zu einem Hohlkörper mit kleineren Umfang ohne beabsichtige Veränderung der Blechdicke.



Durchziehen



Tiefziehen



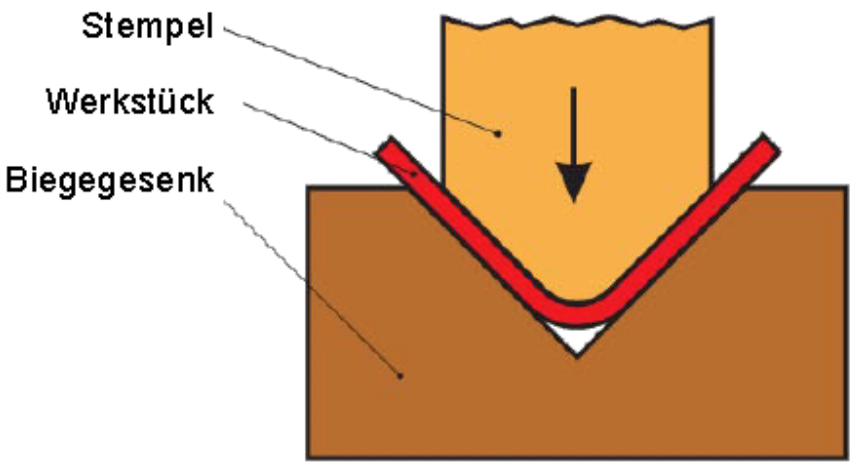
Kragenziehen

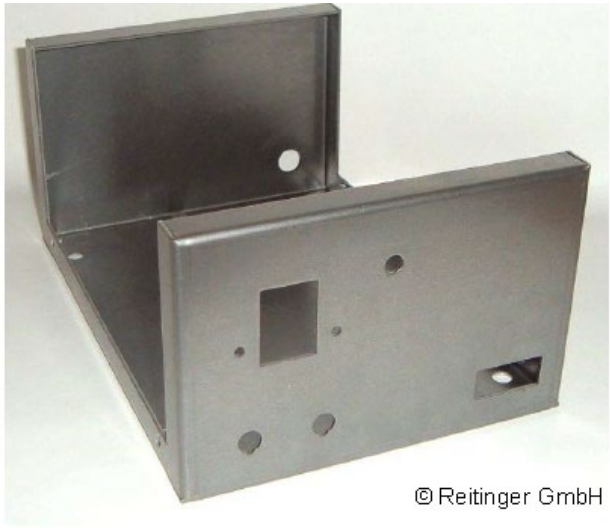
Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

Beispiel: Cola-Dose

Biegeumformen

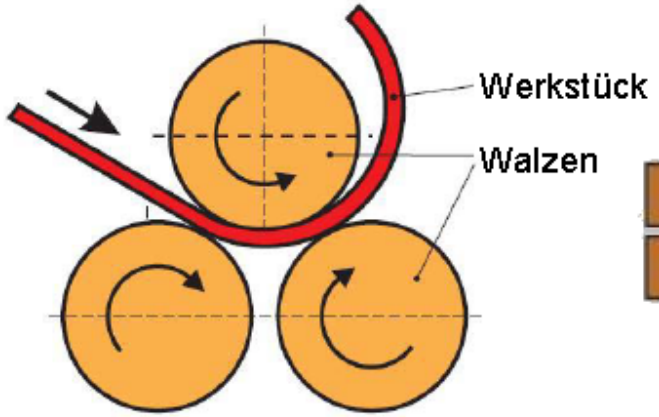
Biegen mit geradliniger Werkzeugbewegung

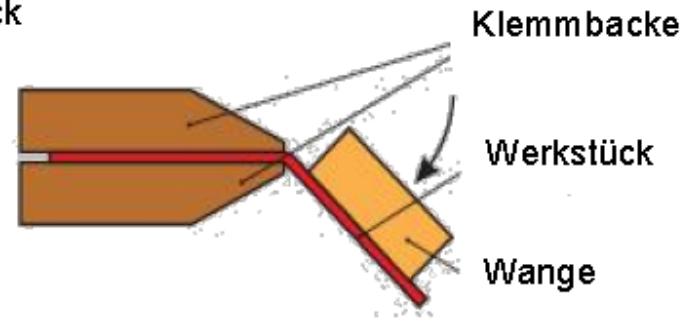




im Gesenk gebogenes Gehäuse

Biegen mit drehender Werkzeugbewegung



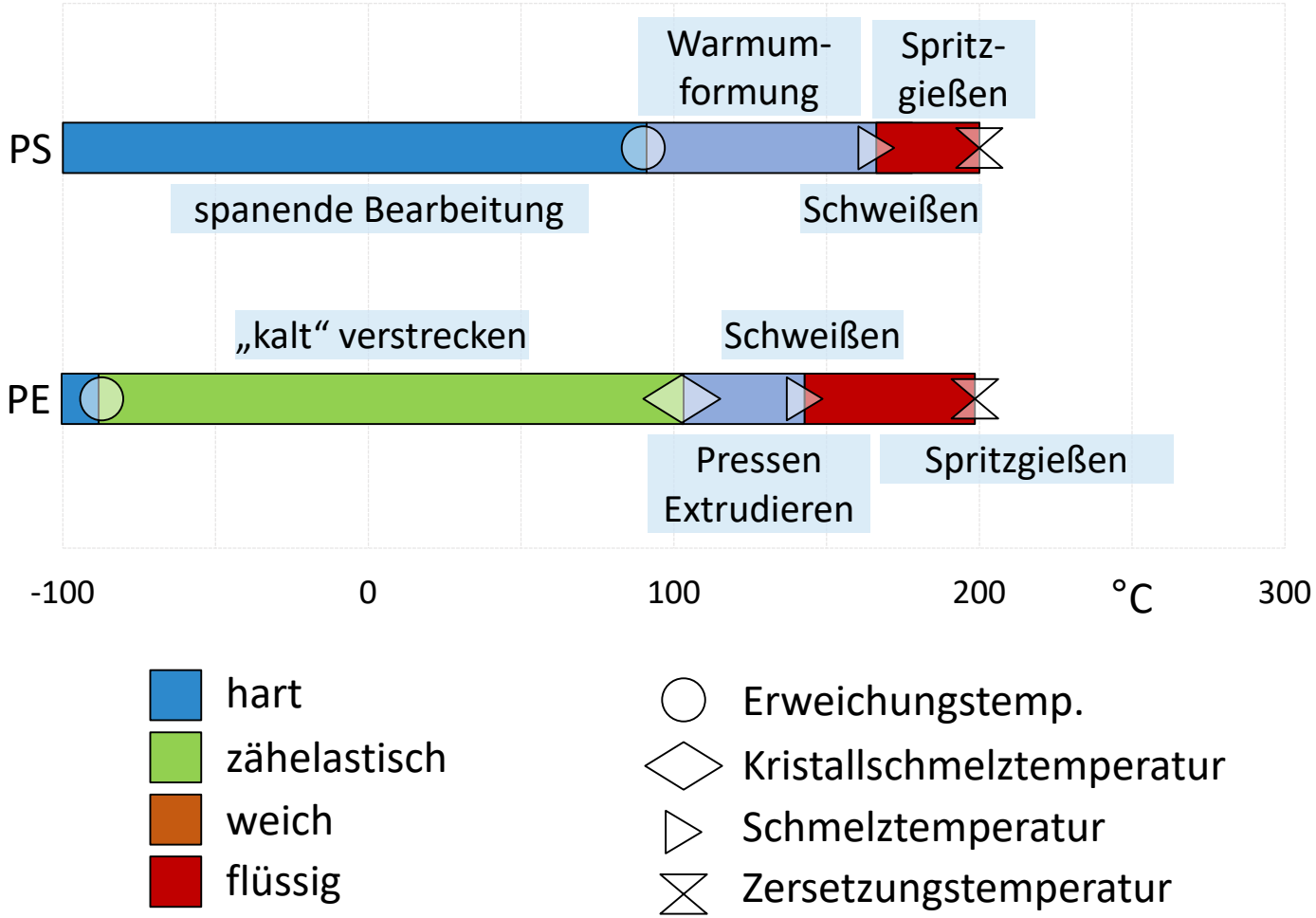


Quelle: Handbuch der Umformtechnik, Schuler

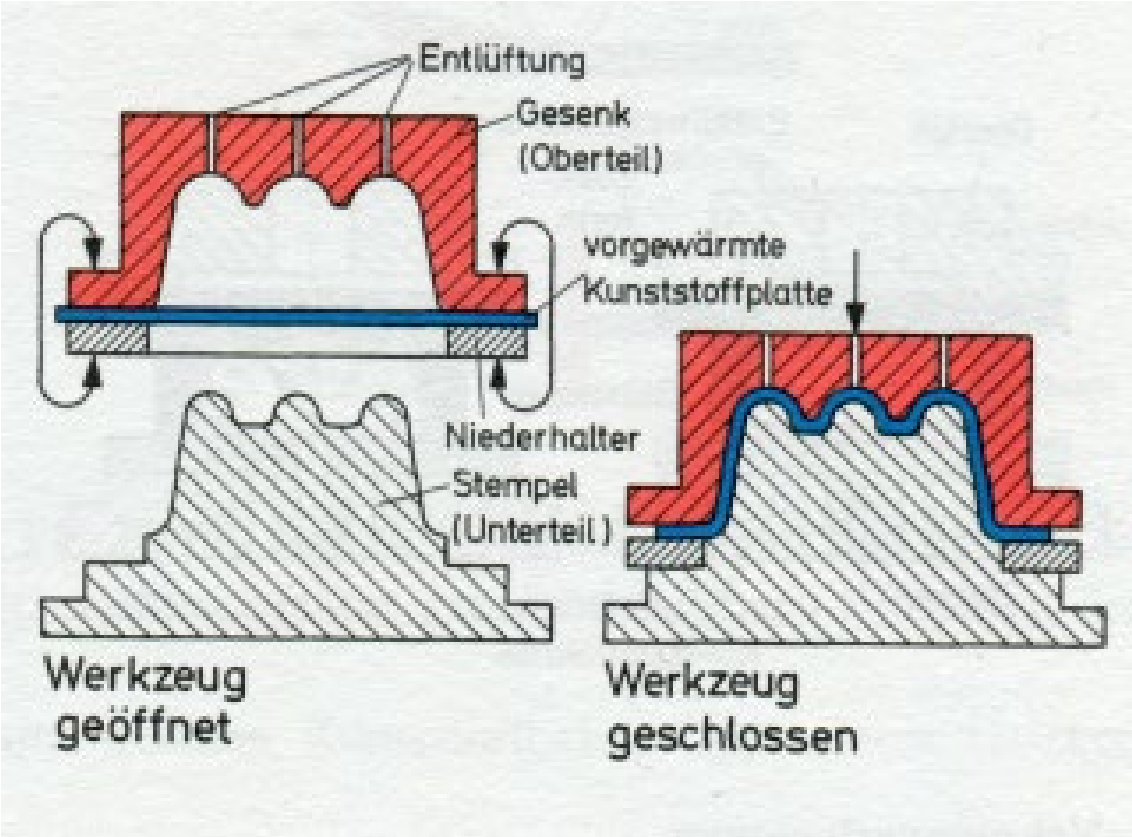
Formgebung von Thermoplasten

PS – Polystyrol (Jogurtbecher, Styropor, …)

PE – Polyethylen (Folien, Flaschen, Isolatoren …)



Warmumformen von Kunststoffen



Warmumformen - Produktbeispiele

Anzuchtbehälter

Verpackungsblister

Transportbehälter

Verständnisfragen Umformen

1. Welche werkstoffabhängige Kenngröße bestimmt bei der Umformung die Umformkraft und die Umformarbeit?
   Skizzieren Sie den charakteristischen Verlauf der Kenngrößen für Kalt- und Warmumformung.

2. Vergleichen Sie die wichtigsten Vor- und Nachteile der Kaltumformung gegenüber der Warmumformung.

3. Welchen Vorteil hat das Walzen von Gewinden (z.B. bei der Herstellung von Gewindestangen) gegenüber dem Drehen?

Quelle:
T. Michalke, FRA UAS

Übungsfragen zum Umformen

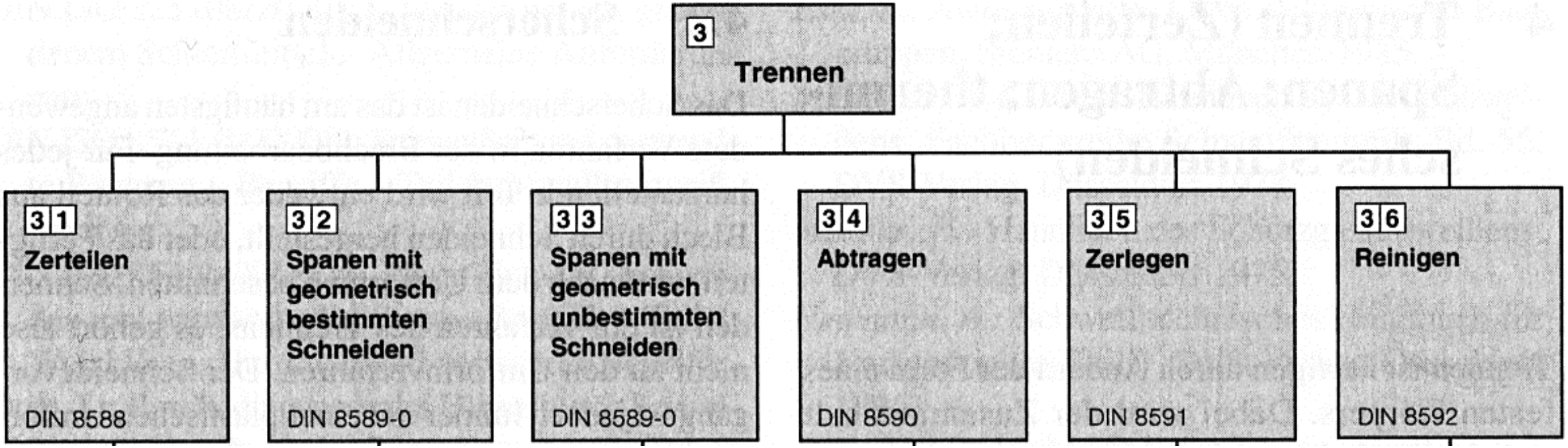
1. Mit welchen Fertigungsverfahren lassen sich nahtlose Rohre aus Metall herstellen?

2. Was sind die Verfahrensschritte zur Drahtherstellung mit Durchmesser 0,5mm? Erläutern Sie den Ablauf mit Skizzen ausgehend vom passenden Halbzeug.

3. Wie können Näpfe aus Stahlblech der Dicke 3mm hergestellt werden?

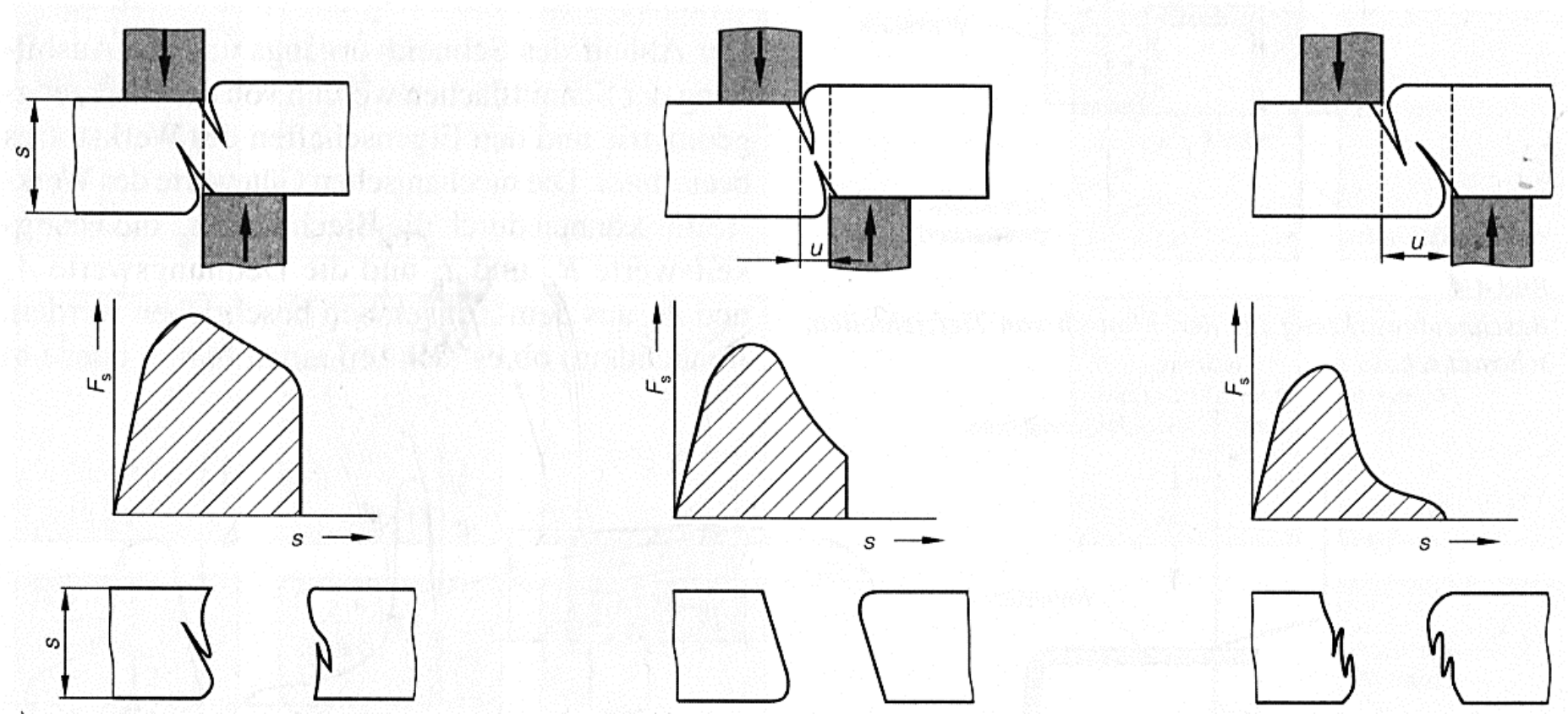
3. Trennen

Übersicht Trennen



Quelle: Fritz, Schulze: Fertigungstechnik, Springer

Auswirkung des Schneidspaltes u auf Schnittkraft F und Schnittqualität

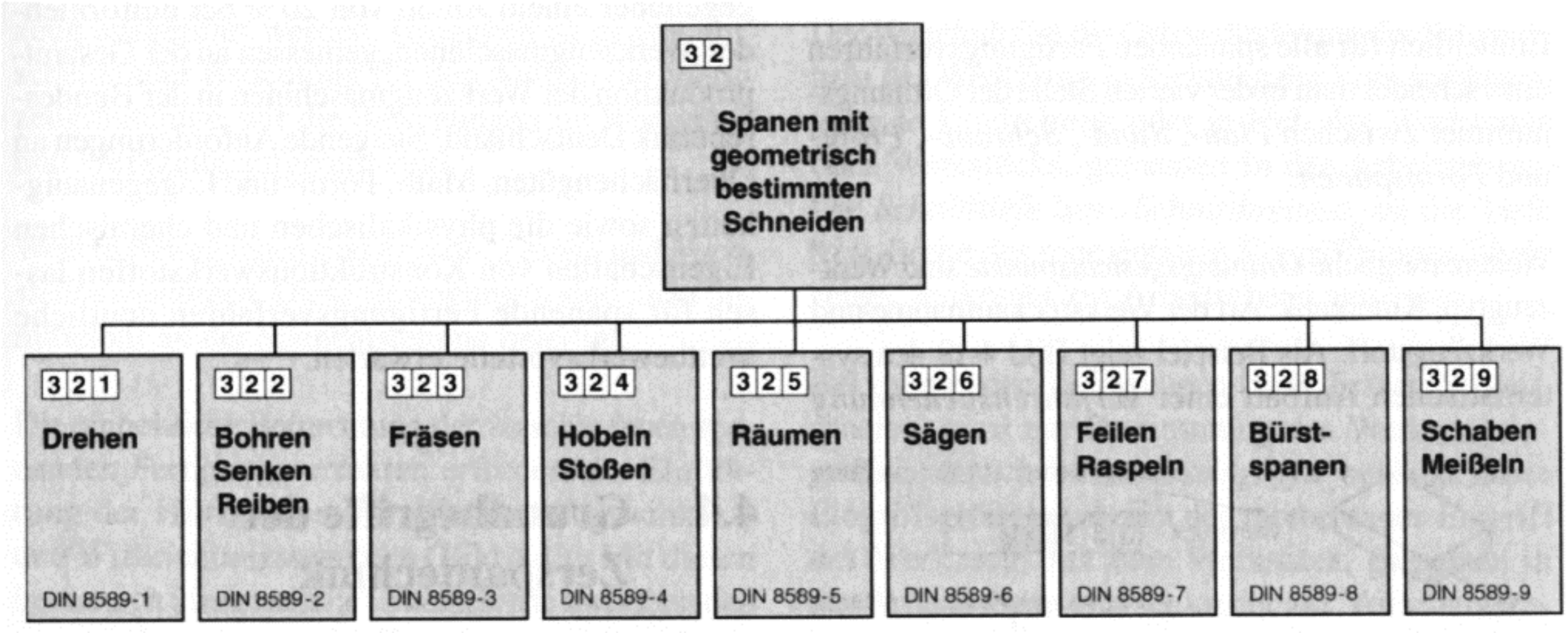


Schneidspalt zu klein

Richtig bemessen
$u \approx 0{,}08 \cdot s$

Schneidspalt zu groß

Spanen


32
Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden
321
Drehen
DIN 8589-1
322
Bohren Senken Reiben
DIN 8589-2
323
Fräsen
DIN 8589-3
324
Hobeln Stoßen
DIN 8589-4
325
Räumen
DIN 8589-5
326
Sägen
DIN 8589-6
327
Feilen Raspeln
DIN 8589-7
328
Bürst-spanen
DIN 8589-8
329
Schaben Meißeln
DIN 8589-9

Spanen

Beim Spanen wird eine in der Ausgangsform eines Fertigteils bereits enthaltene End- bzw. Fertigform durch die mechanische Trennwirkung eines Schneidkeils erzeugt. Die Bewegungen beim Zerspanvorgang sind Relativbewegungen zwischen Werkzeugschneide und Werkstück. Die Bewegungen können gerade, kreisförmig oder beliebig sein. Es sind Bewegungen an der Wirkstelle, die durch die Werkzeugmaschine erzeugt werden.

Kinematik beim Spanen

Bohren

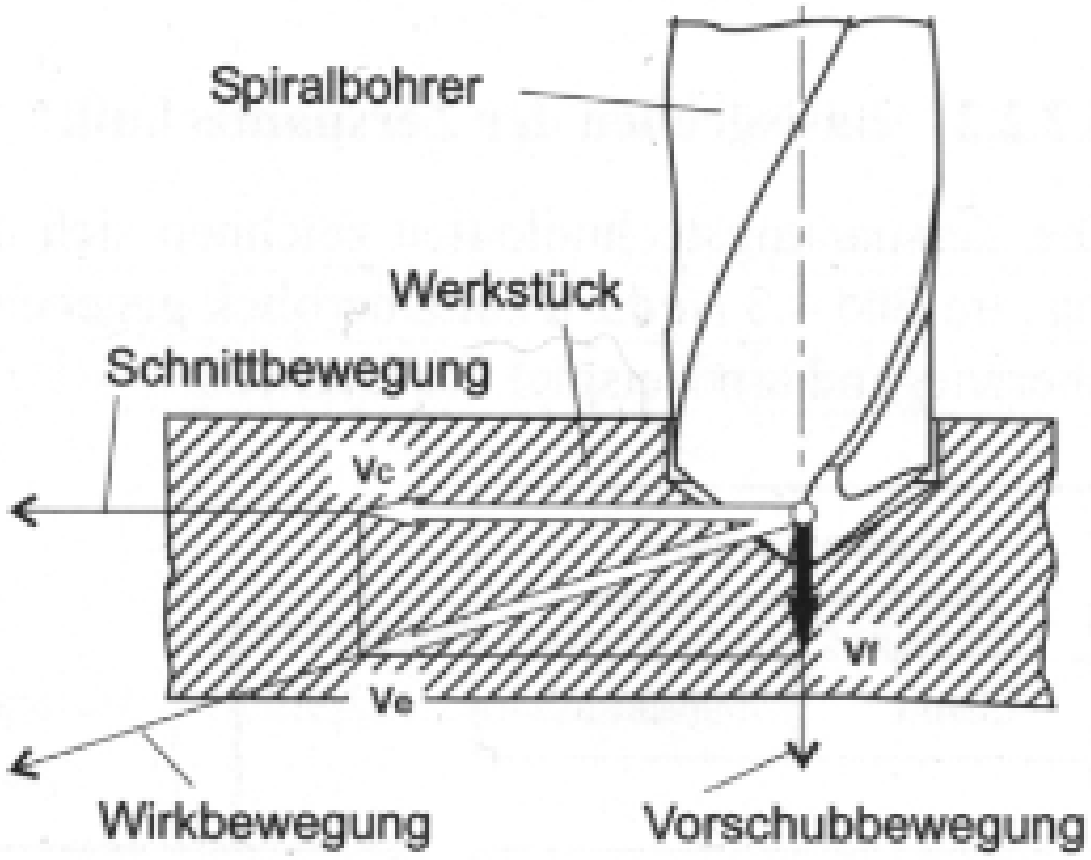
Schnittgeschwindigkeit:

$v_c = \pi * d * n$

Vorschubgeschwindigkeit:

$v_f = n * f$

n = Drehzahl in U/min
D = Durchmesser Bohrer
f = Vorschub



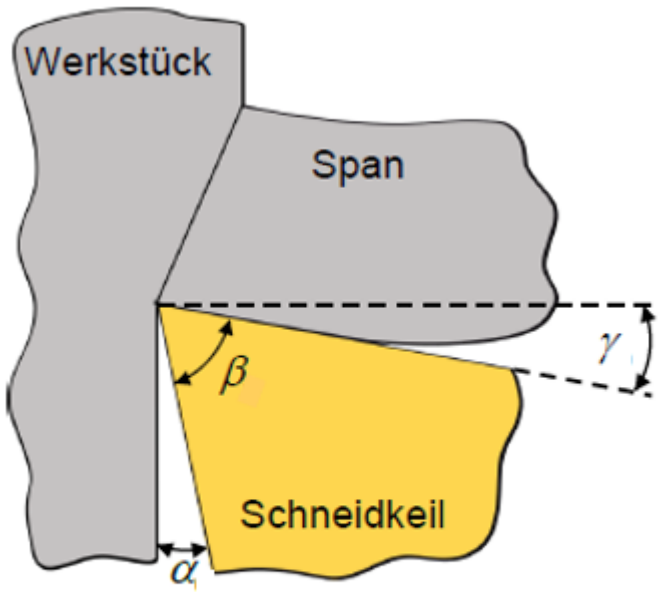
Grundlagen Spanen

Ablauf

- Schneidkeil dringt in Werkstück ein
- Elastische und plastische Verformung
- Fließen des Werkstoffes
- Ausbildung eines Spans
- Ablaufen des Spans über die Spanfläche des Schneidkeils

Voraussetzung:

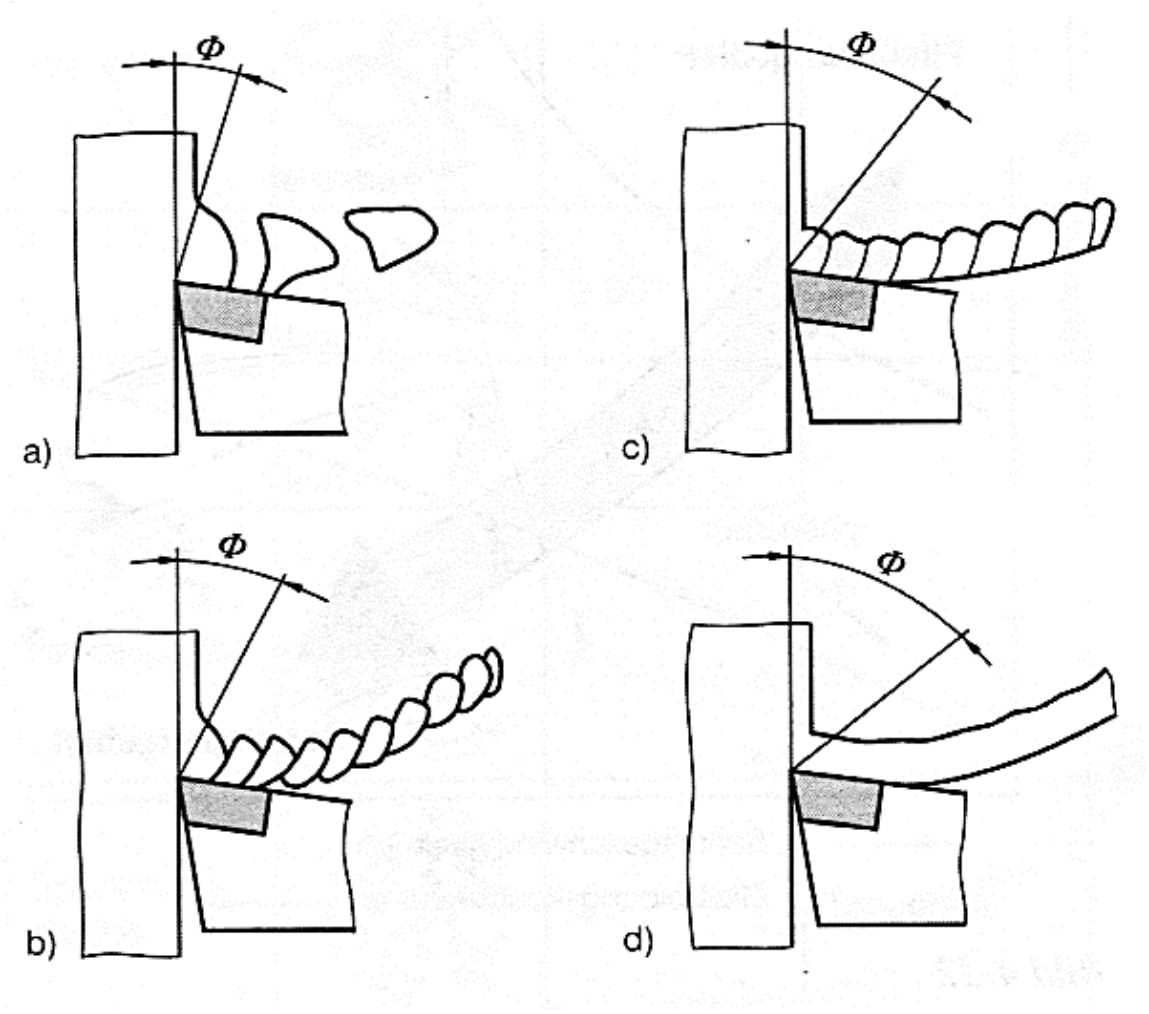
- Höhere Härte des Werkzeug-Werkstoffs gegenüber dem Werkstück-Werkstoff
- Minimale Eindringtiefe überschritten



α Freiwinkel
β Keilwinkel
γ Spanwinkel

Es gilt:
$\alpha+\beta+\gamma = 90°$

Spanformen



Entstehung unterschiedlicher Spanarten

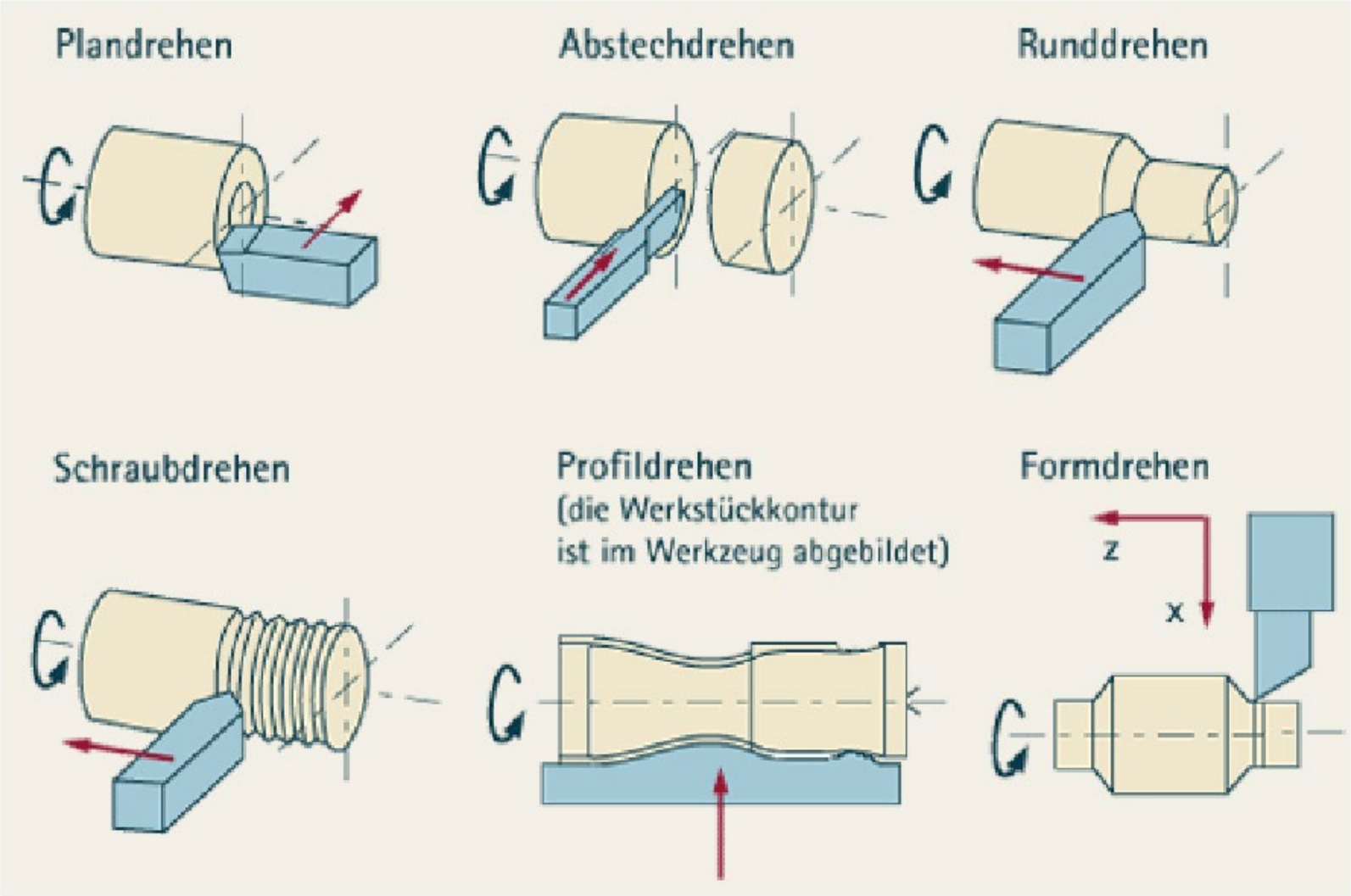
a) Reißspan (Bronze, Gusseisen => schlechte Oberfläche)

b) Scherspan (Trennung + Verschweißung)

c) Lamellenspan (Fließspan mit Verfestigungen beim Scheren)

d) Fließspan (kontinuierliches Fließen)

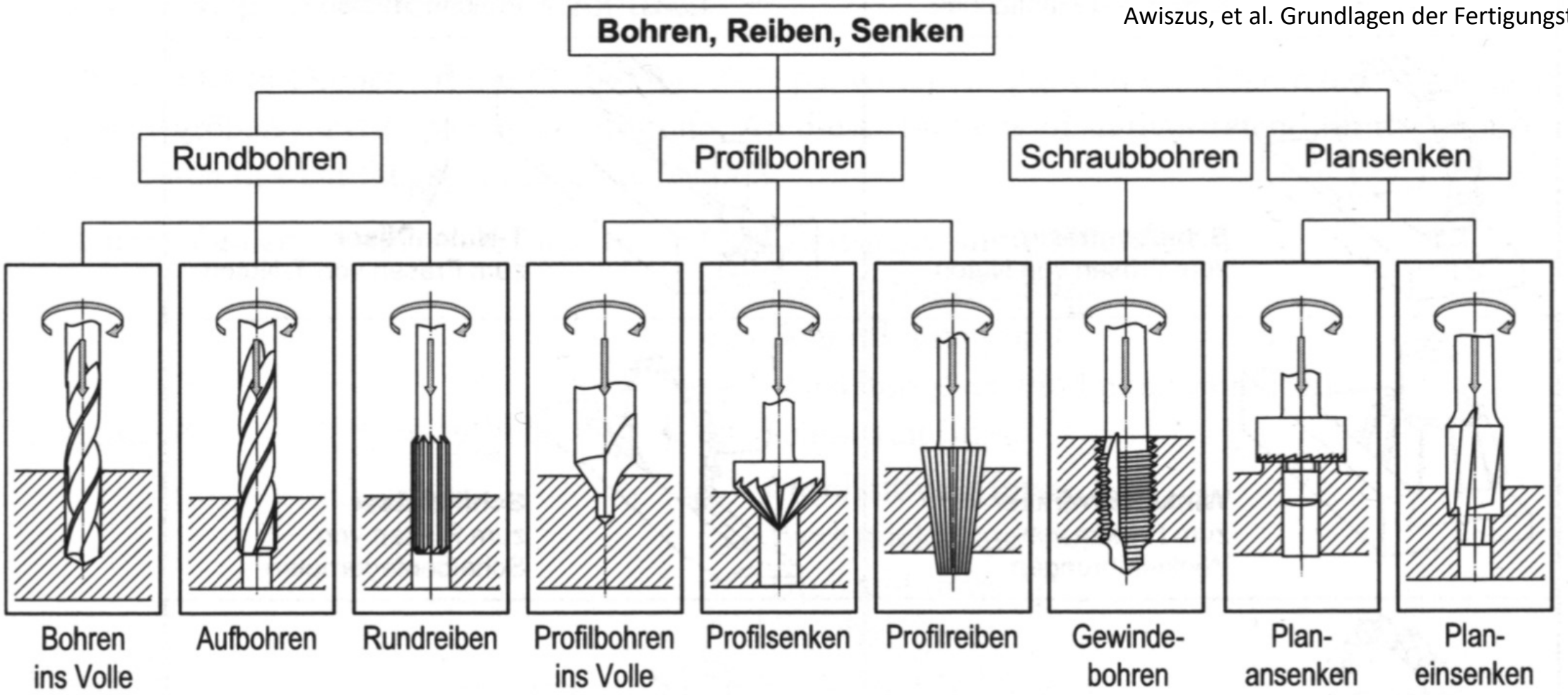
Drehen



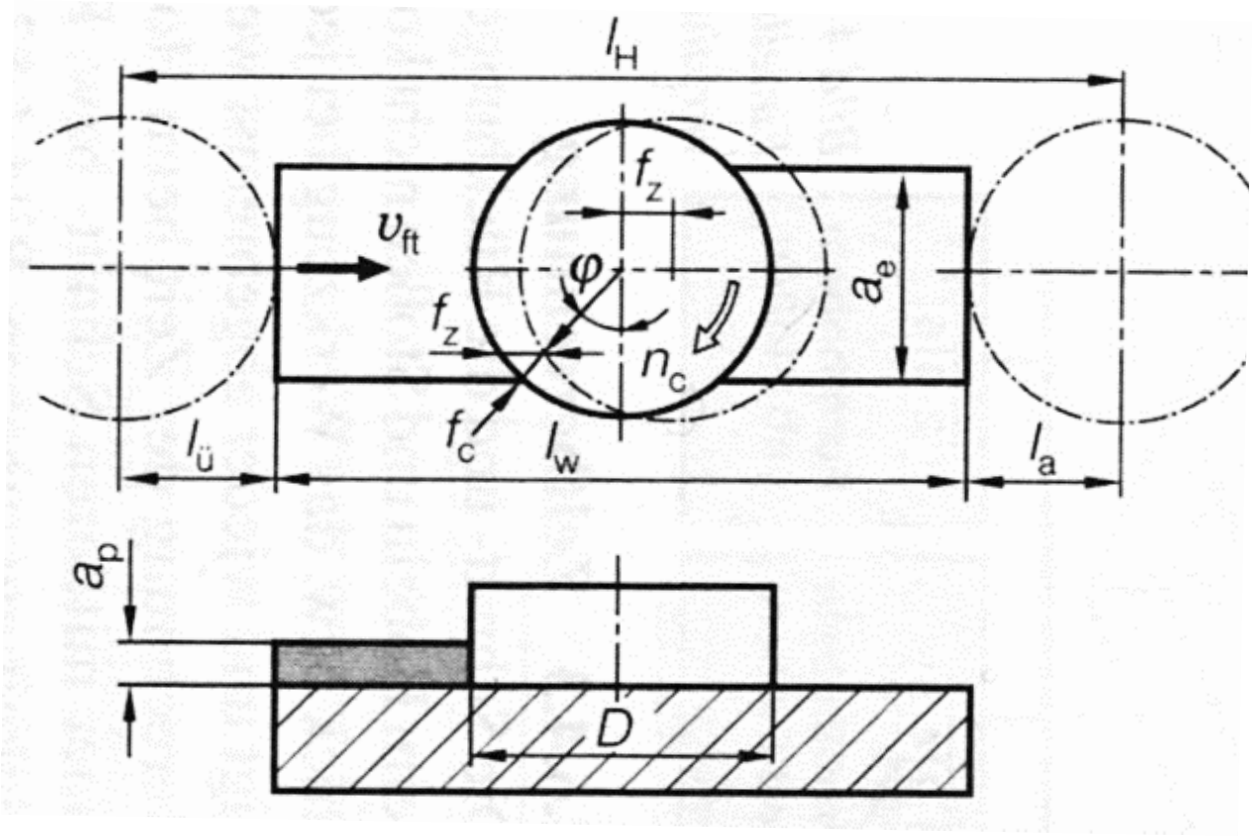
Quelle:
FT Skript Prof. Albrecht, FRA-UAS

Bohren, Reiben, Senken

Quelle:
Awiszus, et al. Grundlagen der Fertigungstechnik



Berechnung Schnittgeschwindigkeit



Schnittgeschwindigkeit $V_C = d \times \pi \times n$

d Fräserdurchmesser [mm]

n Drehzahl [1/min]

Vorschubgeschwindigkeit $V_f = f_z \times z \times n$

f_z Vorschub je Zahn [mm]

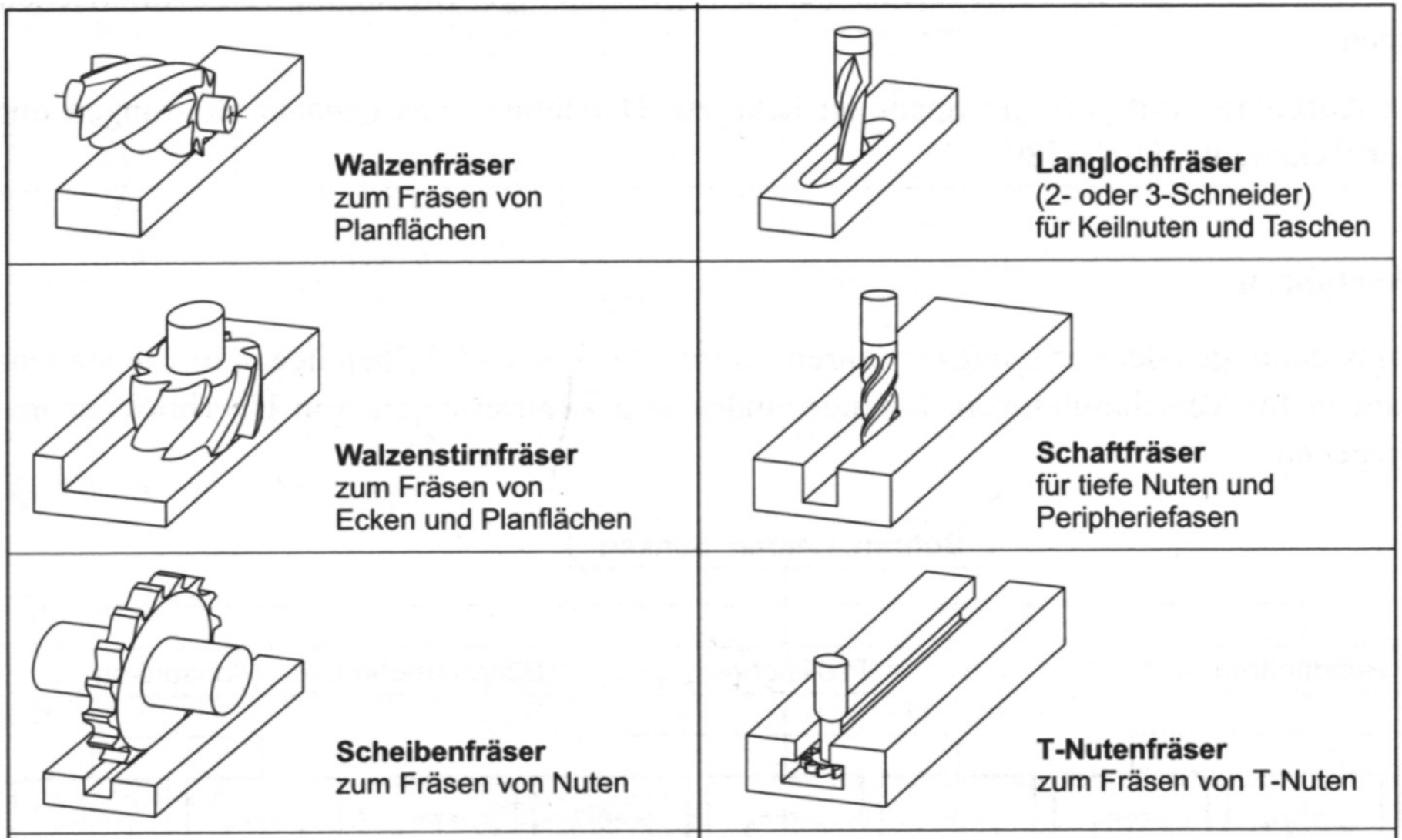
Zeitspanungsvolumen $Q = a_e \times a_p \times V_f$

a_e seitliche Zustellung [mm]

a_p Tiefenzustellung [mm]

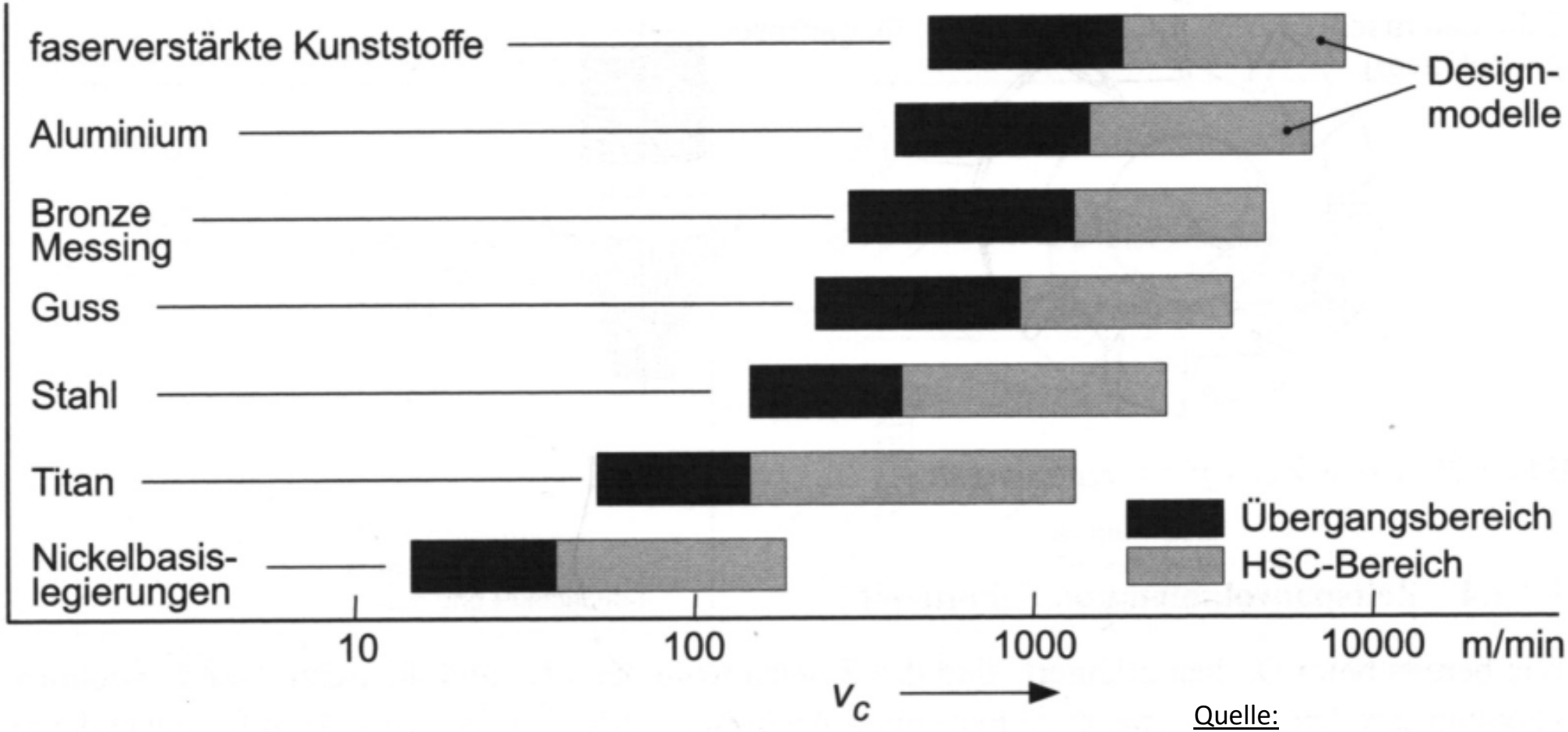
Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik,
Hansa verlag

Fräsen



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der
Fertigungstechnik,
Hansa verlag

Schnittgeschwindigkeiten beim Spanen

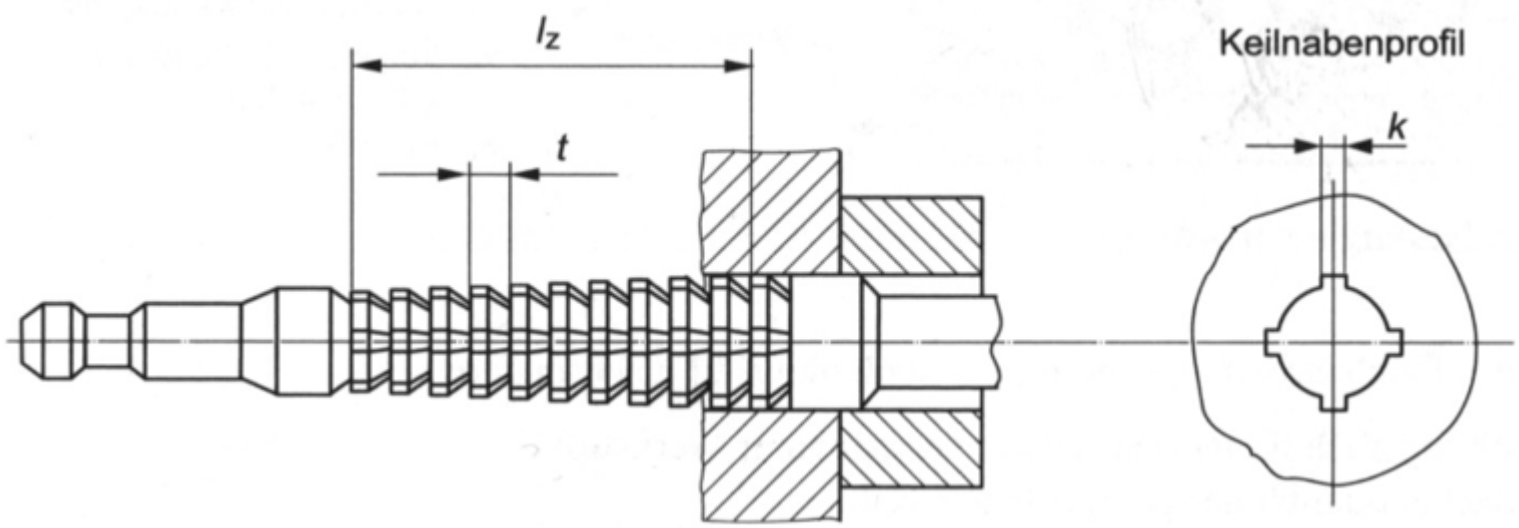


Quelle:
Awiszus, et al. Grundlagen der Fertigungstechnik

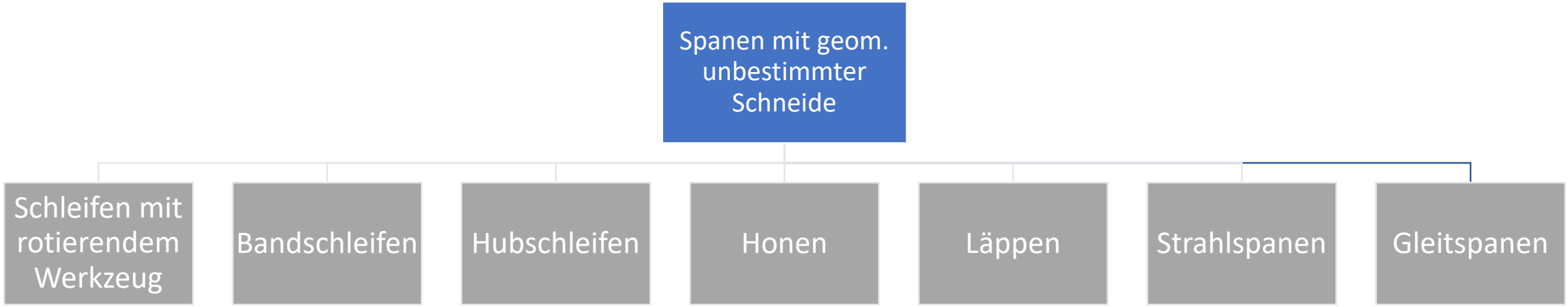
Räumen

Räumen ist Spanen mit einem mehrzahnigen Werkzeug, dessen Schneidzähne hintereinander liegen und jeweils um eine Spanungsdicke gestaffelt sind. Die Staffelung entspricht somit dem Vorschub (DIN 8589).

Der Vorteil des Verfahrens liegt vor allem in der Endbearbeitung von Formelementen in einem Durchlauf des Räumwerkzeugs, wobei bei Innenbearbeitung eine Vorbearbeitung durch Bohren notwendig ist.



Spanen unbestimmt



Verfahren:
vielschneidiges Werkzeug (gebildet aus einer Vielzahl gebundener Schleifkörper) trennt mit hoher Geschwindigkeit, meist unter nicht ständiger Berührung zwischen Werkstück und Schleifkorn, den Werkstoff ab. Das Werkzeug kann rotieren oder Hubbewegungen ausführen.

Schleifen

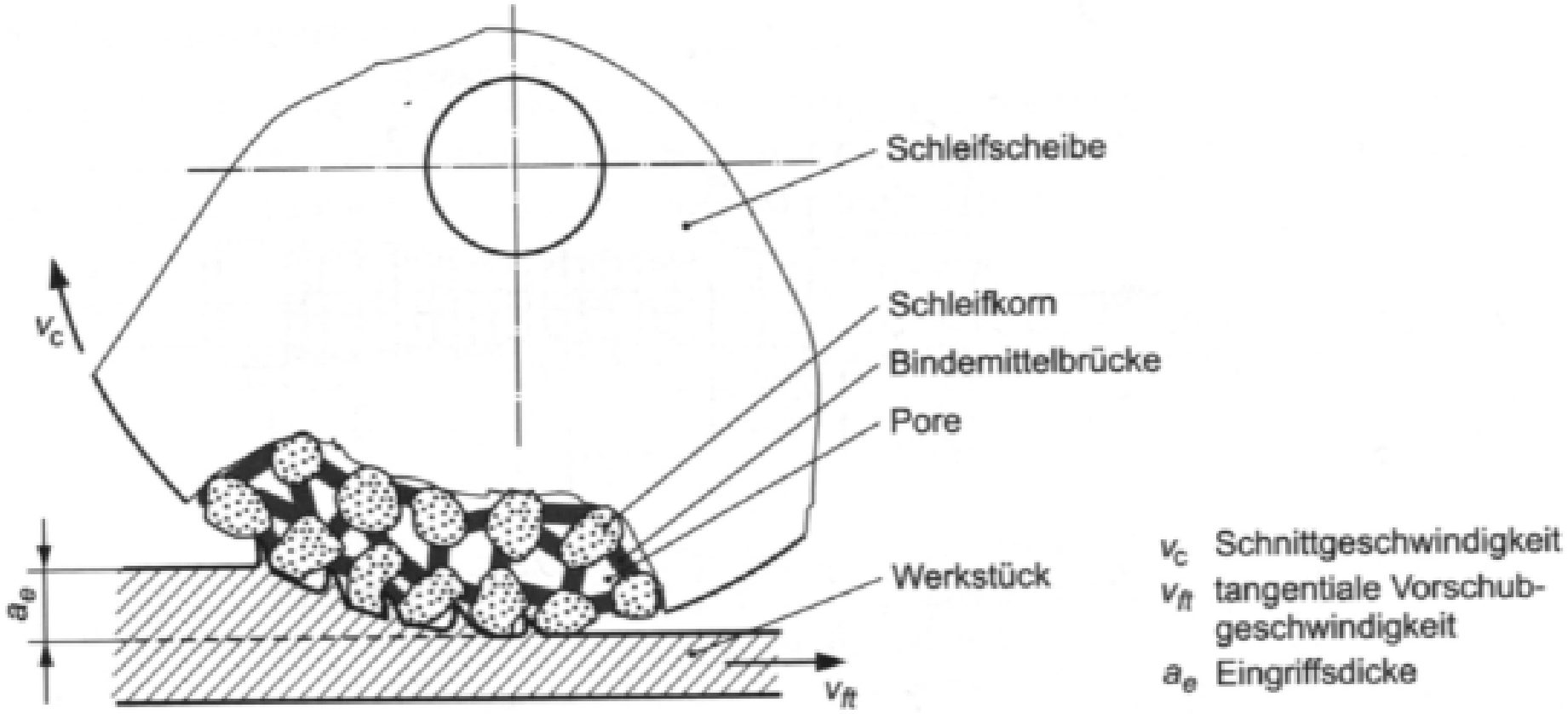


Bild 4.49: *Spanbildung beim Schleifen*

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik,
Hansa verlag

Schleifmittel

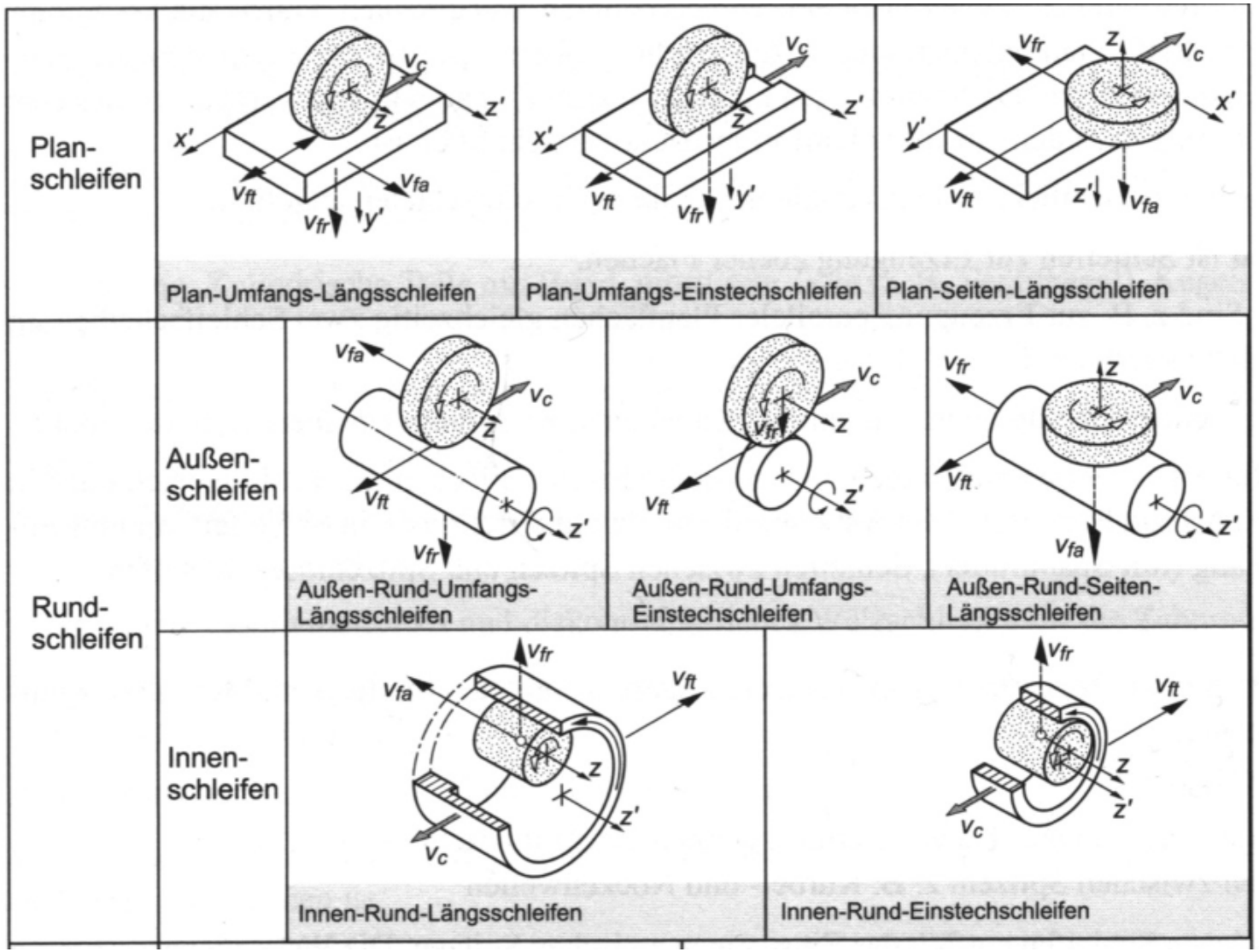
Eigenschaften und Anwendung wichtiger Schleifmittel

nach Eckstein, Jähnig, Werner; Reinhold, Clausnitzer; Tschätsch

Bezeichnung		Eigenschaften	Anwendung
Normalkorund		92 . . . 97 % Al_2O_3. Hohe Härte und Zähigkeit. Für große Schleifkräfte	Stahlguss, Temperguss, Schmiedeeisen. Für grobe Schleifarbeiten mit großer Zerspanleistung.
Edelkorund		99 % Al_2O_3. Spröder als Normalkorund. Für mittlere Schleifkräfte	Hochlegierte, hitzeempfindliche Stähle, Werkzeuge. Für Schleifarbeiten mit großen Berührungsflächen
rubinroter Edelkorund		97 % Al_2O_3, 1,5 % Cr_2O_3. Schleiftechnisch günstige kubische Kornform. Hohe Härte, Zähigkeit und Abriebsfestigkeit	Werkzeuge, Zahnradbearbeitung. Führungsbahnen. Rund-, Flach-, Profilschleifen.
Silicium-carbid	schwarz	98 % SiC. Höhere Zähigkeit	Gusseisen, Hartguss, hochlegierte C-Stähle, Al, Cu, Messing, Kunstharze, Gummi, Gestein, Glas, Porzellan
	grün	99,5 % SiC. Höhere Härte und Splitterfreudigkeit	Hartmetall, Hartguss, Hartglas, Hartkeramik (Schneidkeramik)
Diamant		hohe Härte	NE-Metalle, Nichtmetalle, gleichzeitiges Schleifen von Hartmetall und Stahl
Bornitrid CBN		wesentlich höhere Wärmebeständigkeit als Diamant	gehärtete und HSS-Stähle, Gusswerkstoffe auf Eisenbasis

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik,
Hansa verlag

Schleifen



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik,
Hansa verlag

Honen

Das Honen gehört zu den spanabhebenden Verfahren. Hierbei werden vor allem Bohrungen, in geringem Umfang auch Planflächen, Wellen oder unrunde Bohrungen bearbeitet.

Beim Honen können fast alle industriell genutzten Werkstoffe bearbeitet werden. Die geometrischen Abmessungen der Bohrungen können hierbei zwischen 0,8 und 2000 mm Durchmesser und bis zu 24 m Länge liegen. Der Genauigkeitsmaßstab beim Honen ist das „µm”. 0,1 µm ist der sechshundertste Teil der Dicke des menschlichen Haares

Läppen

Gemäß DIN 8589 ist Läppen ein Spanen mit losem, in einer Flüssigkeit oder Paste verteiltem Korn (Läppgemisch), das auf einem meist formtragenden Gegenstück (Läppwerkzeug) bei möglichst ungerichteten Schneidbahnen der einzelnen Körner geführt wird. Dabei drücken sich einzelne Kornspitzen in Werkstück und Läppwerkzeug ein und hinterlassen kraterförmige, ungerichtete Bearbeitungsspuren. Läppen ist ein Fein- und Feinstbearbeitungsverfahren, bei dem

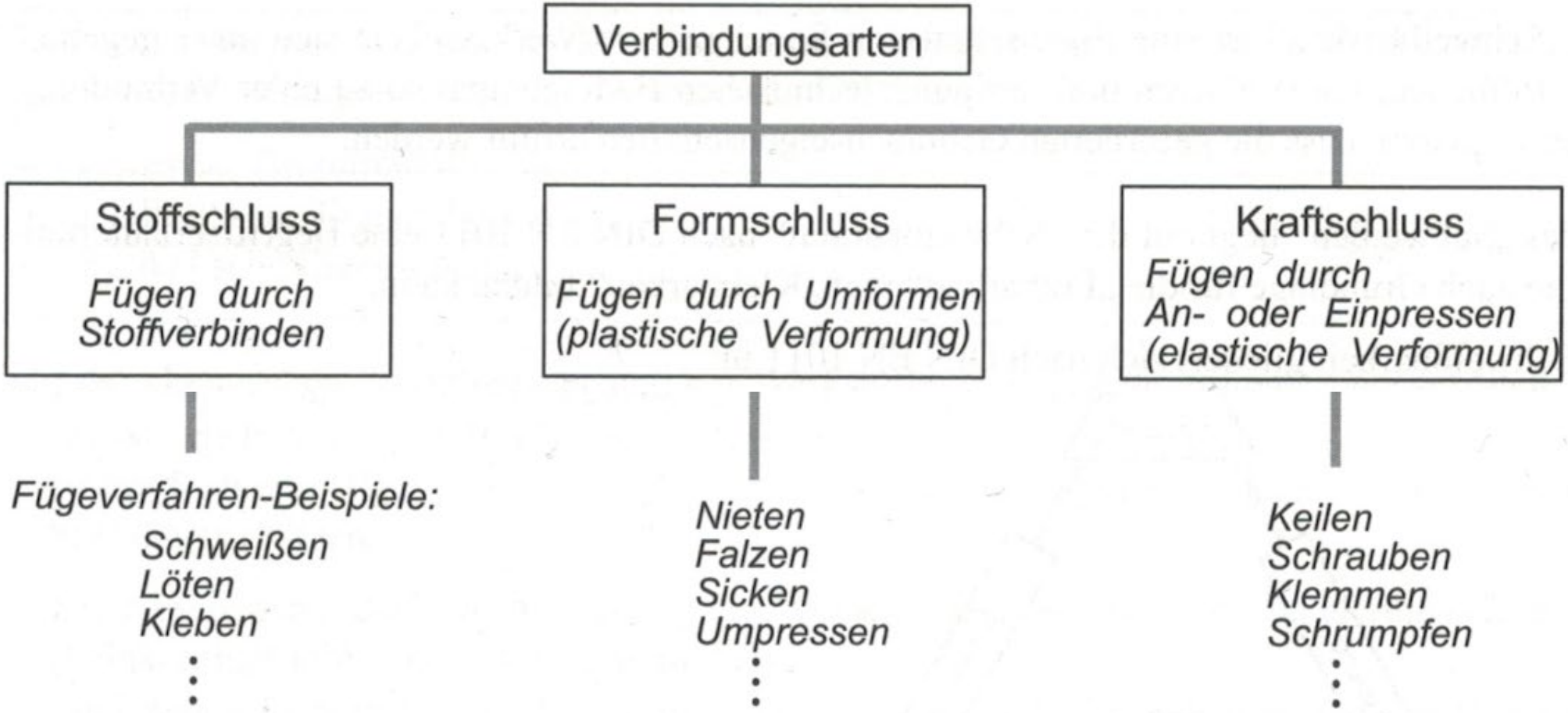
 hohe Oberflächengüten (bis 0,1 µm) extreme Formgenauigkeiten enge Maßtoleranzen (bis IT 1)

Genauigkeiten beim Läppen

Oberflächenrauigkeit:	0,05... 0,1 µm
Maßgenauigkeit:	1 µm
Planparallelität:	0,3 µm
Ebenheit:	0,2 ... 3 µm

4. Fügen

Fügen



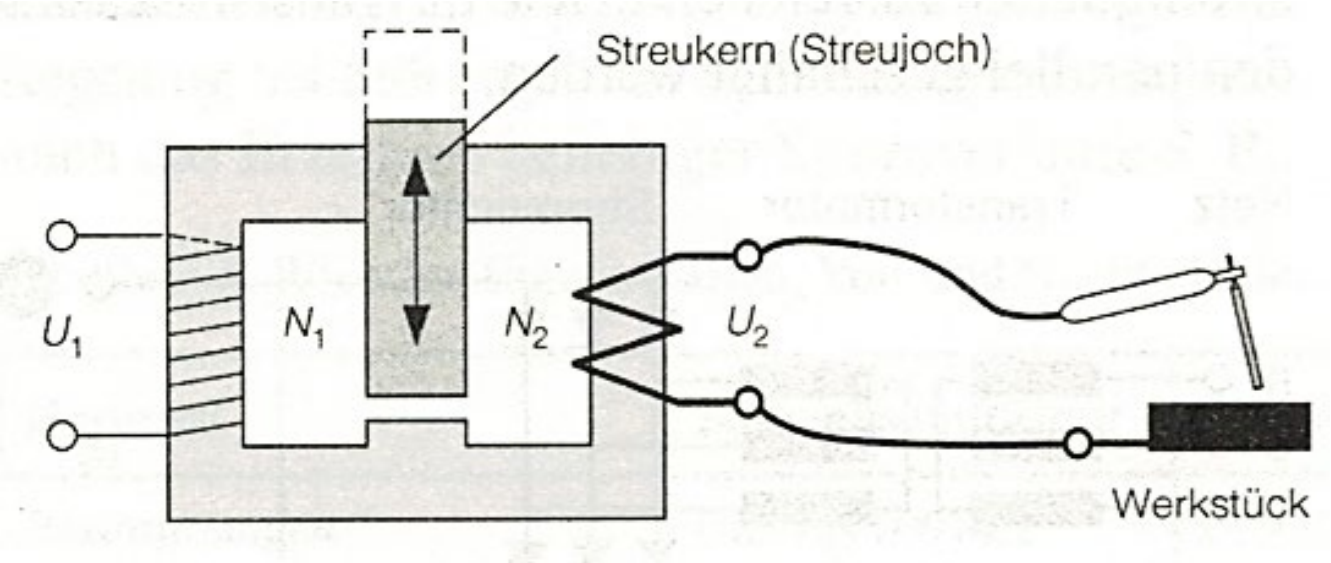
Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Schweißen mit Lichtbogen

<u>Früher:</u>

mechansich verstellbare Transformatoren

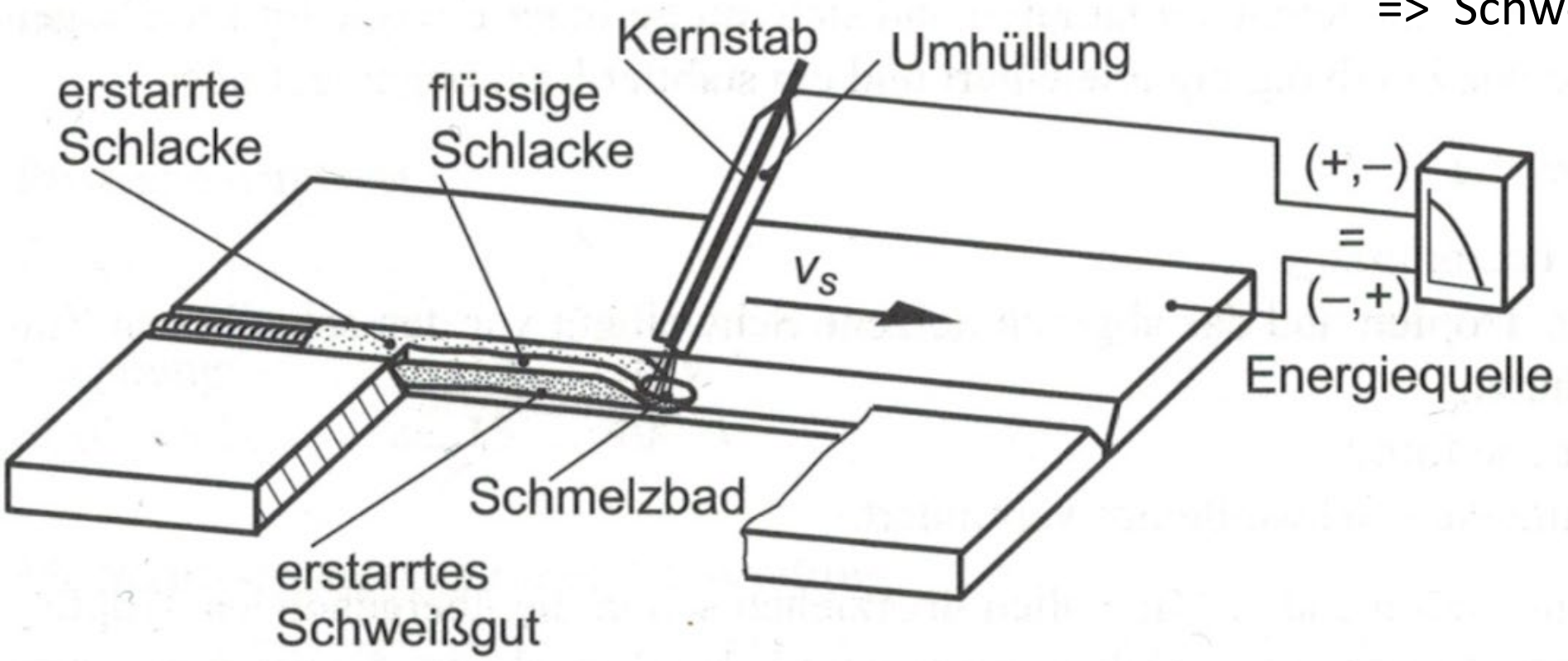
=> Wechselstrom



<u>Quelle:</u>
Fritz, Schulze: Fertigungstechnik, Springer-Verlag

Lichtbogen Handschweißen (E-Hand)

Stabelektrode brennt ab
=> Schweißzusatz

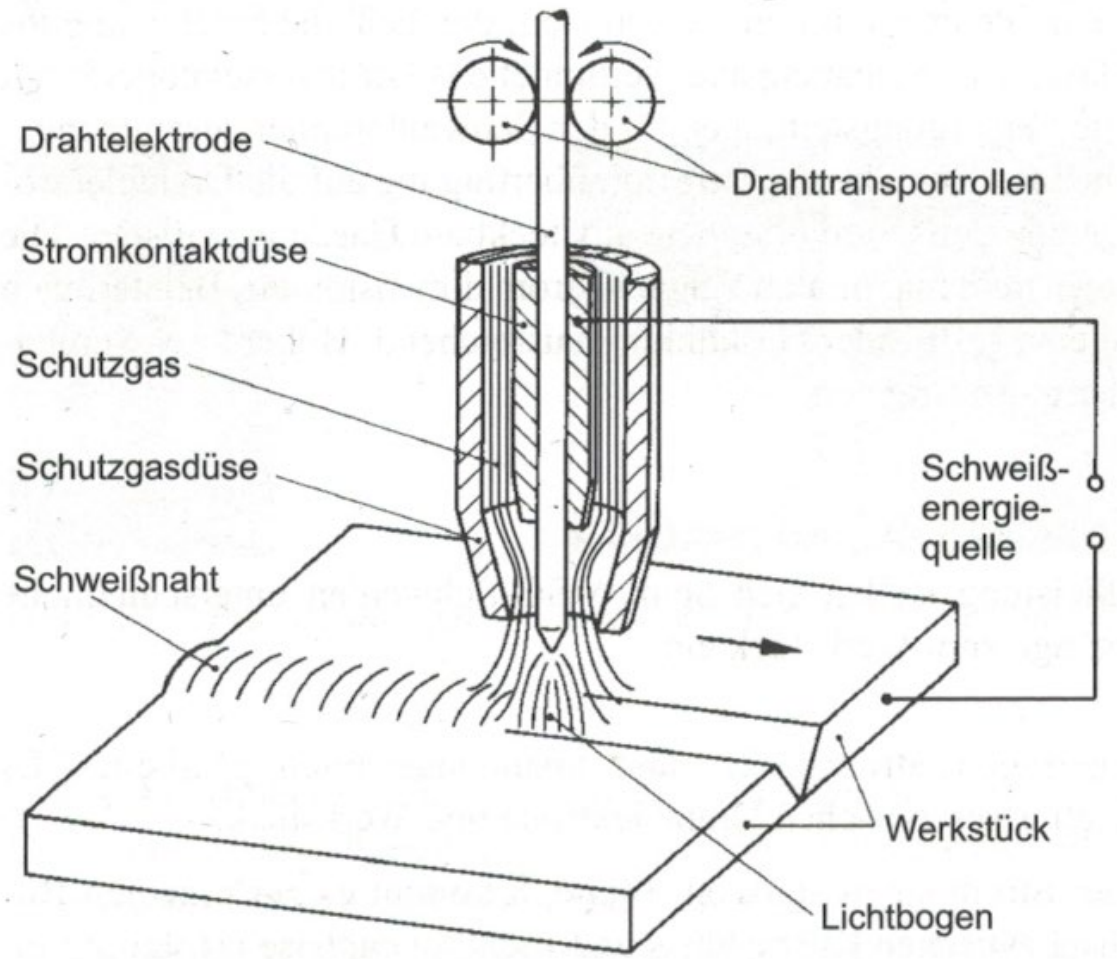


Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Metall-Schutzgasschweißen MIG / MAG

Nach DIN EN 14610

- Abschmelzende Elektrode = Schweißzusatz
- Drahtelektrode wird automatisch zugeführt (endlos, von Drahtspule)
- Durchmesser ca. 0,8 … 1,6 mm
- Schutzgas aus Düse zum Schutz des Schmelzbades (MIG = Argon/Helium, MAG = CO2, aktiv)

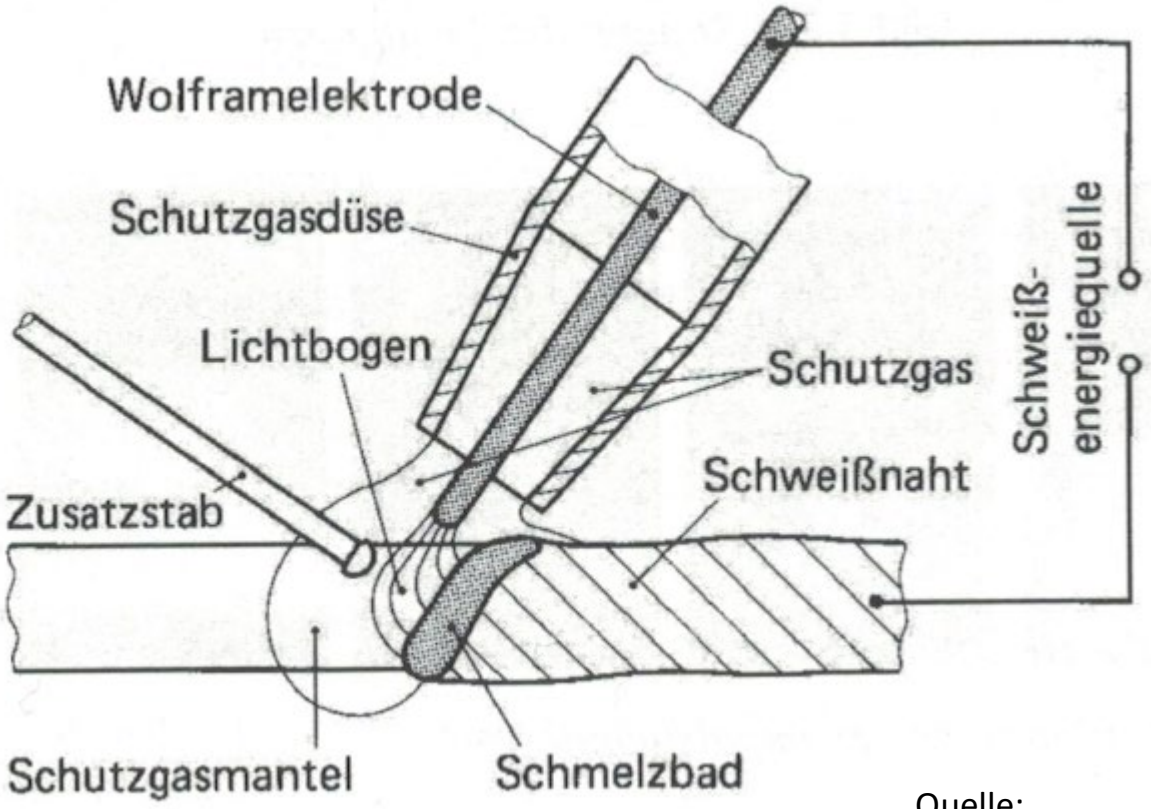


Quelle:
Awiszus, et al.

Schweißen

Wolfram-Inertgas-Schweißen (WIG)

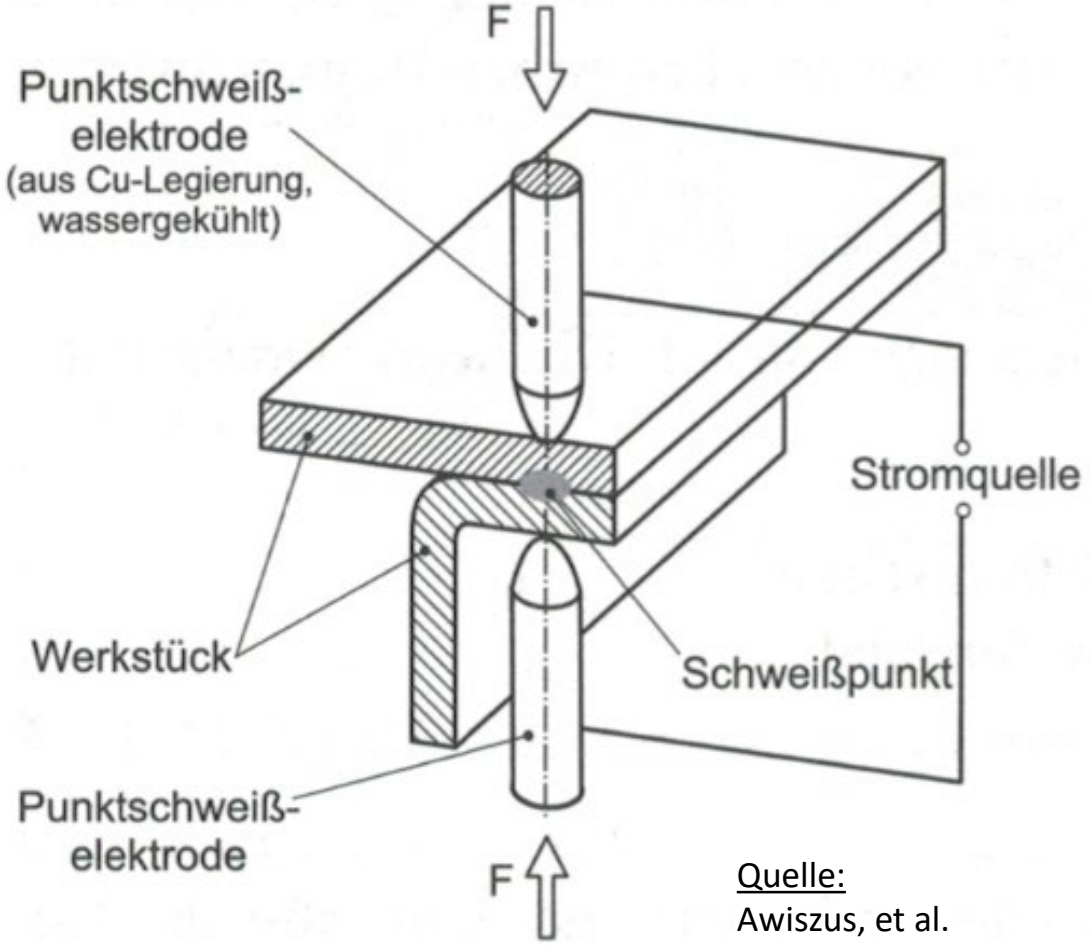
- Wolframelektrode brennt nicht ab
- Schutzgas umströmt Elektrode
- Schweißzusatz wird von Hand zugeführt
- Gut geeignet für hoch legierte Stähle (Edelstahl), Titan, Tantal
- Mit Wechselstrom: Aluminium, Magnesium



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Punktschweißen (zweiseitig)

- Punktförmige Erwärmung der Werkstücke
- Unter Anwendung von Strom und Kraft an den punkt-/linsenförmige Verschweißung
- Ein-/Doppel-/Vielpunktschweißen



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der
Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Löten

Definition Löten

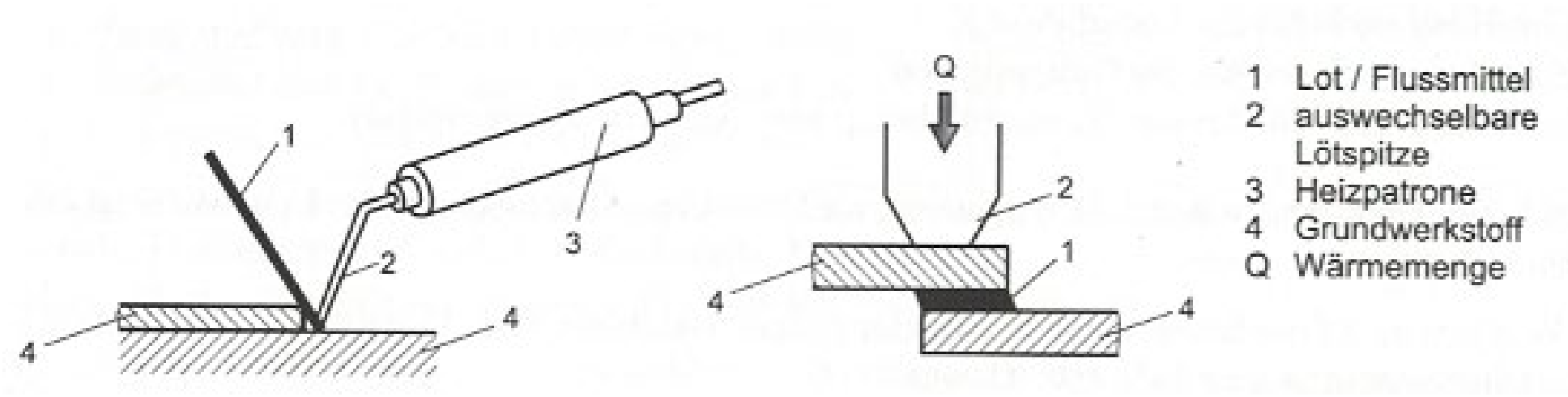
Nach DIN ISO 857-2 ist Löten ein thermisches Verfahren zum stoffschlüssigen Fügen und Beschichten von metallischen und nichtmetallischen Grundwerkstoffen, wobei eine schmelzflüssige Phase durch Schmelzen eines Lots (Schmelzlöten mit einem Fertiglot) oder durch Diffusion an den Grenzflächen (Diffusionslöten mit einem Reaktionslot) entsteht. Im Unterschied zum Schweißen wird die Solidustemperatur der Grundwerkstoffe nicht erreicht. Grundwerkstoff und Zusatzwerkstoff (Lot) können in ihrer chemischen Zusammensetzung sehr unterschiedlich sein.

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Löten

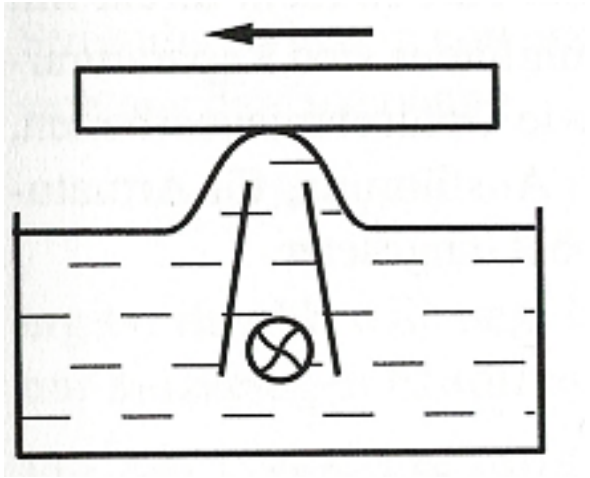
Prinzip des Kolbenlötens

Beispiel:
Elektronik-Einzelfertigung



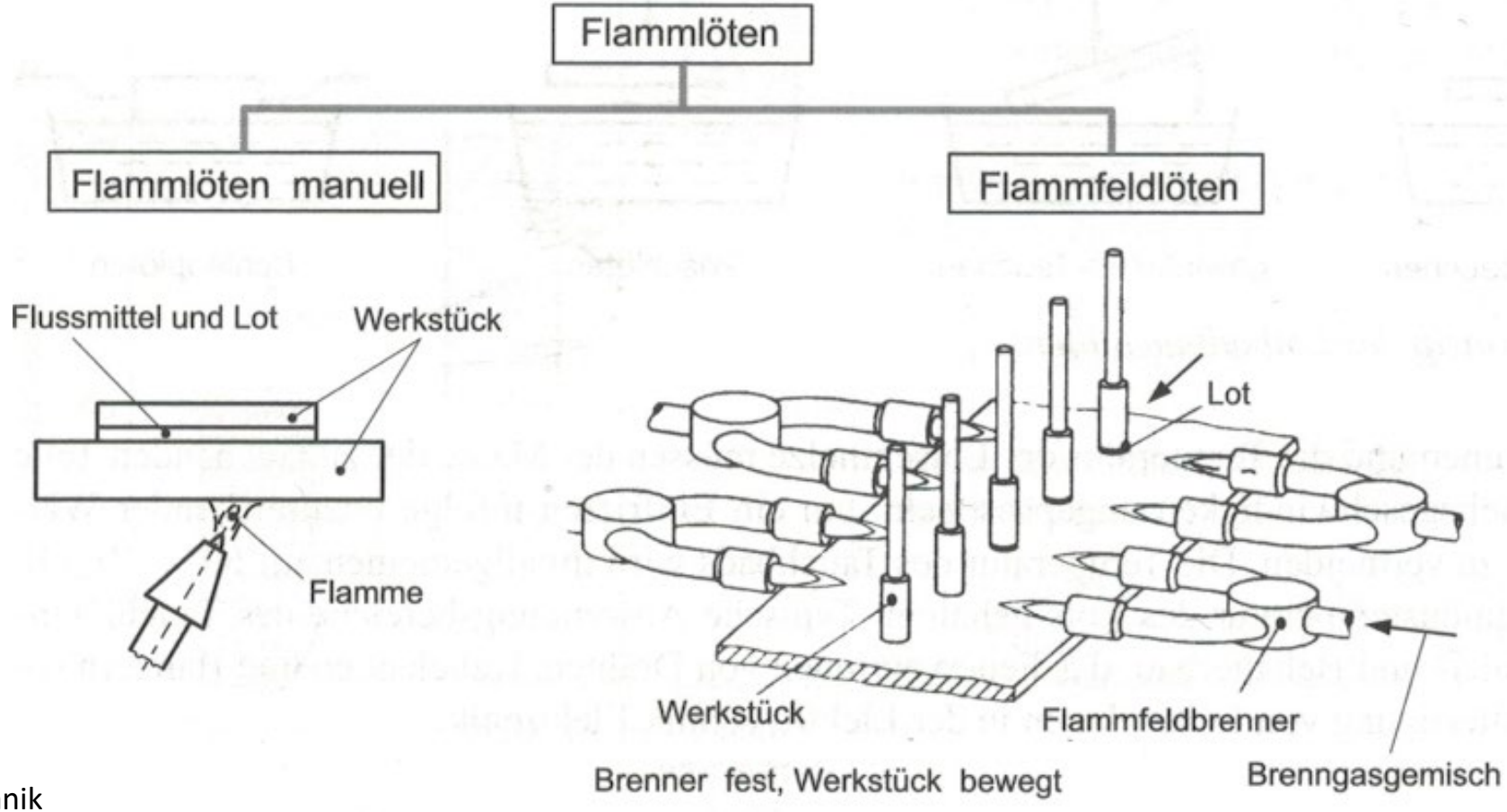
Prinzip des Wellenlötens

Beispiel:
Elektronik-Massenfertigung



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Verfahren



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Klassifizierung der Lote

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

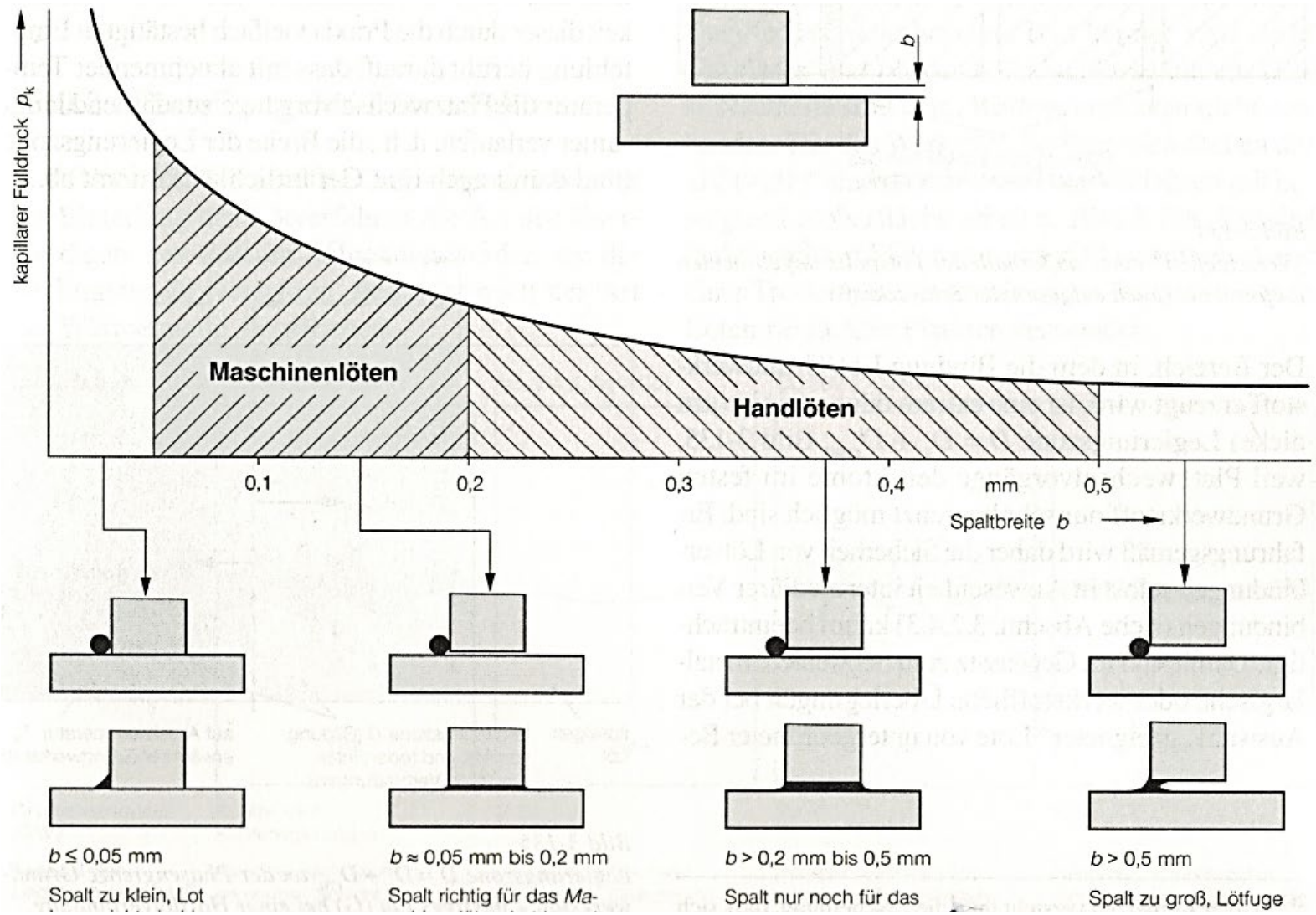
Einteilung der Lote

- **nach der chemischen Zusammensetzung**
  z. B.:
  - Kupferlote
  - Silberlote
  - Zinn-Blei-Lote
- **nach den technologischen Eigenschaften**
  z. B.:
  - selbstfließende Lote
  - Reaktionslote
  - Kompositlote
- **nach der Schmelztemperatur**
  z. B.:
  - Weichlote
  - Hartlote
- **nach der Halbzeugform**
  z. B.:
  - Lotformteile
  - Lotpasten
  - Lotpulver
  - Lotfolien

International üblich ist die Grobgliederung in:

- Weichlote (Liquidustemperatur des Lots < 450 °C),
- Hartlote (Liquidustemperatur des Lots zwischen 450 und 900 °C) und
- Hochtemperaturlote (Liquidustemperatur des Lots > 900 °C).

Gestaltung des Lotspaltes



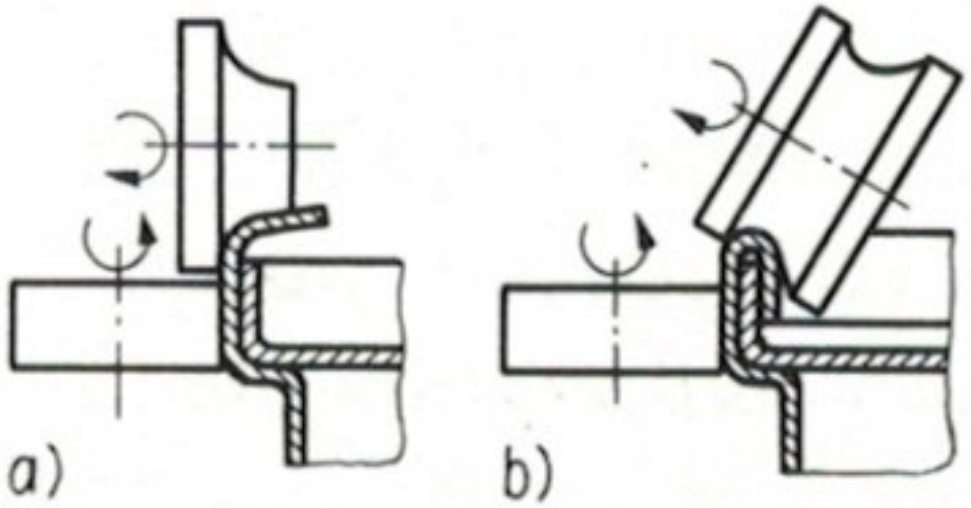
Quelle:
Fritz, Schulze:
Fertigungstechnik,
Springer-Verlag

Formschlüssiges Fügen

Bördeln

Bördelverbindungen

Bördelverbindungen sind formschlüssige, starre und unlösbare Verbindungen, häufig von rohrartigen Bauteilen. Sie entstehen durch das Fügen der Verbindungspartner und das anschließende Umlegen (Bördeln) des Rohrrandes (Bordes).



Bördelrollen

a) 1. Rolle: Vorbördeln
b) 2. Rolle: Fertigbördeln

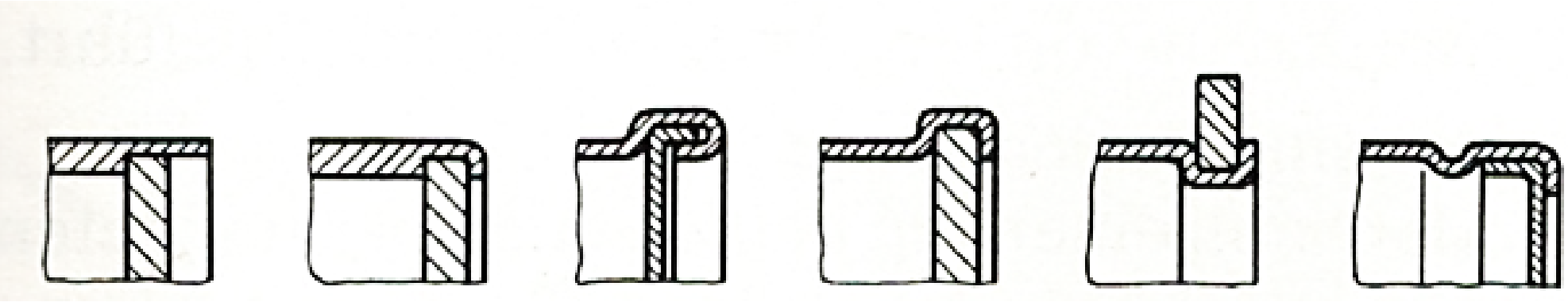
Quelle:
Krause: Konstruktions-elemente der Feinmechanik, Hansa

Bördeln

Grundsätze bei der konstruktiven Gestaltung beim Bördeln

- Duktile, als gut dehn- und streckbare Werkstoffe auswählen:
- Tiefziehstahlblech, Messing, Aluminium, Aluminium-Knetlegierungen
- Bei unterschiedlichen Materialien: Bördelfuge besonders sauber halten

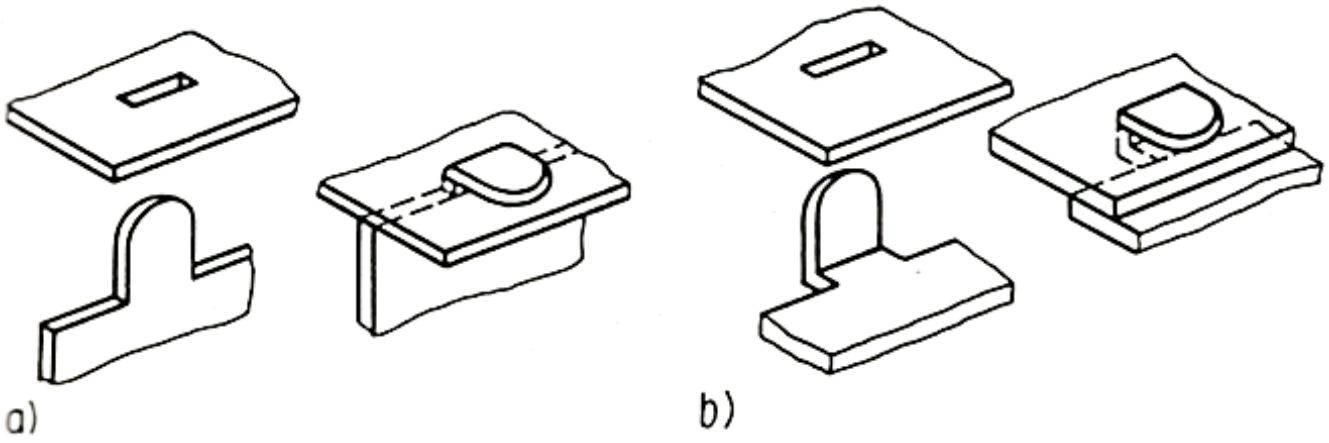
Beispiele:



Quelle:
Krause: Konstruktions-elemente der Feinmechanik, Hansa

Lapp- und Schränkverbindungen

- Formschlüssige, starre, bedingt lösbare Verbindungen von Blechteilen
- Lappen (aus Metall) wird nach dem Fügen um 90° (T-Stoß) oder 180° (Überlappstoß) umgelegt



Im T-Stoß

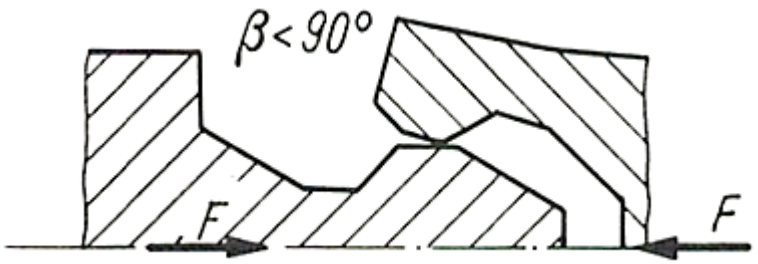
Im Überlappstoß

Quelle:
Krause: Konstruktions-elemente der Feinmechanik, Hansa

Schnappverbindung

<u>Grundsätze bei der konstruktiven Gestaltung</u>:

Werkstoffe mit guter Elastizität (Stahl, Kautschuk, Thermoplaste, oder gute plastische Verformbarkeit (Kupfer, Aluminium, Silber, etc.)



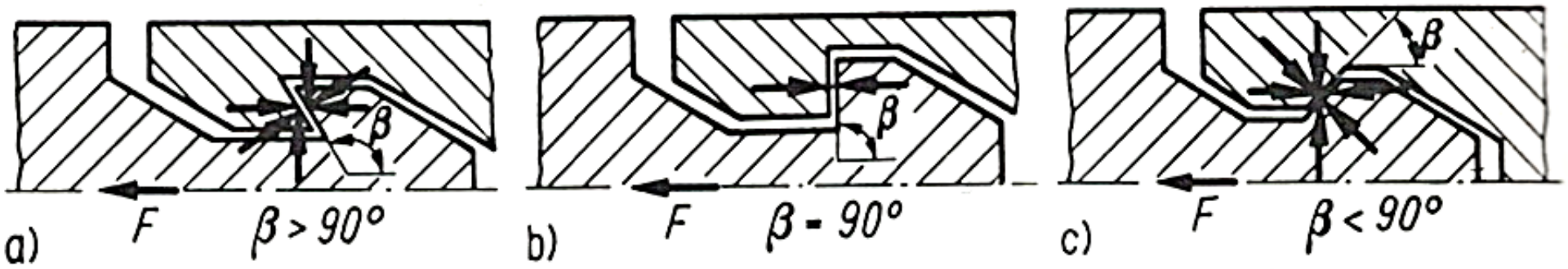


Bild 4.3.69. Schnappverbindungen

a), b) reiner Formschluß; c) Kraft- und Formschluß

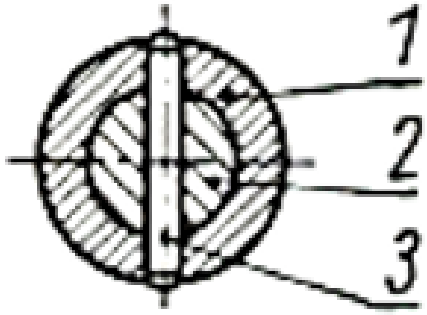
<u>Quelle:</u>
Krause: Konstruktions-elemente der Feinmechanik, Hansa

Übungsfragen

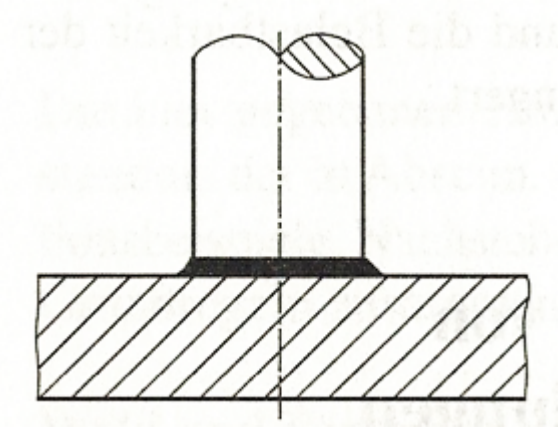
Um welche Art der Verbindung handelt es sich hier?

Kraftschlüssig, formschlüssig oder stoffschlüssig?

a)



b)

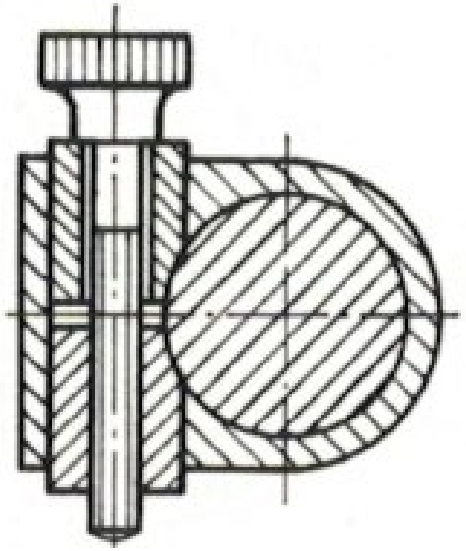


Übungsfragen

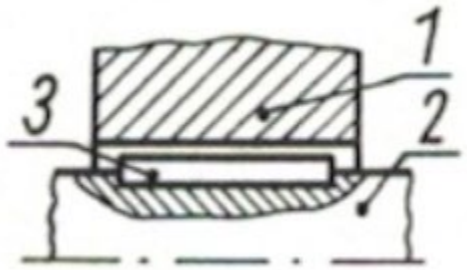
Um welche Art der Verbindung handelt es sich hier?

Kraftschlüssig, formschlüssig oder stoffschlüssig?

c)



d)



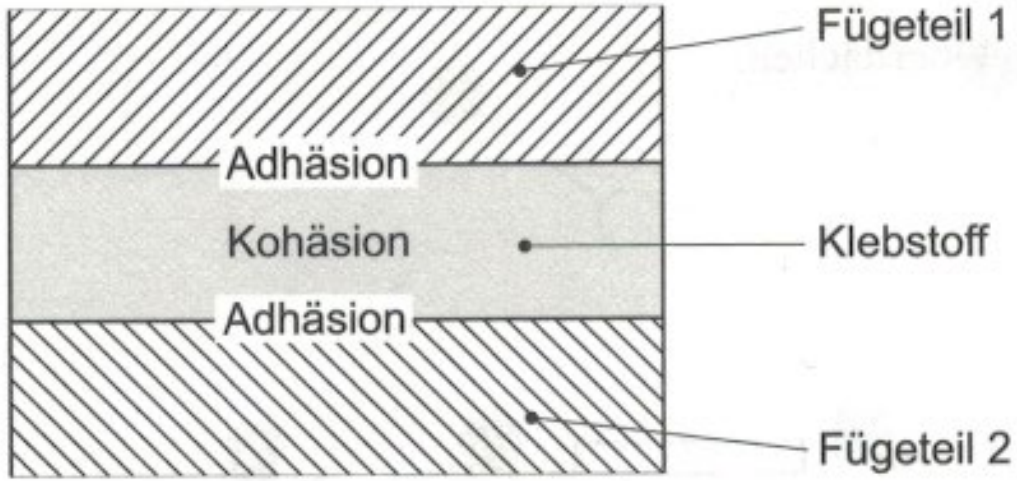
1 Nabe
2 Welle
3 Paßfeder

Kleben

Kleben – adhäsives Verbinden von Werkstoffen

Bei Klebverbindungen kommt es darauf an, dass:

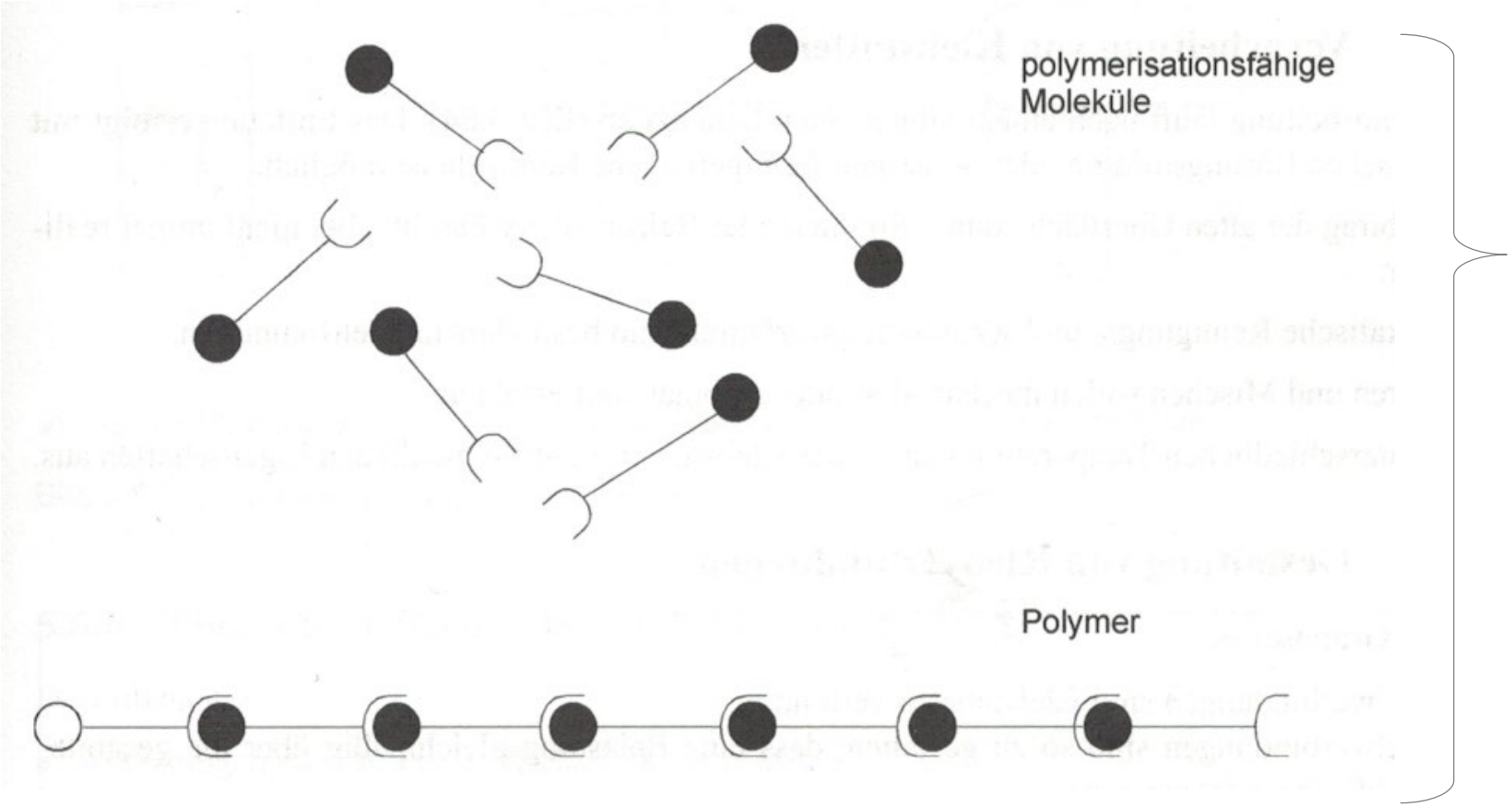
- der Klebstoff und die Fügeteile genügende Festigkeit aufweisen („Kohäsion“)
- der Klebstoff mit genügender Festigkeit auf den Fügeteilen haftet („Adhäsion“).



Kleben hat viele Vorteile ist aber auch nicht unproblematisch. Klebstoffe haften auf einigen Kunststoffen nicht.

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Chemisch reagierende Klebstoffe => **Polymerisation**

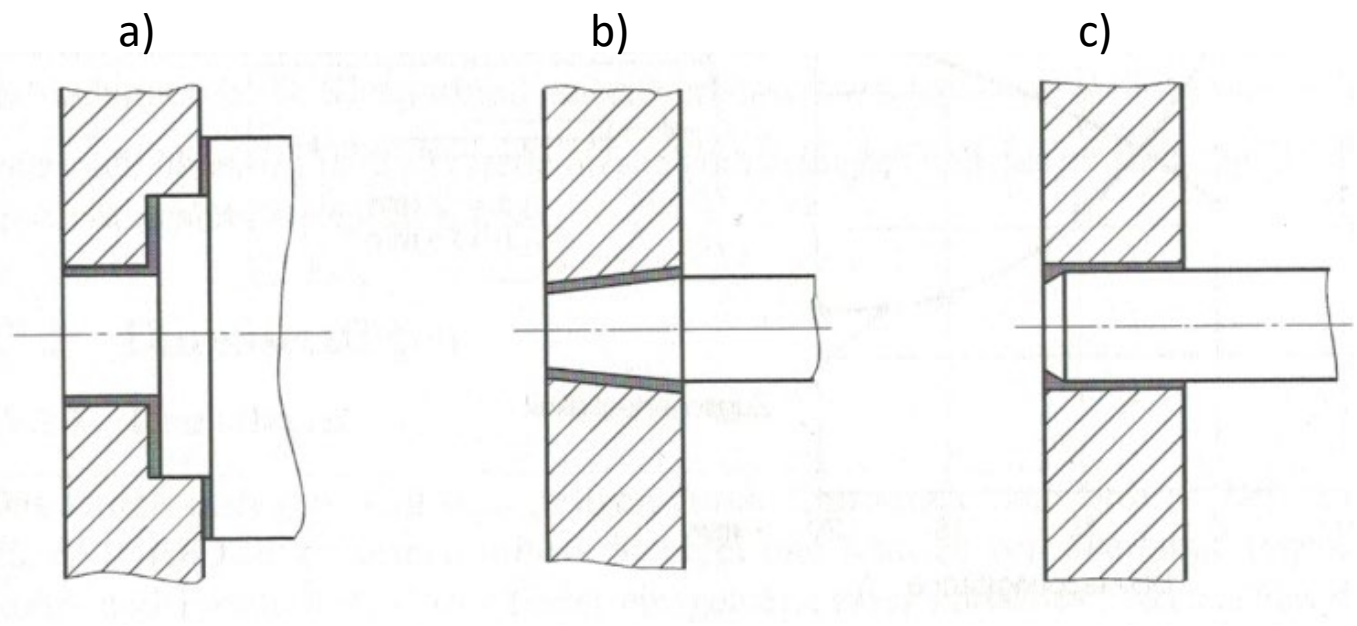


Molekül-vergrößerung

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Gestaltung von Klebverbindungen

- Klebverbindungen sind flächenhafte Verbindungen
- Klebverbindungen sind so zu gestalten, dass eine Belastung gleichmäßig über die gesamte Klebfläche erfolgt



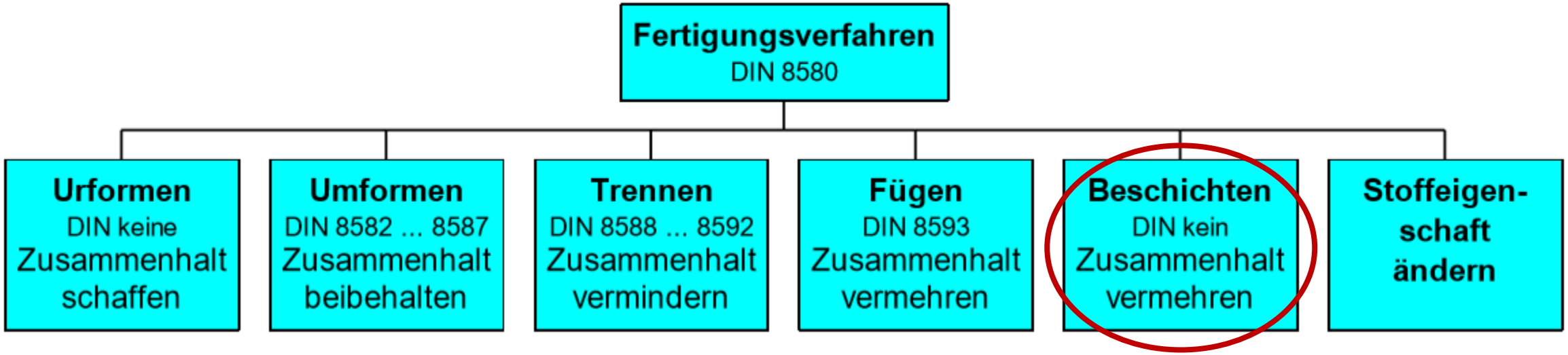
a) Bund mit Rundpassung b) keglige Fügeteile c) angefaste Fläche

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

DIN 8580

Fertigungsverfahren

Einteilung in 6 Hauptgruppen nach DIN 8580



Quelle: Skript Prof. H. Albrecht, Frankfurt AUS, WS 16/17

Neues Thema:

5. Beschichten

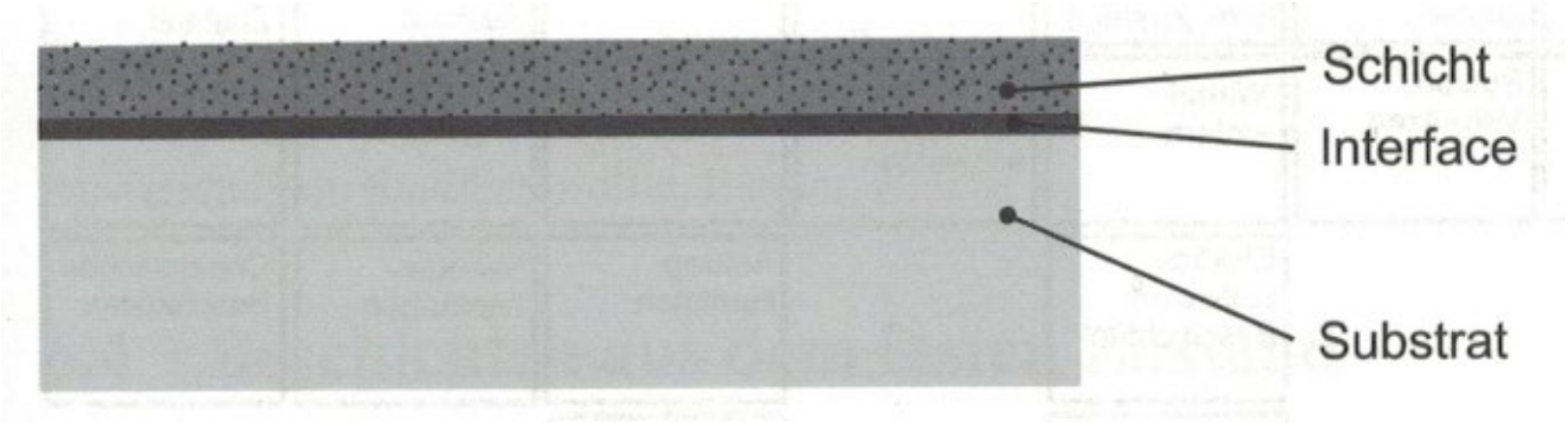
Beschichten

Definition

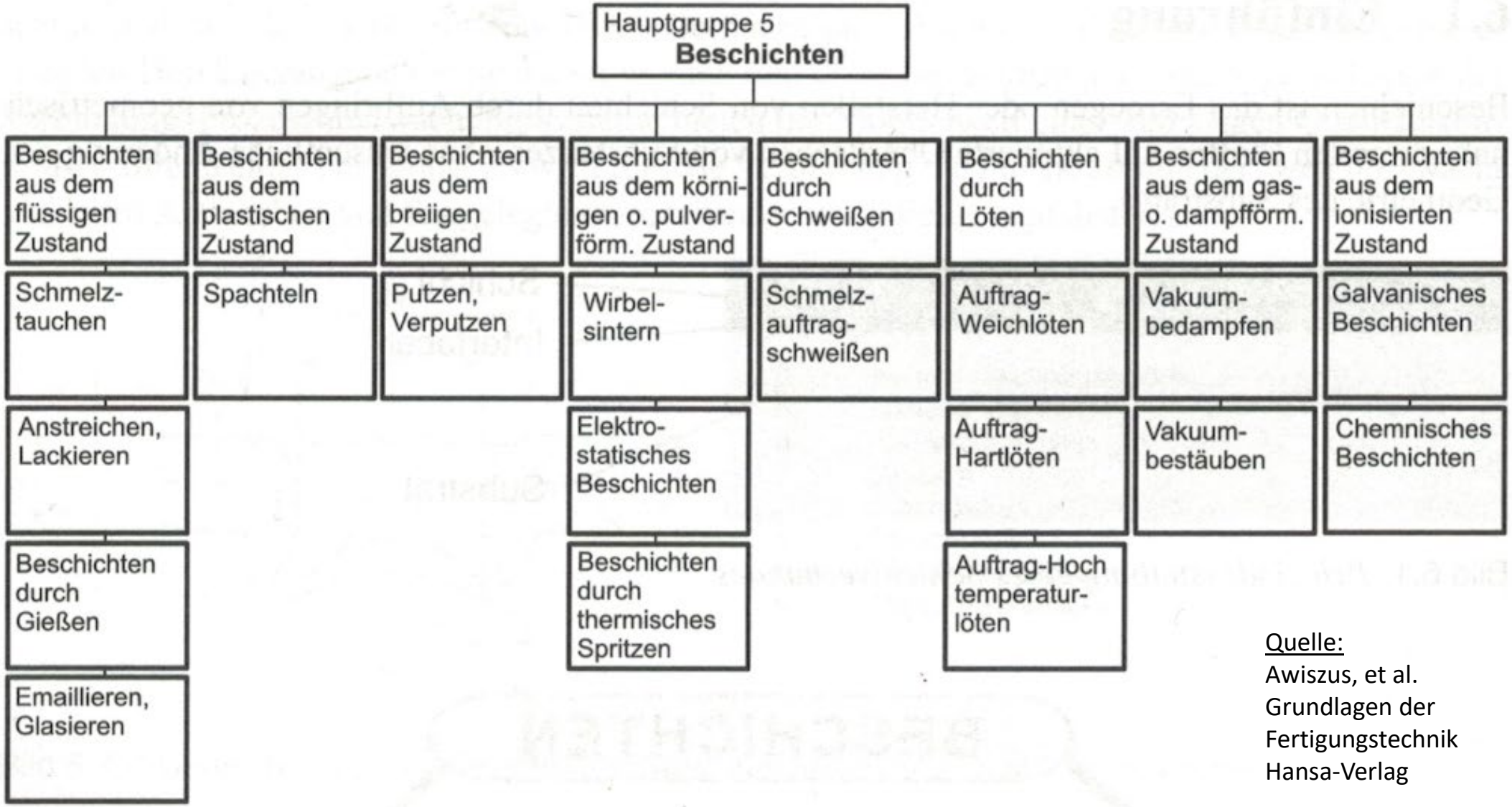
Beschichten ist das Erzeugen oder Herstellen von Schichten durch Aufbringen von geometrisch unbestimmten Stoffen auf aktivierte Oberflächen von Substanzen ohne wesentliche Änderung der Geometrie des Substrates.

Prinzip-Darstellung eines Schichtverbundes:

Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der
Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

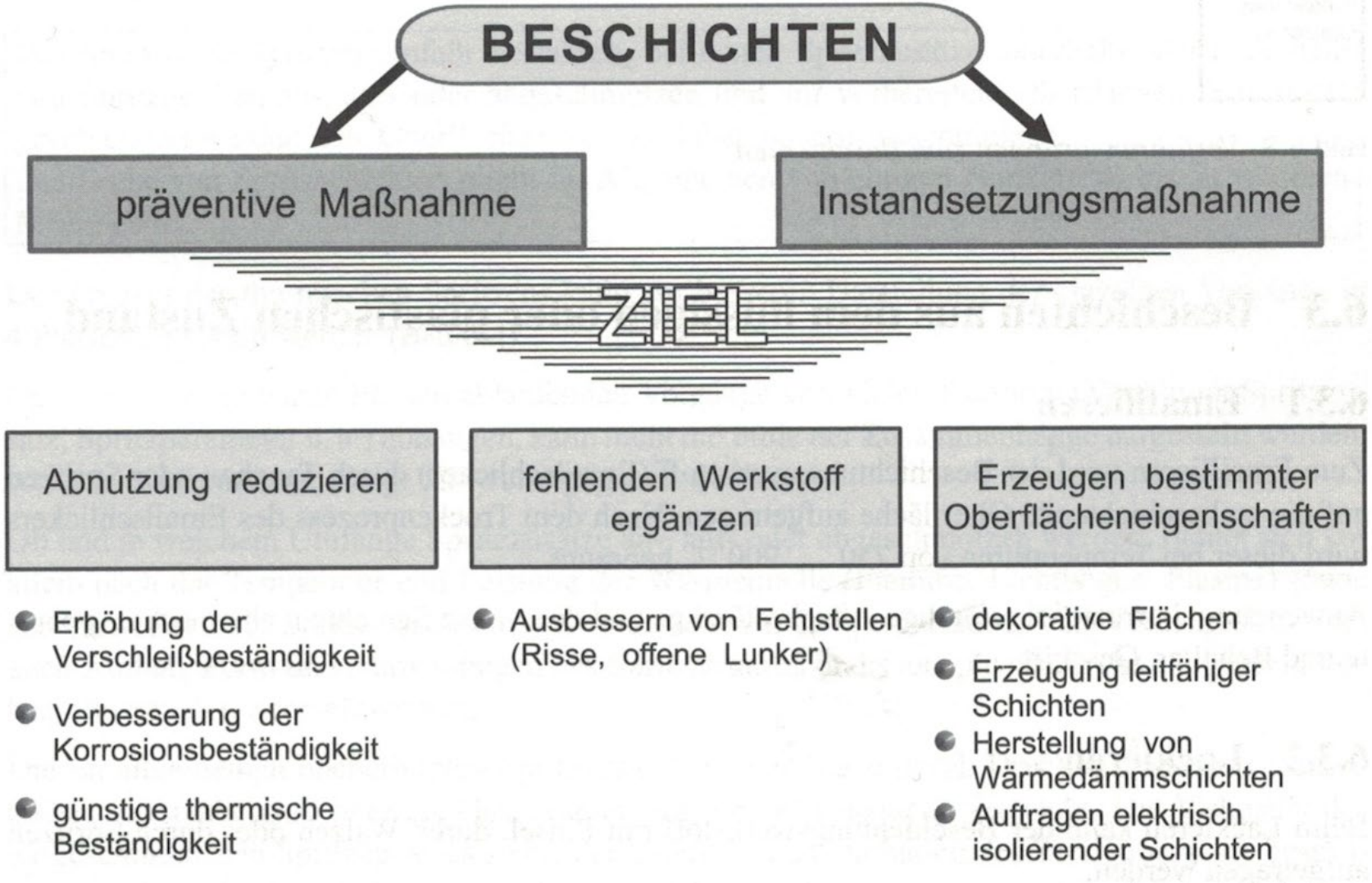


Beschichten



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Zweck des Beschichtens



Quelle:
Awiszus, et al.
Grundlagen der Fertigungstechnik
Hansa-Verlag

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit !

Impressum

Hinweis

Diese Folien sind ausschließlich für den internen Gebrauch im Rahmen der Lehrveranstaltung an der Frankfurt University of Applied Sciences bestimmt. Sie sind nur zugänglich mit Hilfe eines Passwortes, dass in der Vorlesung bekannt gegeben wird.