

# Konstruktion

Prof. Dr.-Ing. Martin Bothen

SS 2021



**TH Aschaffenburg**  
university of applied sciences

# Konstruieren mit Kunststoffen

- **Fertigungsgerechtes Gestalten von Kunststoffteilen**
  - Spritzgießverfahren
  - Werkzeuggerechtes Konstruieren
    - Entformungsschrägen
    - Trennebene, Anguß, Toleranzen
    - Hinterschneidungen
    - Durchbrüche
    - Gewinde
    - Oberflächen
  - Werkstoffgerechtes Konstruieren
    - Mechanische Eigenschaften
    - Waddicken, Werkstoffanhäufungen
    - Verstärkungsrippen, Radien und Rundungen
    - Einbetten von Metallteilen
    - Umspritzen mit Kunststoff
    - Nachträgliches Einsetzen in Kunststoffteilen

# Definition Konstruieren

---

**Kunststoffe sind makromolekulare organische Werkstoffe, die plastisch formbar oder plastisch geformt worden sind.**

# Einteilung Kunststoffe

- **Thermoplaste**

keine Vernetzung während der Formgebung,  
nach der Formgebung aufschmelzbar

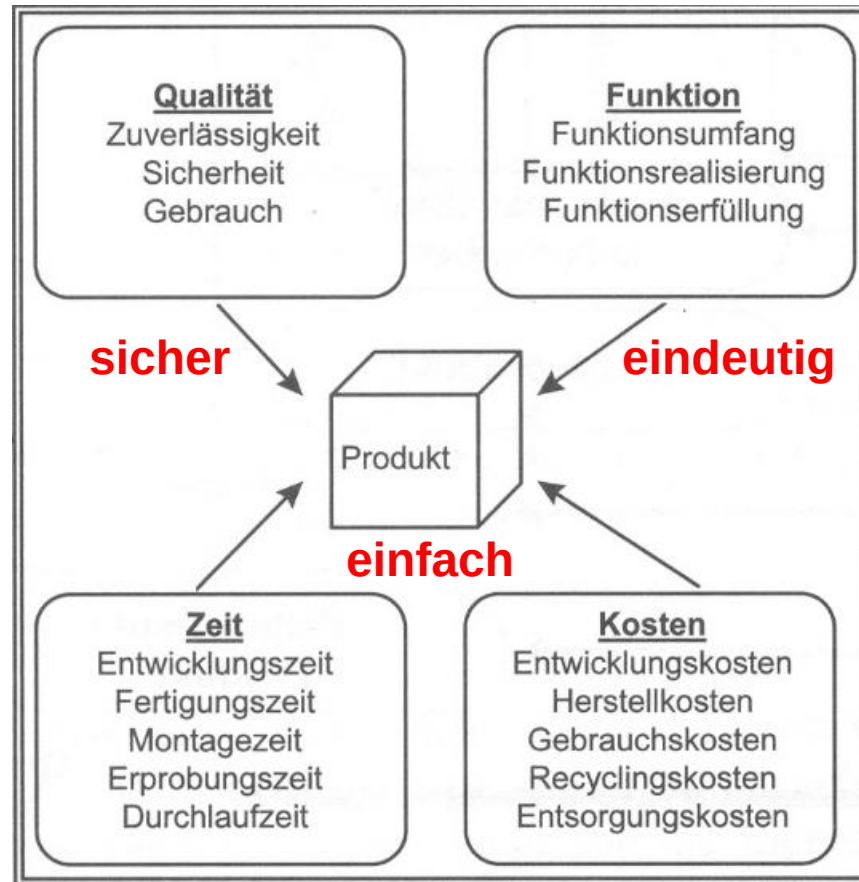
- **Duromere**

starke Vernetzung während der Formgebung,  
nach der Formgebung nicht mehr aufschmelzbar

- **Elastomere**

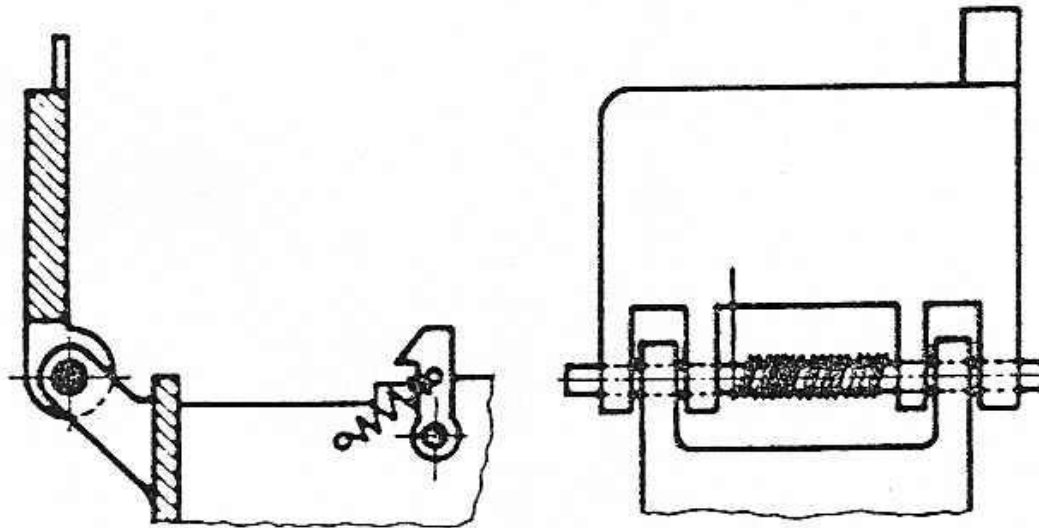
geringe Vernetzung während der Formgebung,  
nach der Formgebung nicht mehr aufschmelzbar

# Einflussfaktoren auf die Produktentwicklung

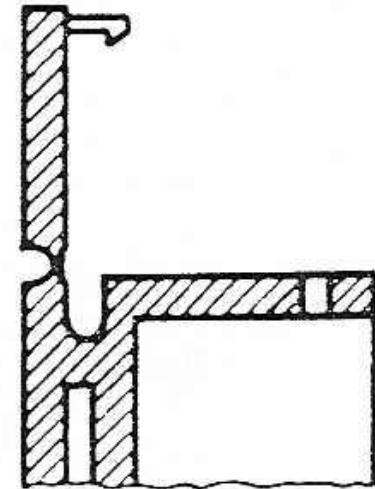


# Beispiel Kunststoffkonstruktion

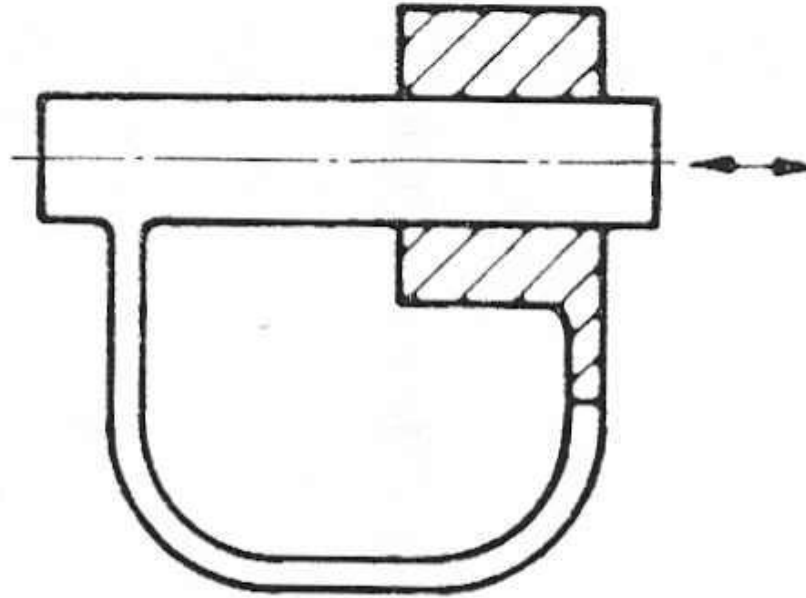
*konventionelle Ausführung*



*integrale Ausführung*



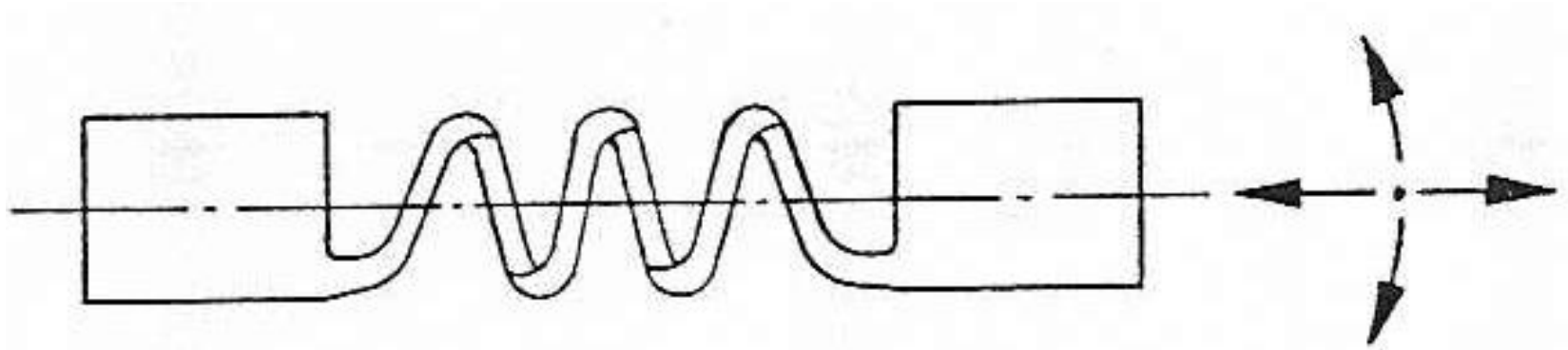
# Prinzip der multifunktionalen Bauweise



Prinzip der multifunktionalen Bauweise: Kombinierte Nutzung verschiedener Kunststoffeigenschaften in einem Bauteil

Beispiel: Schiebeführung mit Federeigenschaften

# Beispiel Kunststoffkonstruktion



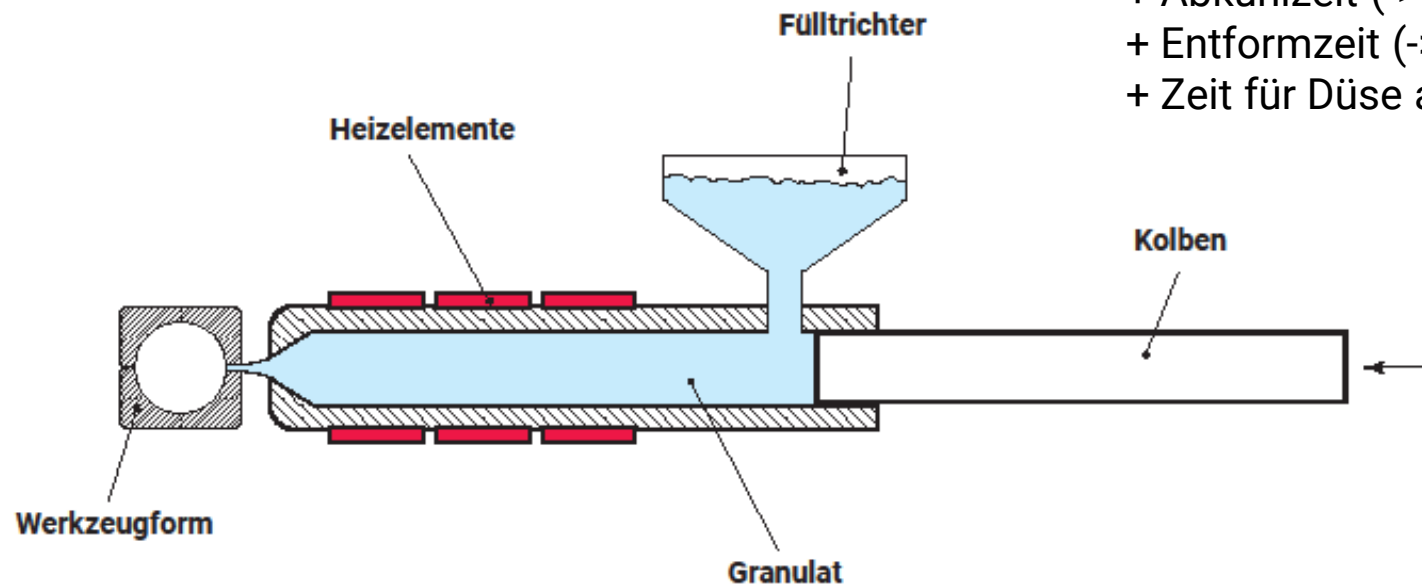


# Spritzgießverfahren

## Kolbenspritzgießmaschine

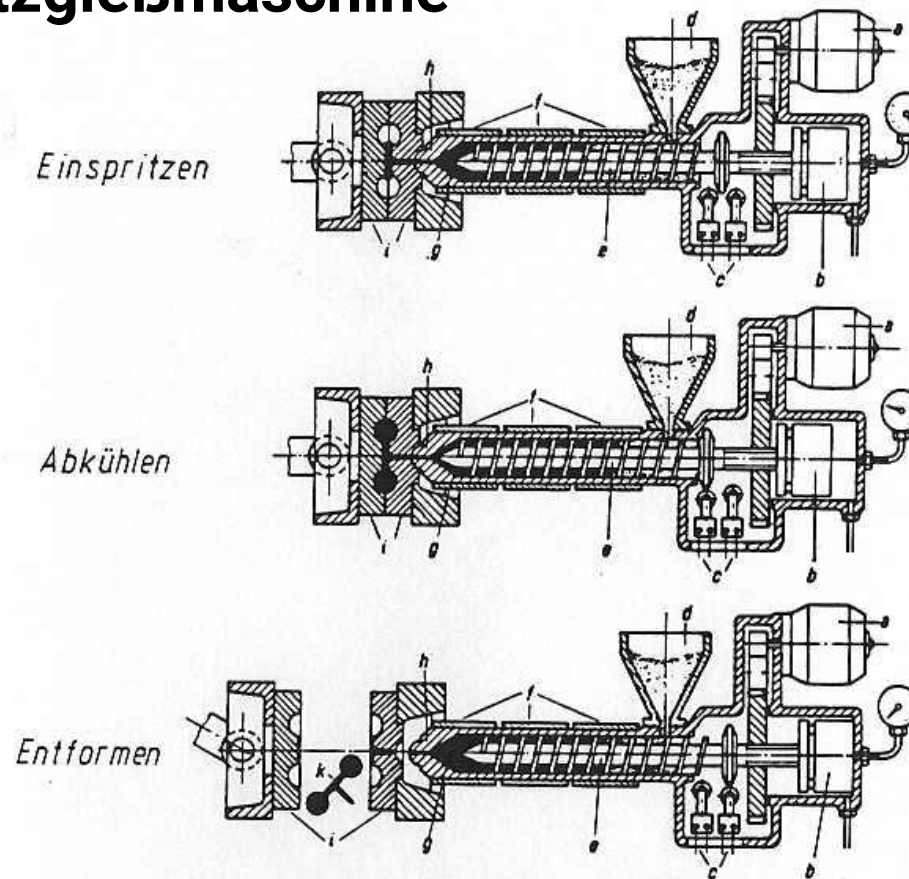
**Zyluszeit** = Einspritzzeit

- + Nachdruckzeit (-> Schwindung)
- + Abkühlzeit (-> Plastifizierung)
- + Entformzeit (-> Hinterschneidungen)
- + Zeit für Düse anlegen



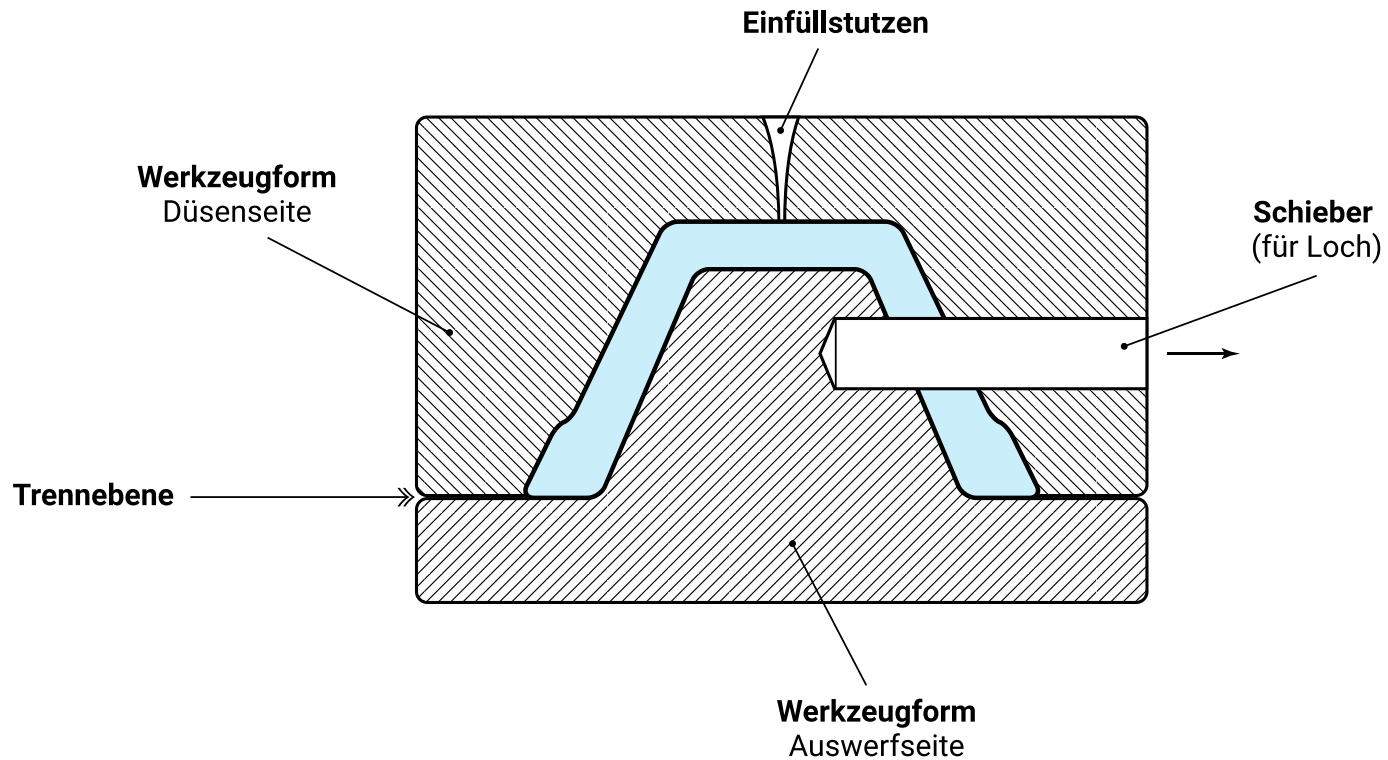
# Spritzgießverfahren

## Schneckenspritzgießmaschine



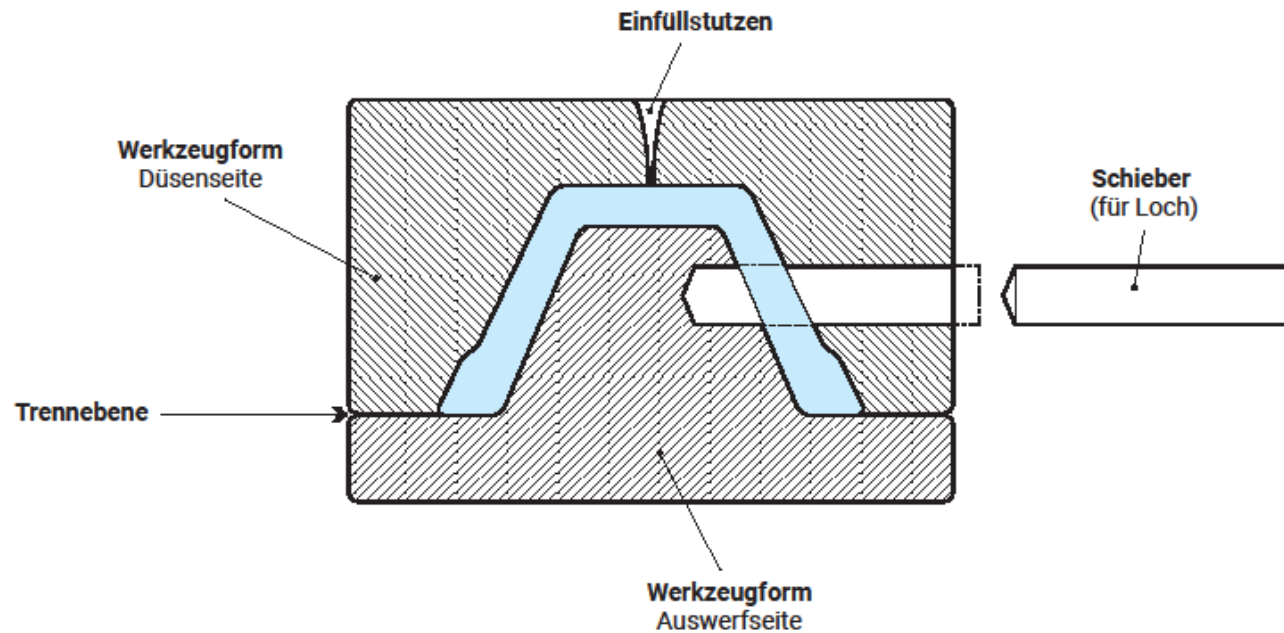
siehe auch <https://www.youtube.com/watch?v=ABWJrh10vBo>

# Werkzeuggerechtes Konstruieren



# Werkzeuggerechtes Konstruieren

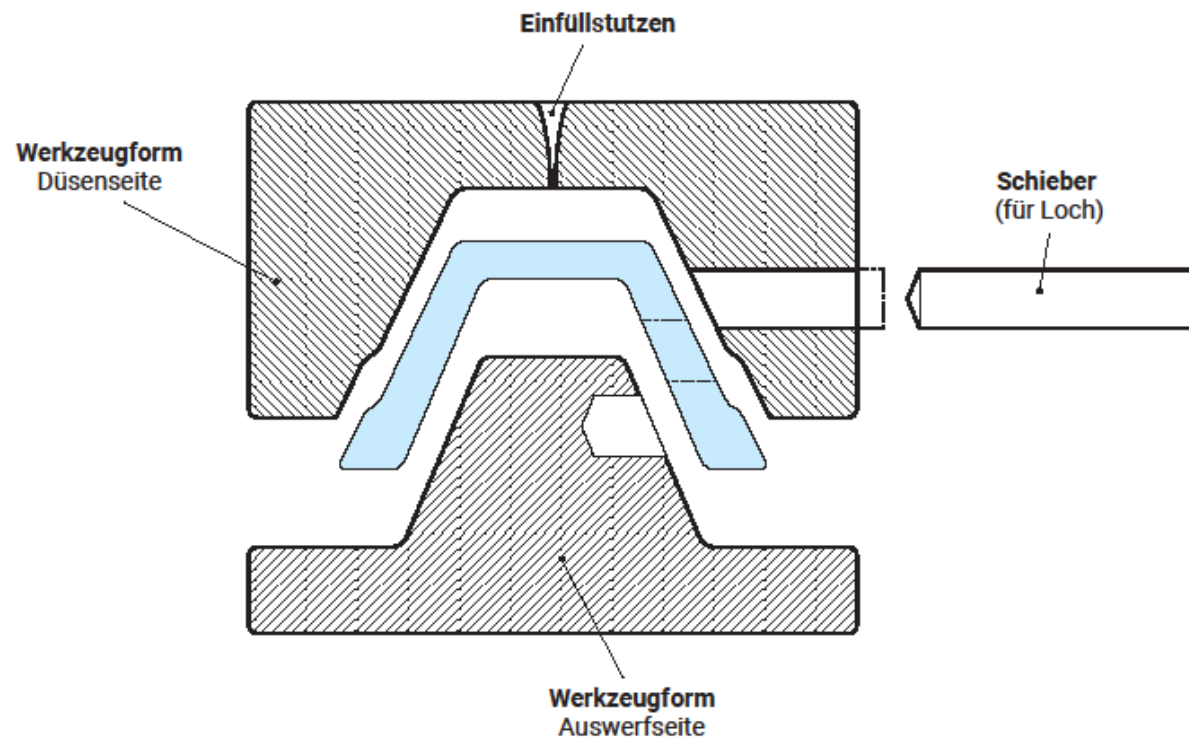
## Werkzeug mit Trennebene



Grafik: „Werkzeug mit Trennebene“, TH Aschaffenburg, 2020

# Werkzeuggerechtes Konstruieren

## Werkzeug mit Trennebene

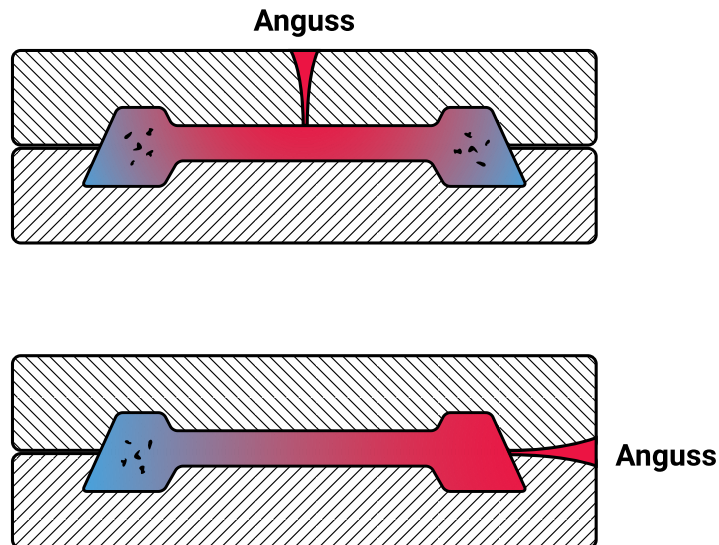


Grafik: „Werkzeug mit Trennebene“, TH Aschaffenburg, 2020

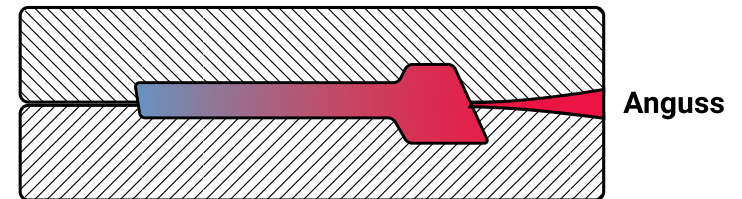
# Werkzeuggerechtes Konstruieren

## Einfluss des Anguss auf die Lunkerbildung

Werkzeugform und/oder Anguss  
ungünstig



Werkzeugform und Anguss  
günstig



# Werkzeuggerechtes Konstruieren

## Entformungsschräge

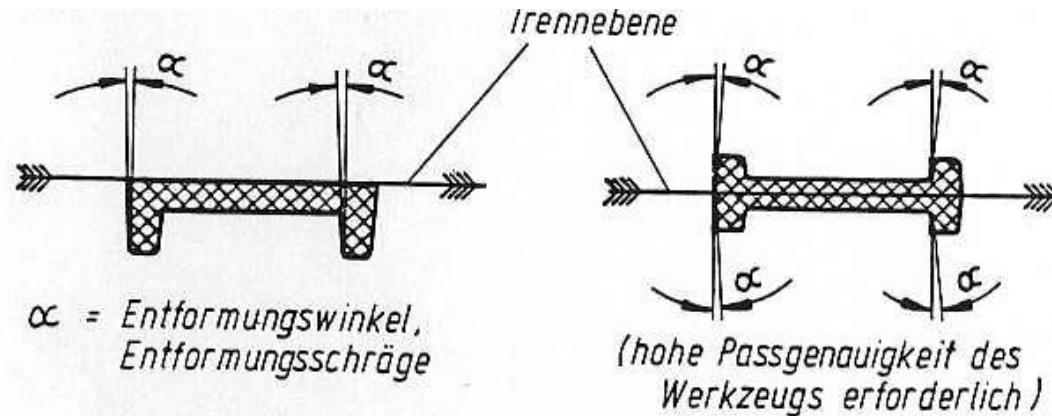


Abb. 17 Entformungsschrägen /2/

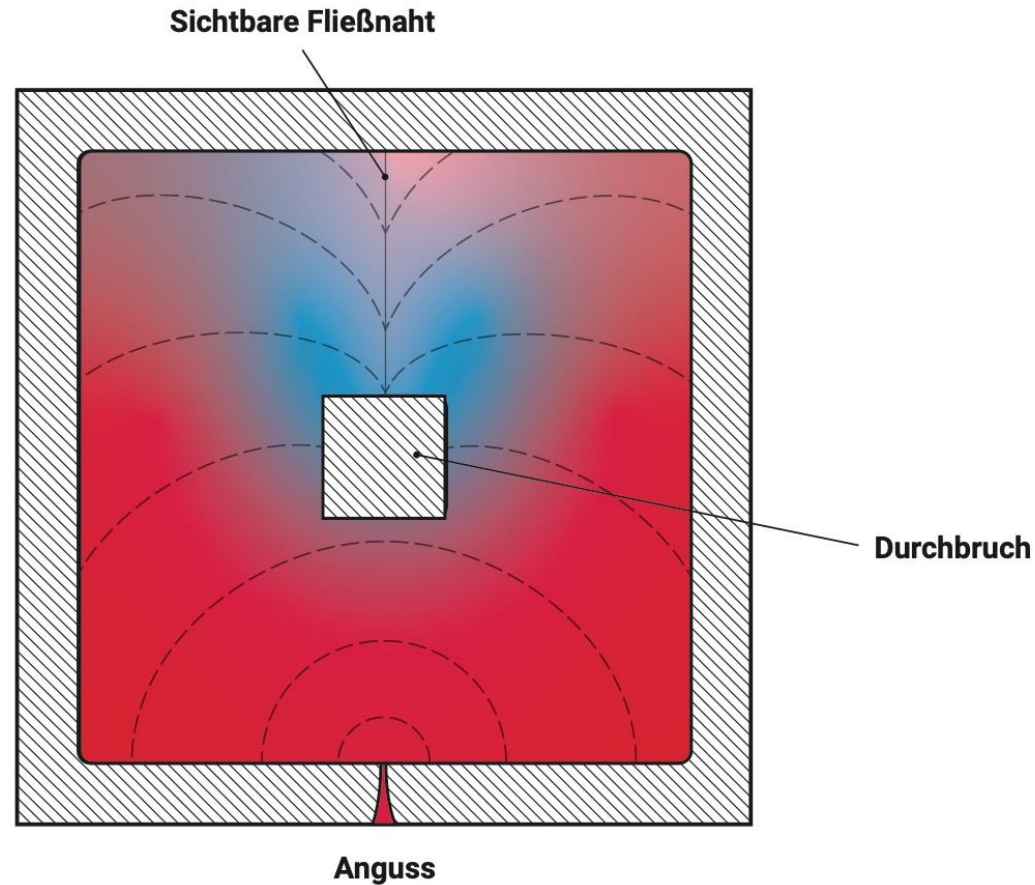
| Thermoplast | Entformungswinkel<br>(Entformungsweg < 30 mm) |
|-------------|-----------------------------------------------|
| ABS         | 0,5°                                          |
| PA 6.6      | 0,25°                                         |
| PA 6.6 - GF | 0,125°                                        |
| PC          | 0,5°                                          |
| PE          | 0,5°                                          |
| PETP        | 1,5°                                          |
| POM         | 0,5°                                          |
| PP          | 1,0°                                          |
| PPO         | 0,5°                                          |
| PS          | 1,5°                                          |
| PTP         | 0,5°                                          |

bei größerem  
Weg  
→ größer



# Werkzeuggerechtes Konstruieren

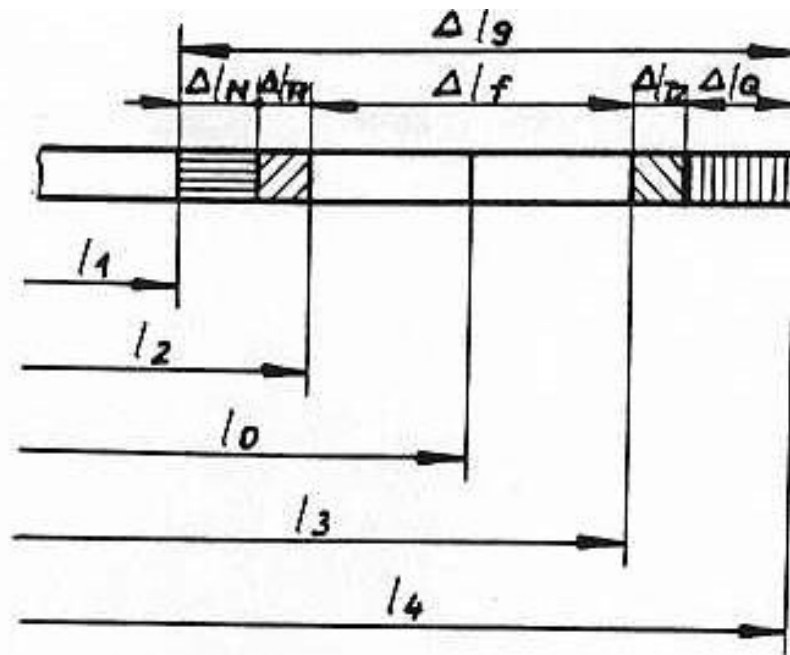
## Einfluss des Anguss auf die Fließnaht





# Werkzeuggerechtes Konstruieren

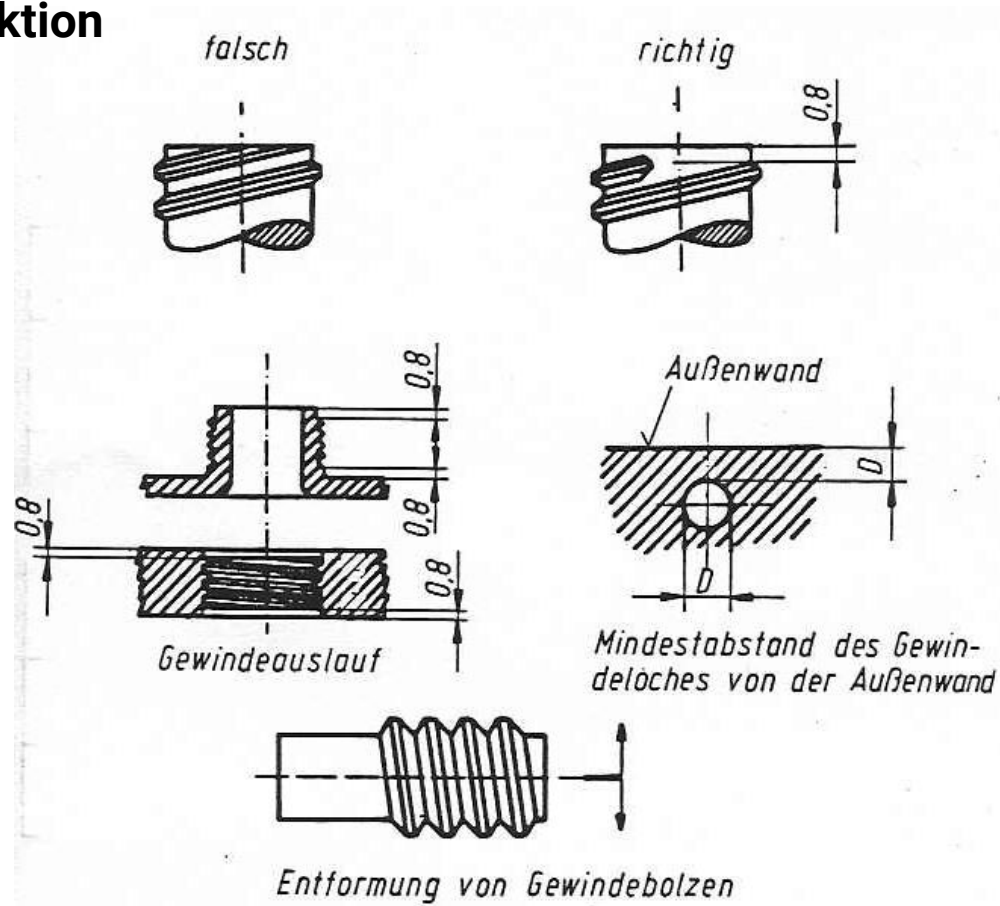
## Toleranzen



- $l_0$  Nennmaß
- $l_1$  mögliches Kleinstmaß
- $l_2$  Kleinstmaß nach Zeichnung
- $l_3$  Größtmaß nach Zeichnung
- $l_4$  mögliches Größtmaß
- $\Delta l_g$  Gesamtoleranz
- $\Delta l_f$  Fertigungstoleranz
- $\Delta l_N$  Nachschwindung
- $\Delta l_{T1}$  Maßänderung bei Temperaturabfall
- $\Delta l_{T2}$  Maßänderung bei Temperaturanstieg
- $\Delta l_Q$  Quellung

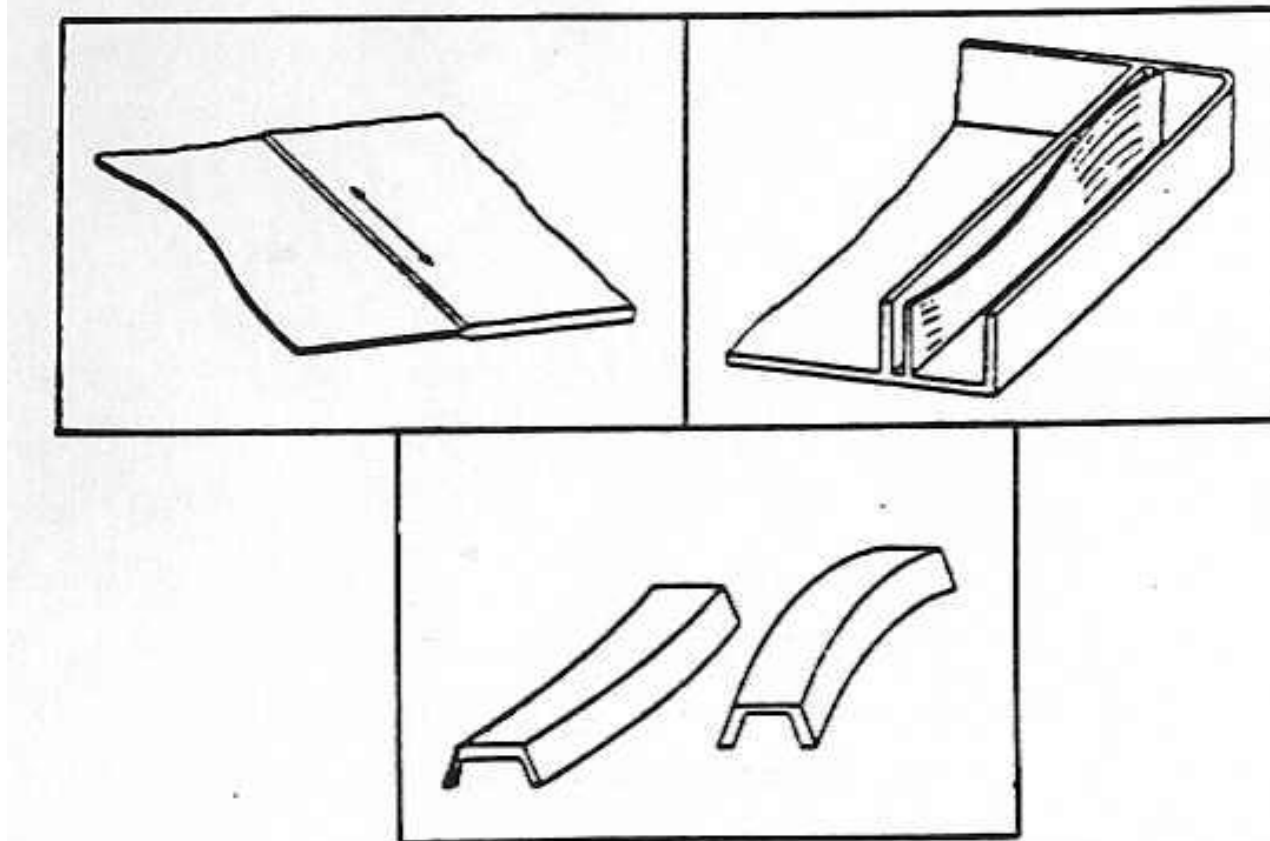
# Werkzeuggerechtes Konstruieren

## Gewindekonstruktion



# Werkstoffgerechtes Konstruieren

## Auswirkungen von Waddickenunterschieden

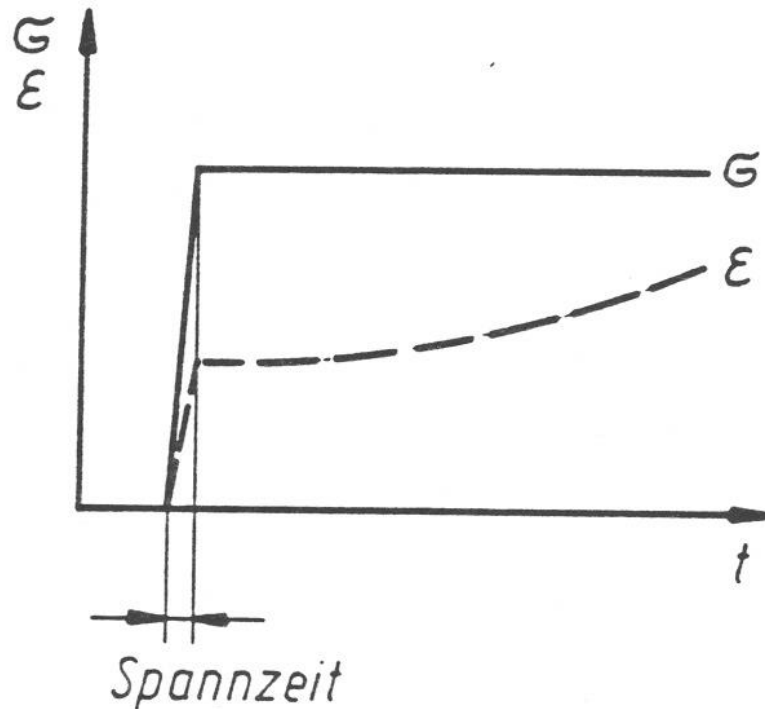


# Konstruieren mit Kunststoffen

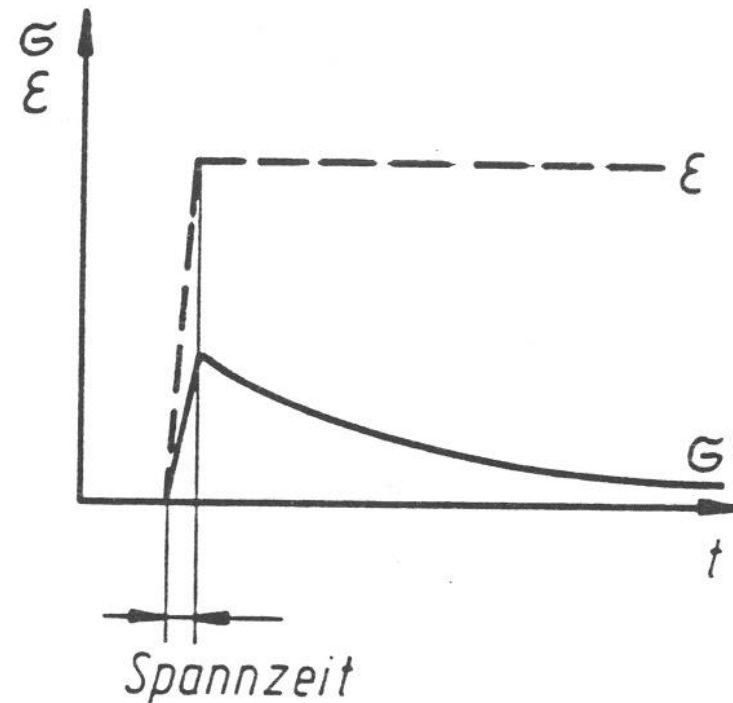
- **Fertigungsgerechtes Gestalten von Kunststoffteilen**
  - Spritzgießverfahren
  - Werkzeuggerechtes Konstruieren
    - Entformungsschrägen
    - Trennebene, Anguß, Toleranzen
    - Hinterschneidungen
    - Durchbrüche
    - Gewinde
    - Oberflächen
  - Werkstoffgerechtes Konstruieren
    - Mechanische Eigenschaften
    - Waddicken, Werkstoffanhäufungen
    - Verstärkungsrippen, Radien und Rundungen
    - Einbetten von Metallteilen
      - Umspritzen mit Kunststoff
      - Nachträgliches Einsetzen in Kunststoffteilen

# Zeitlicher Verlauf von Spannung und Dehnung bei statischen Langzeitversuchen

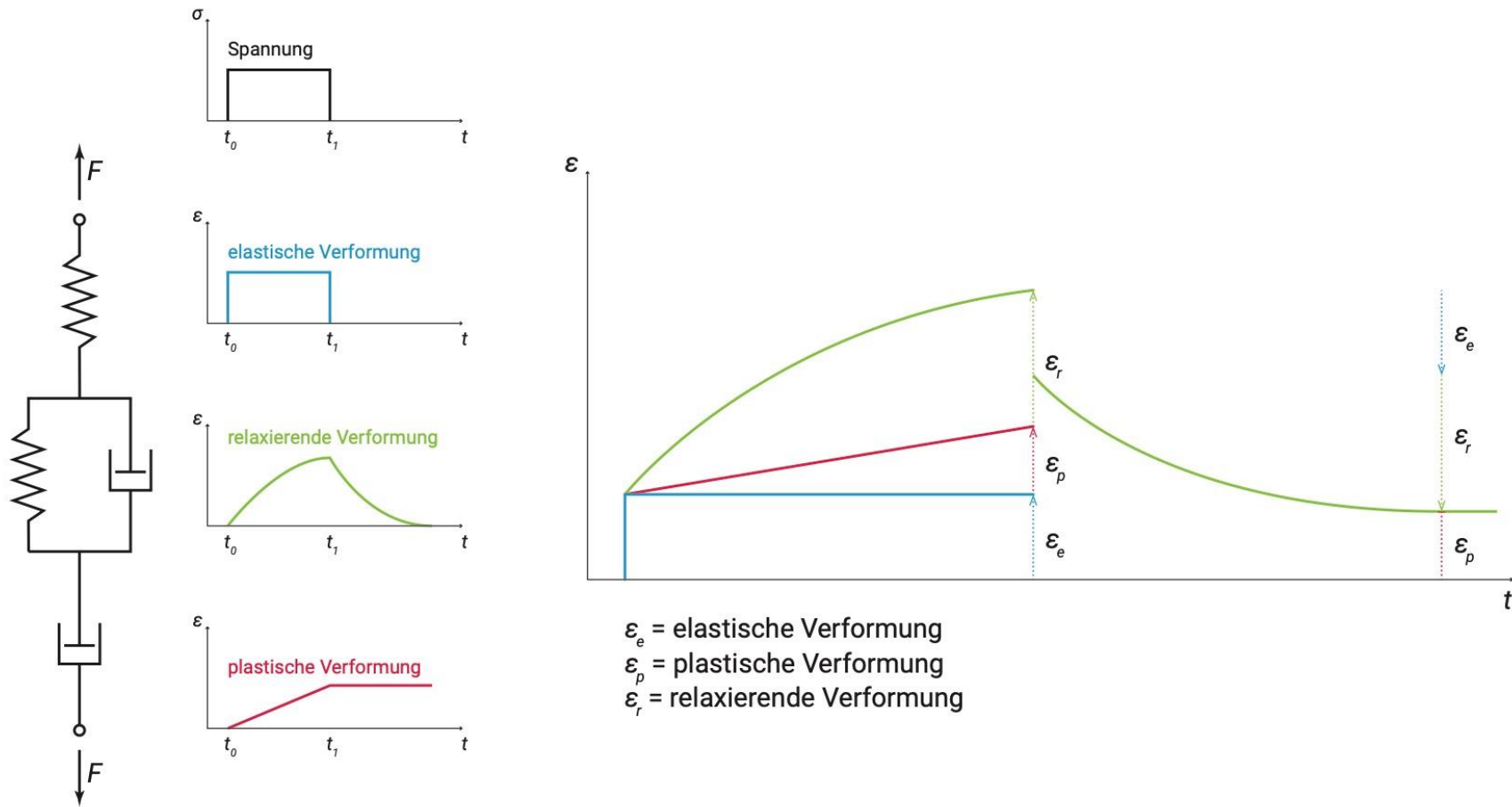
*Zeitstand-Versuch*  
 $\sigma = \text{konstant}$



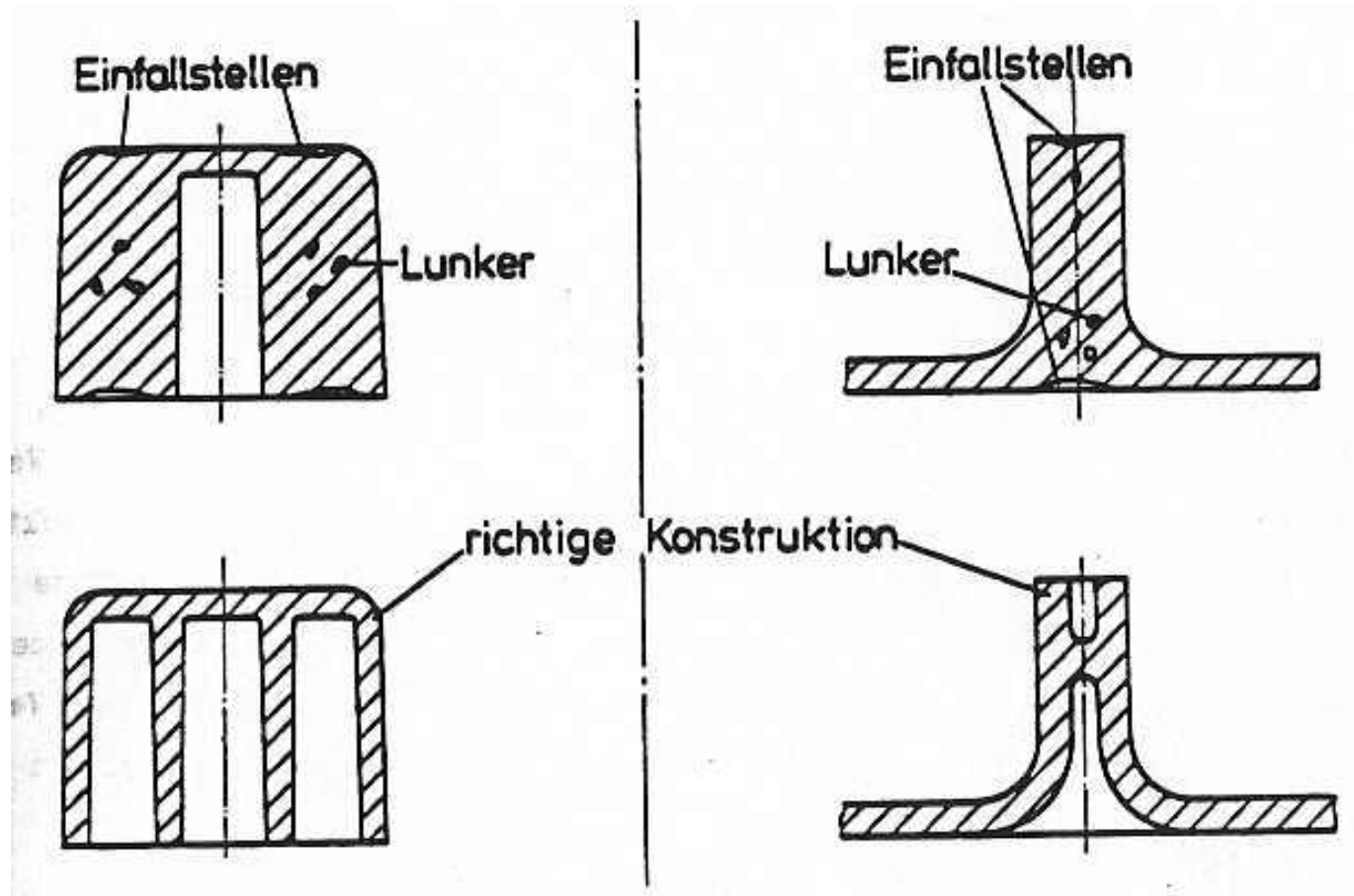
*Spannungsrelaxationsversuch*  
 $\epsilon = \text{konstant}$



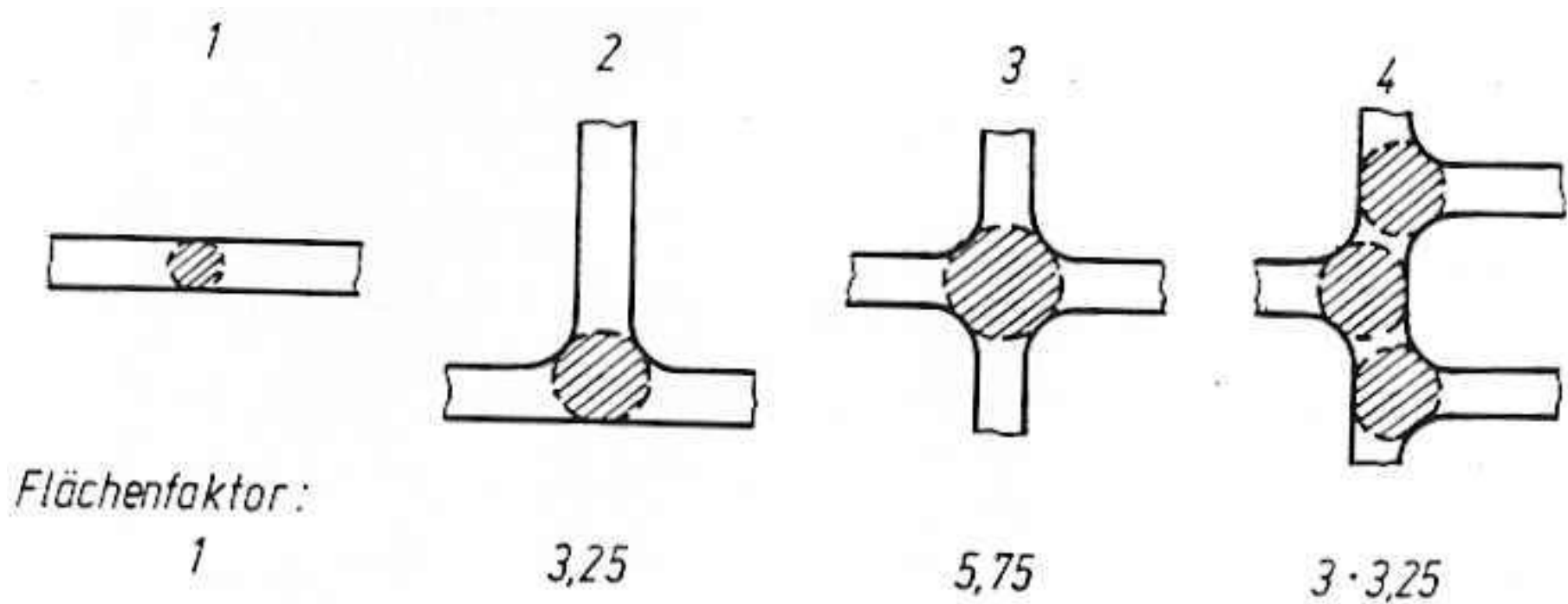
# Vier-Parameter-Modell von Kunststoff



# Auflösen von Werkstoffanhäufungen

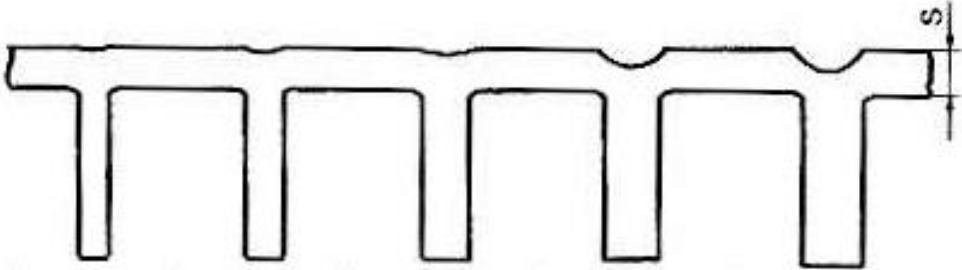


# Rippenkonstruktionen





# Einfallstellen



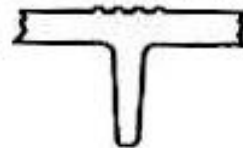
|                                              |       |       |     |       |      |
|----------------------------------------------|-------|-------|-----|-------|------|
| Rippendicke                                  | 0,5s  | 0,75s | 1s  | 1,25s | 1,5s |
| Tiefe der Einfallstellen<br>in $\mu\text{m}$ | < 1,0 | 1,0   | 2,0 | 6,5   | 7,0  |

## OPTISCHE ABHILFE

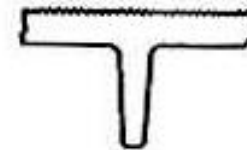
Furche gegenüber  
Rippe



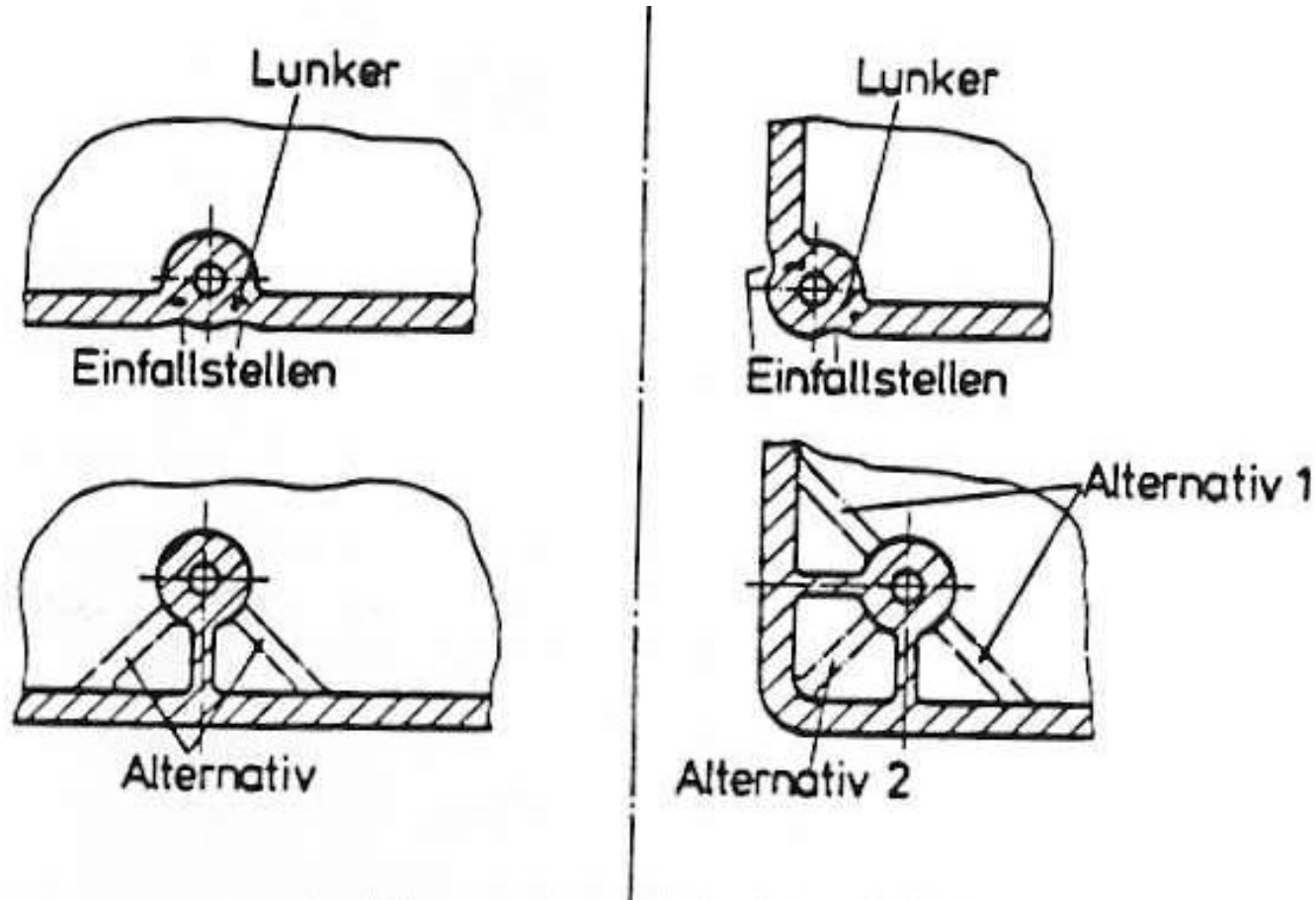
Nocken im  
Einfallbereich



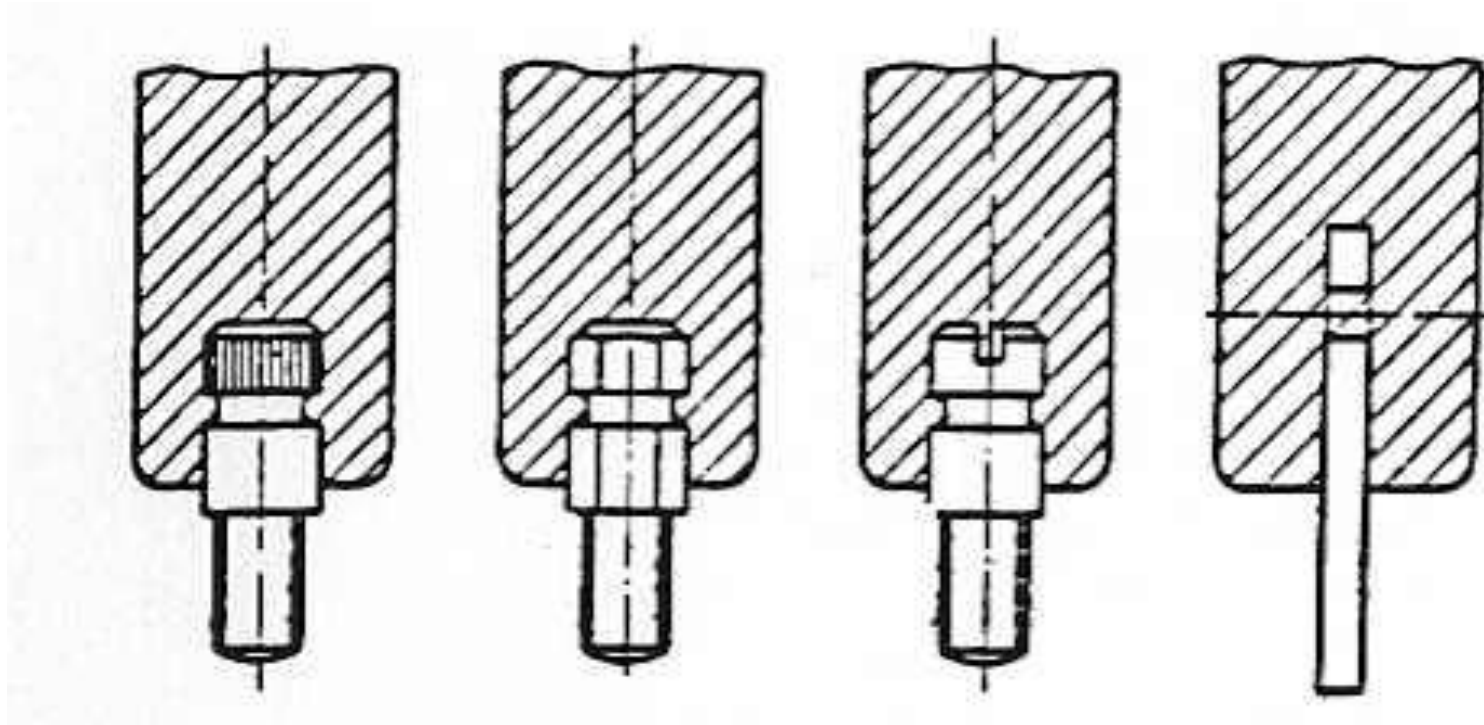
Textur der  
Oberfläche



# Auflösen von Werkstoffanhäufungen und Reduzierung von Einfallstellen

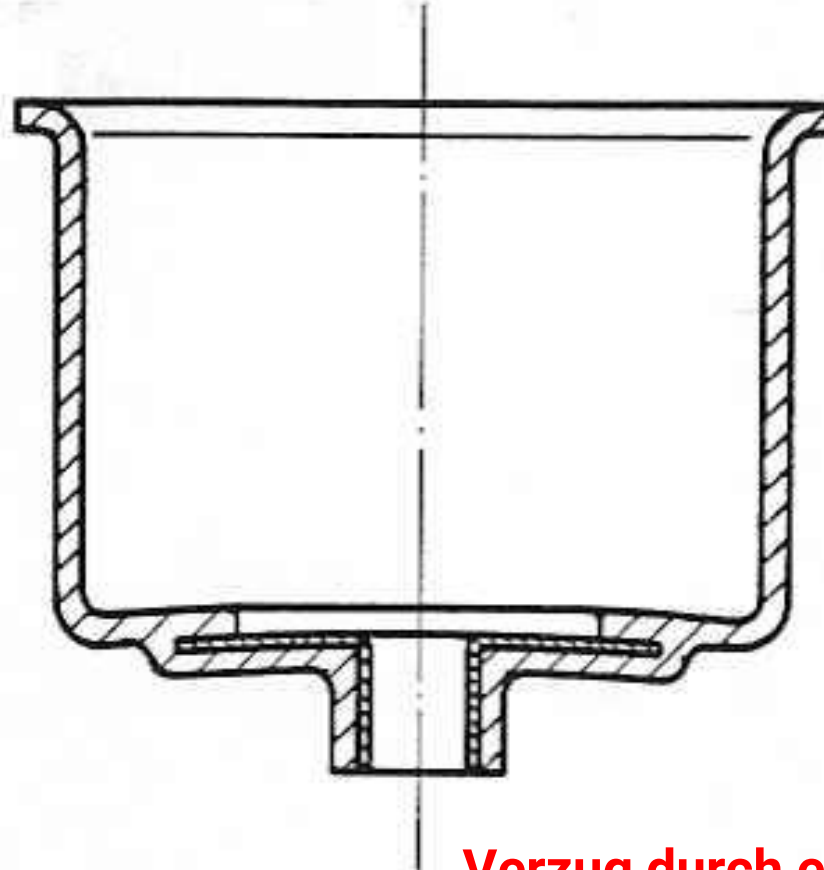


# Einbetten von Metallteilen Umspritzen mit Kunststoff



**Sicherung gegen Verdrehen und Herausziehen**

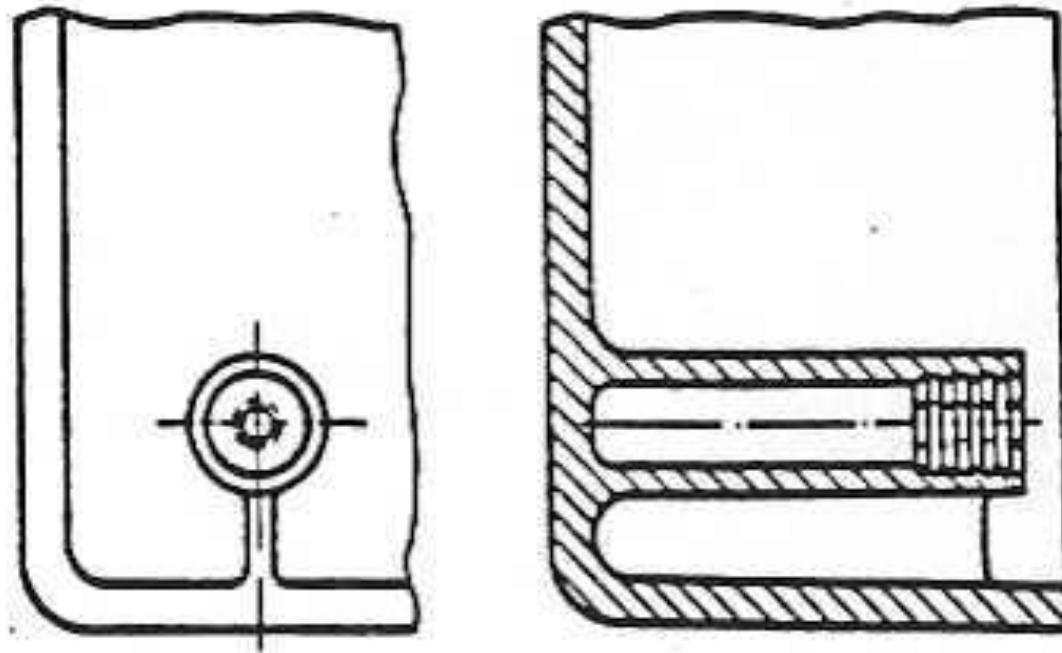
# Einbetten von Metallteilen Umspritzen mit Kunststoff



**Verzug durch einseitige Kunststoffschicht**

# Einbetten von Metallteilen

## Nachträgliches Einsetzen von Metallteilen



**Warm eingesetzte Gewindebuchse**

# Konstruieren mit Kunststoffen

- **Verbinden mit Kunststoffteilen**
  - Lösbare Verbindungen
    - Schraubverbindungen
    - Schnappverbindungen (teilweise)
  - Nicht lösbare Verbindungen
    - Schnappverbindungen (teilweise)
    - Nietverbindungen
    - Klebverbindungen
    - Schweißverbindungen

# Schraubverbindungen



Gewinde - Schneidschraube  
(Kerbschraube Type 1)



Gewinde - Schneidschraube  
(nach DIN 7513)

Abb. 84 Gewindeschneidende Schrauben

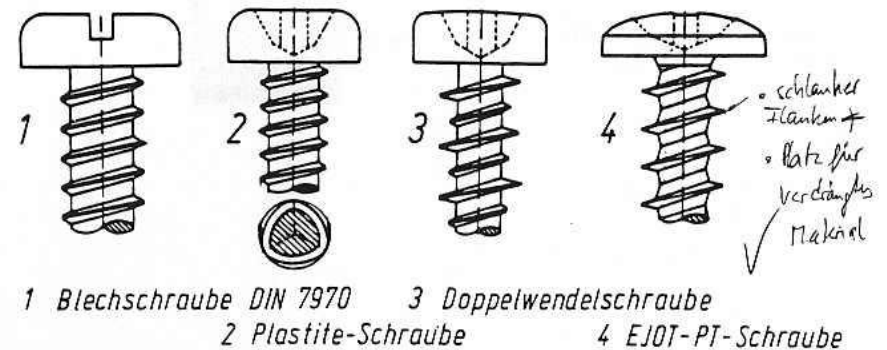


Abb. 85 Gewindeprägende Schrauben

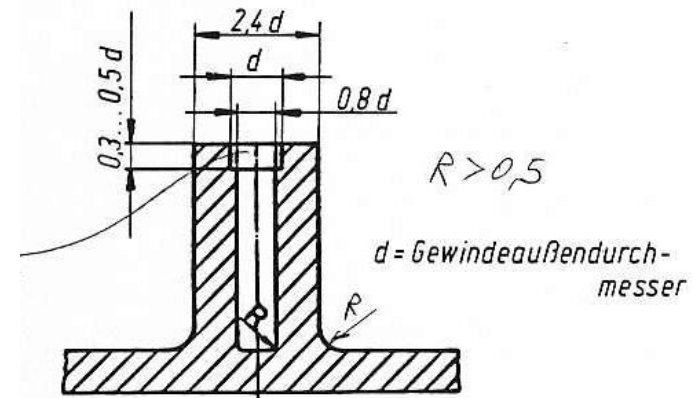
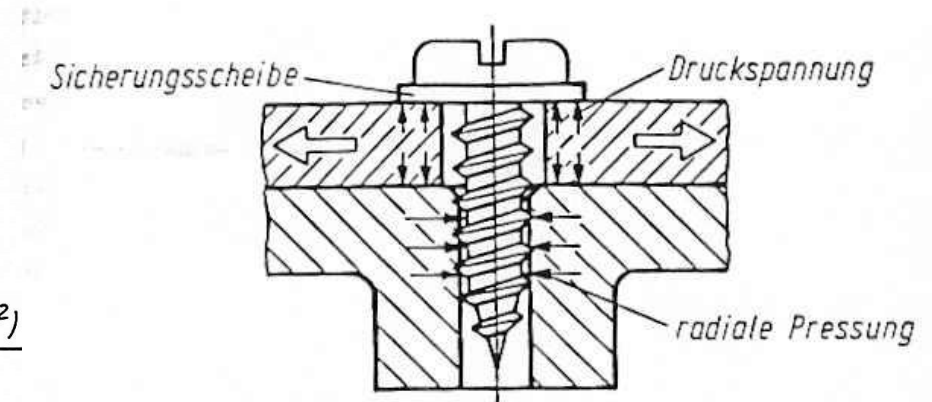
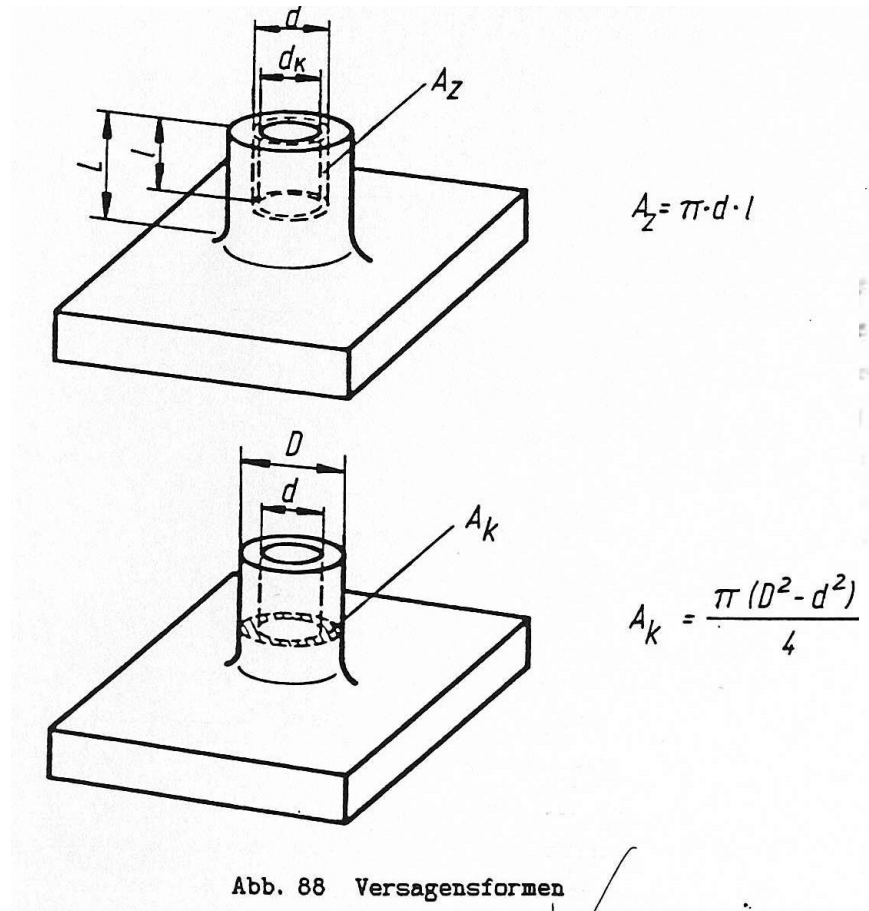


Abb. 86 Gestaltung von Befestigungsäugen für die Aufnahme gewindeformender Schrauben

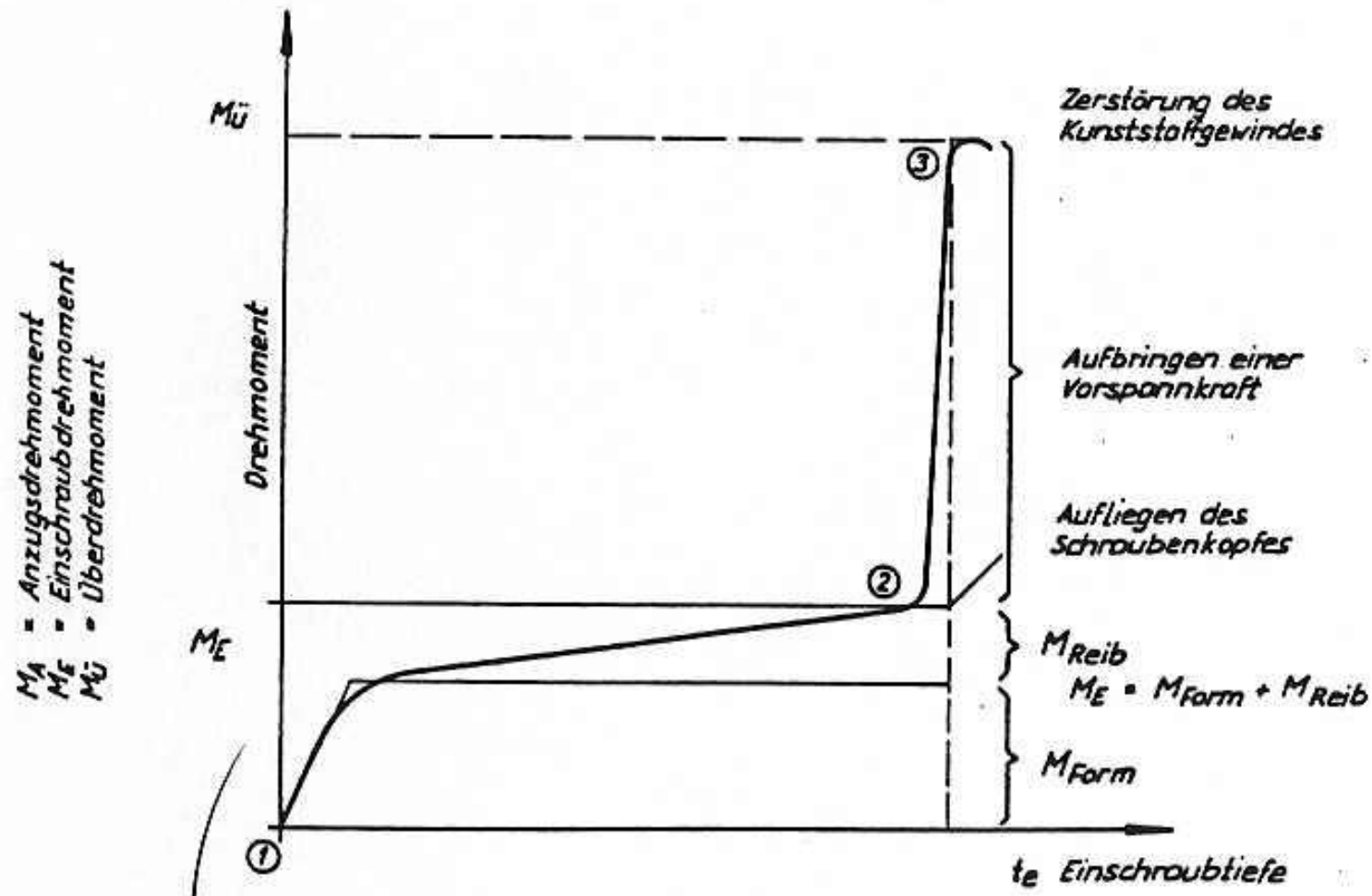


# Schraubverbindungen

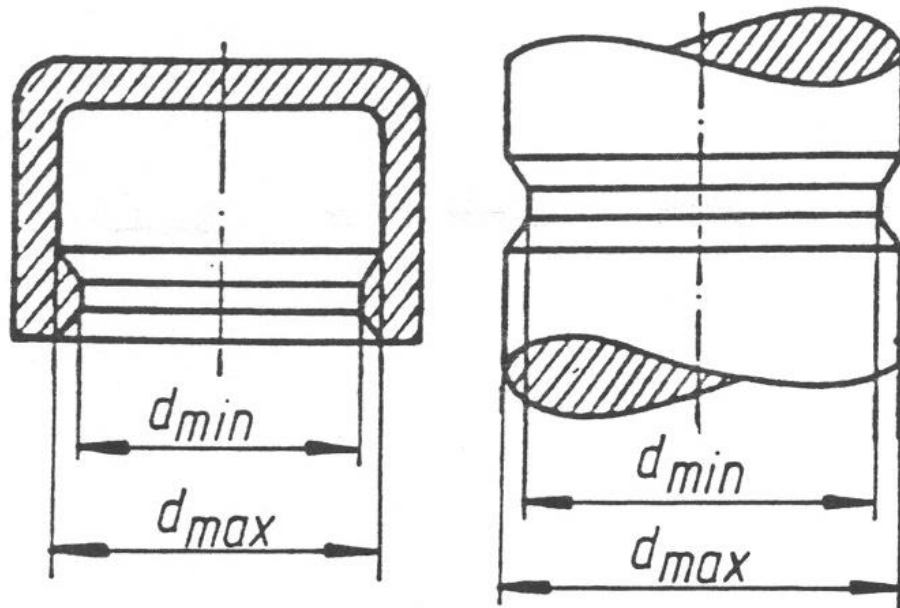




# Schraubverbindungen



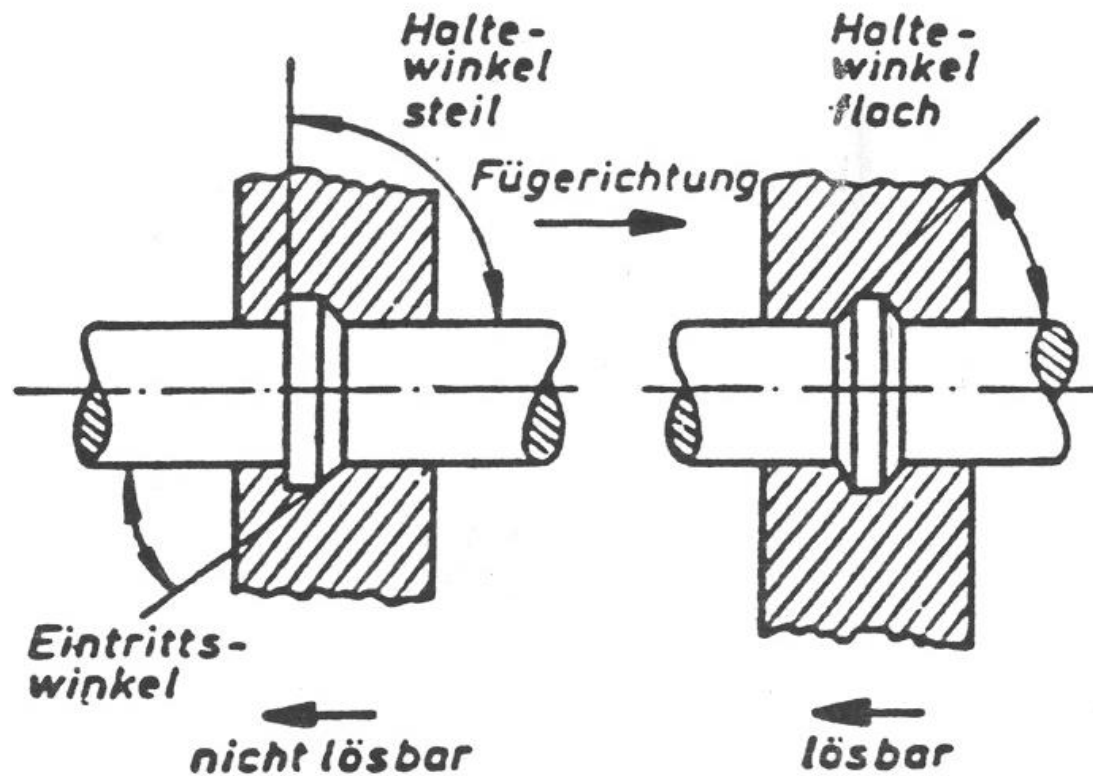
# Zylindrische Schnappverbindung



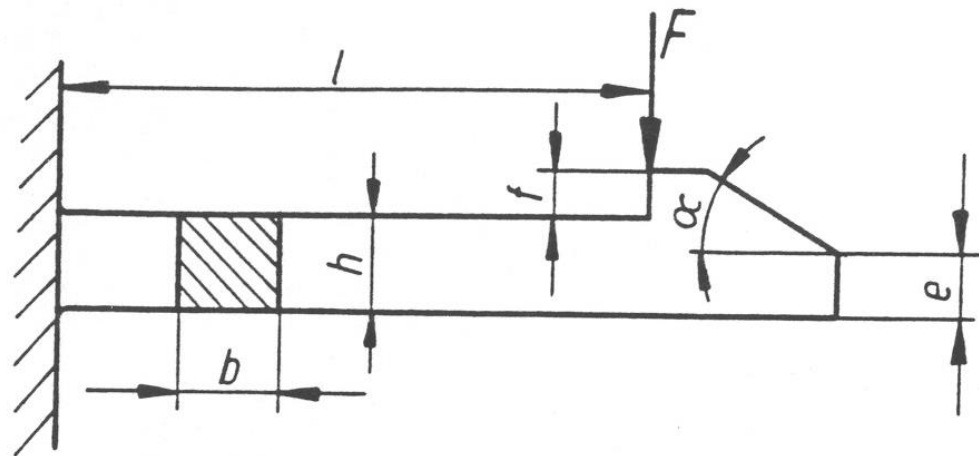
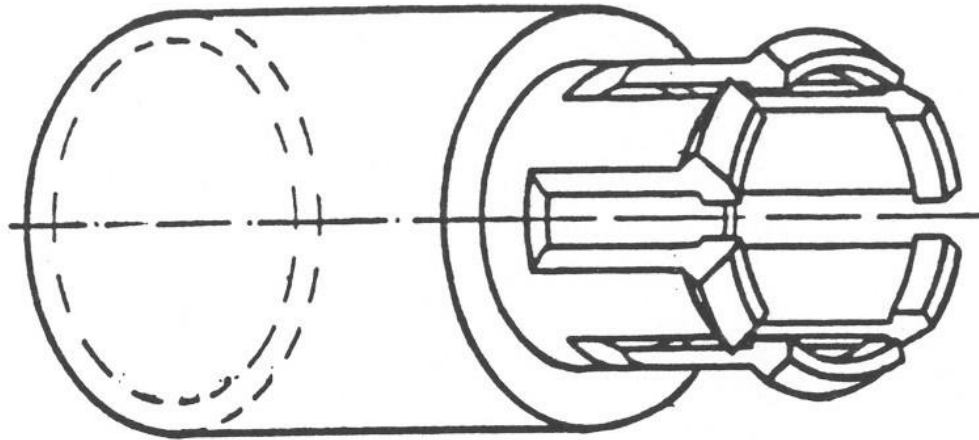
$$H = \frac{d_{max} - d_{min}}{d_{max}} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$H \leq \epsilon_{zul}$$

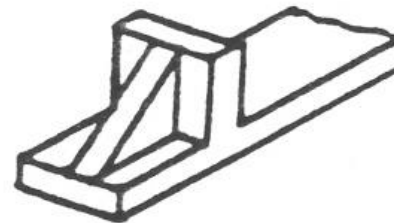
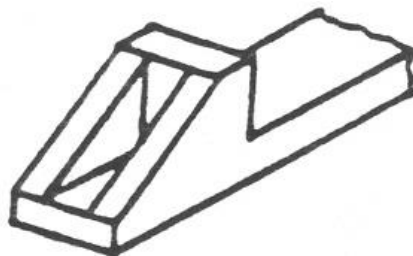
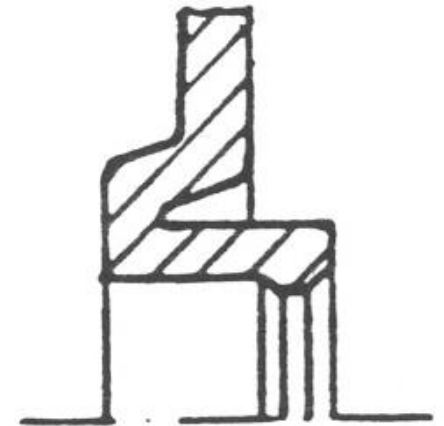
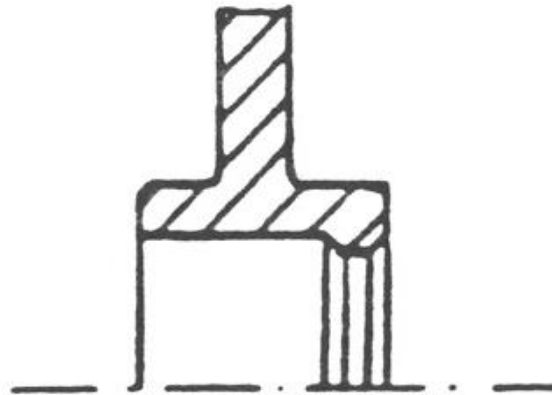
# Zylindrische Schnappverbindung



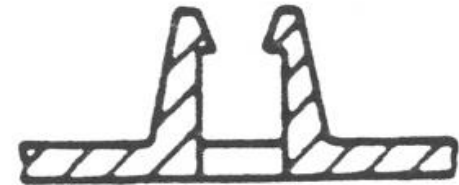
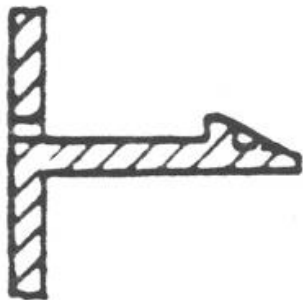
# Schnappverbindung mit federnden Haken



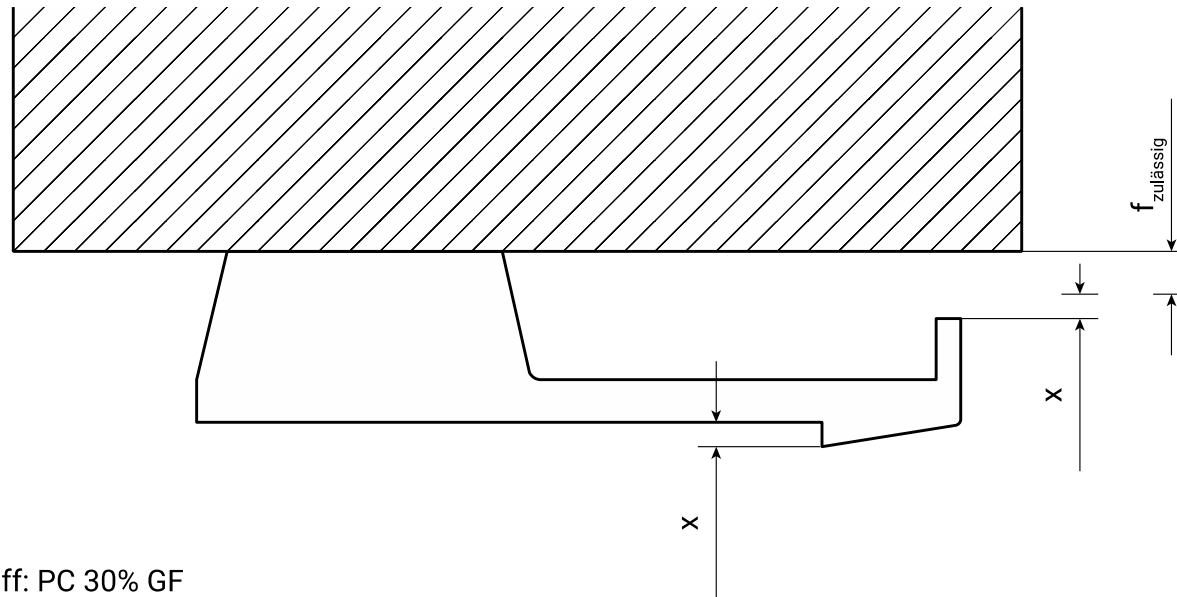
# Schnappverbindung mit federnden Haken



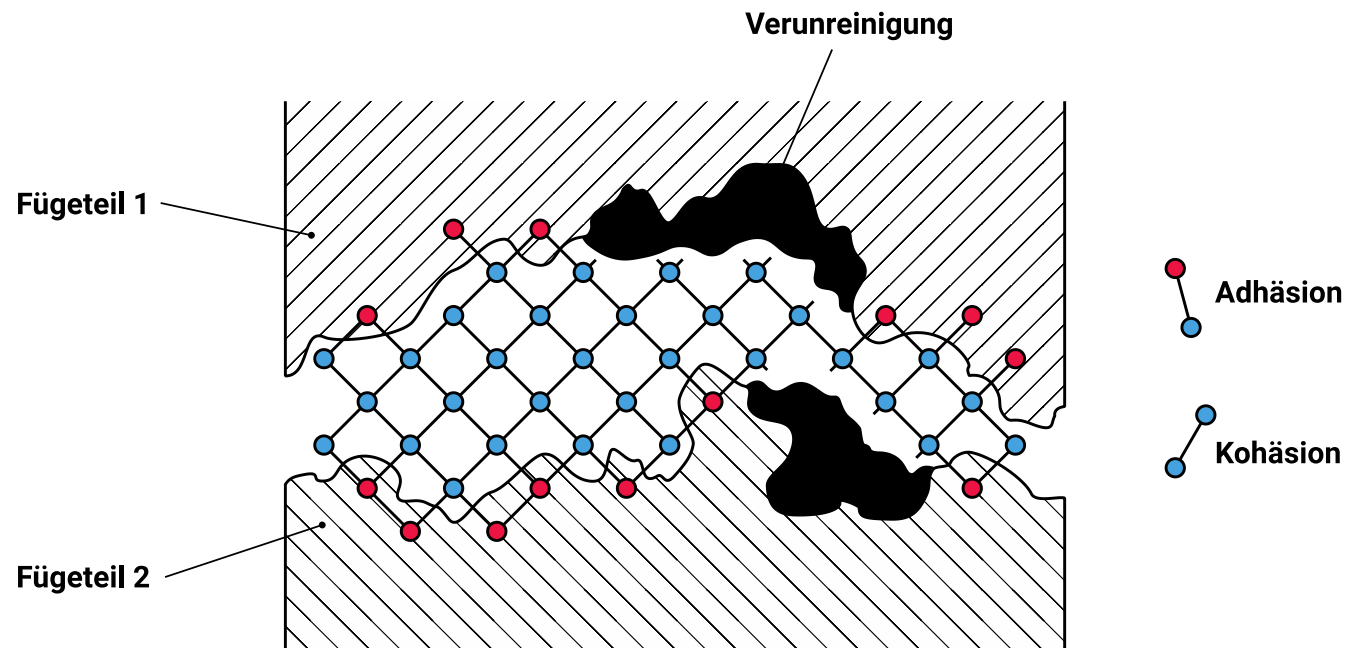
# Schnapphakenentformung



# Schnappverbindung: Durchbiegungsbegrenzung

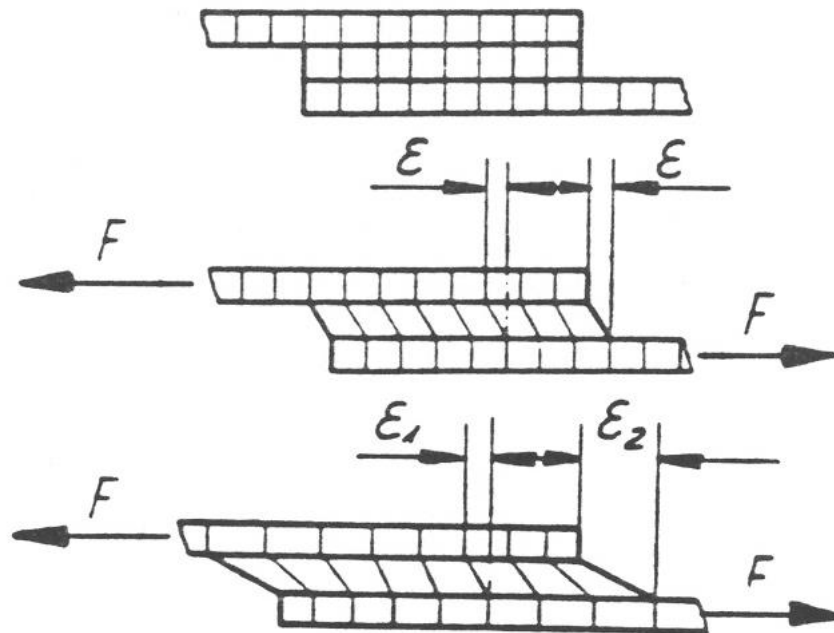


Werkstoff: PC 30% GF





# Mechanische Belastung einer Klebverbindung

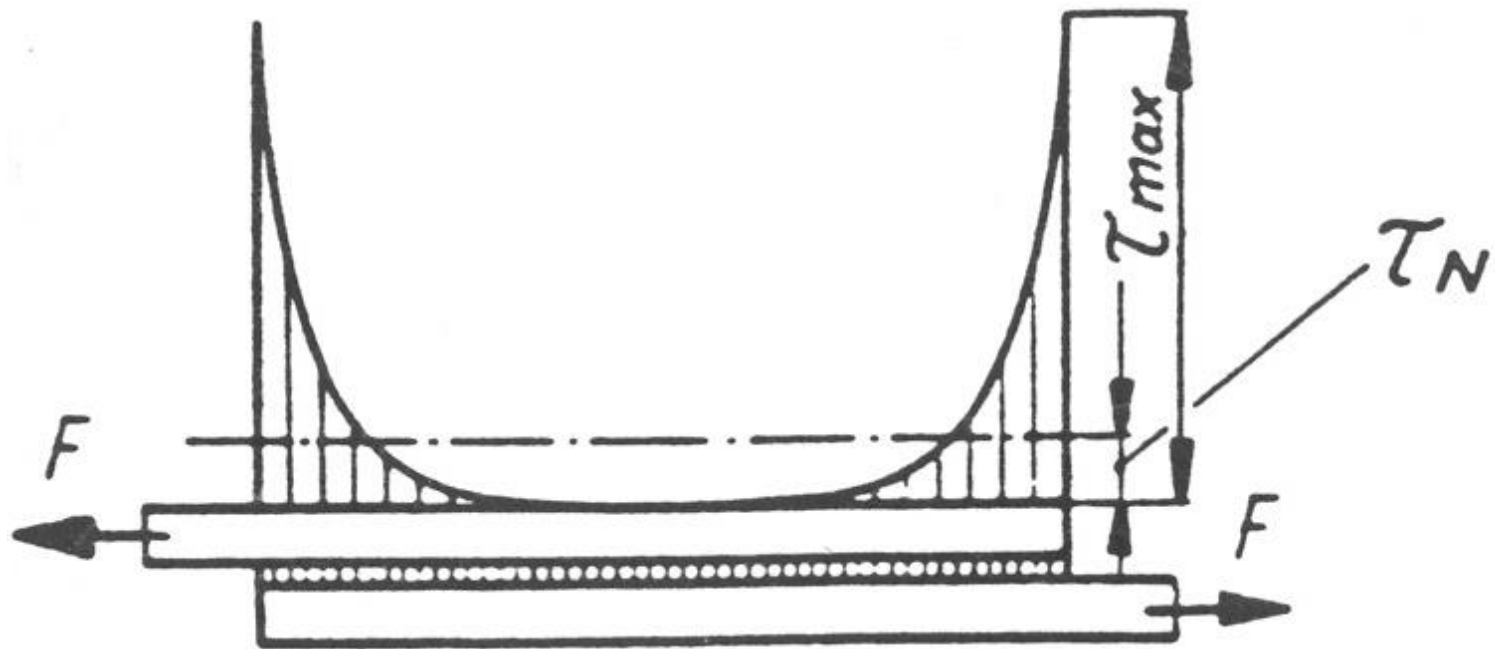


*unbelastete Verbindung*

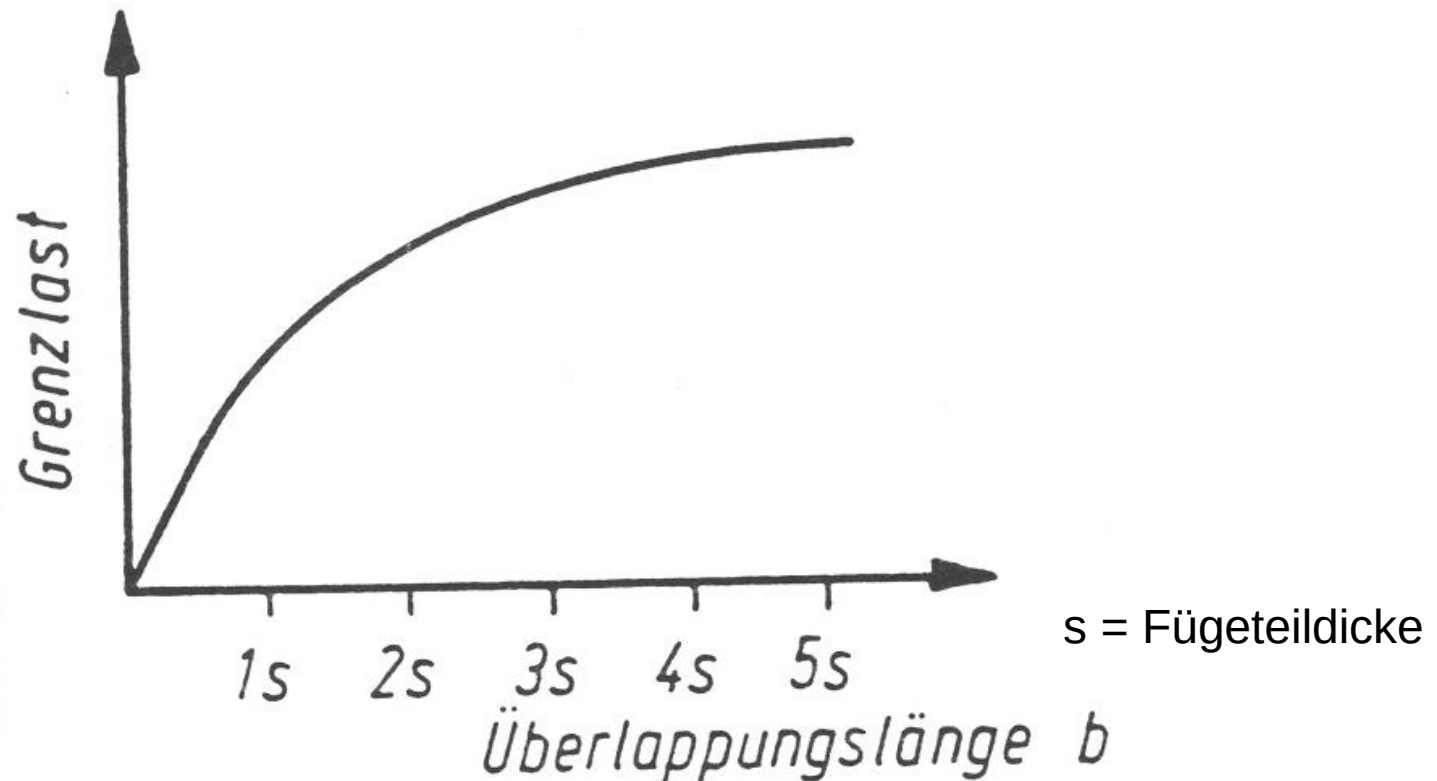
*belastete Verbindung mit  
starren Fügeteilen*

*belastete Verbindung mit  
elastischen Fügeteilen*

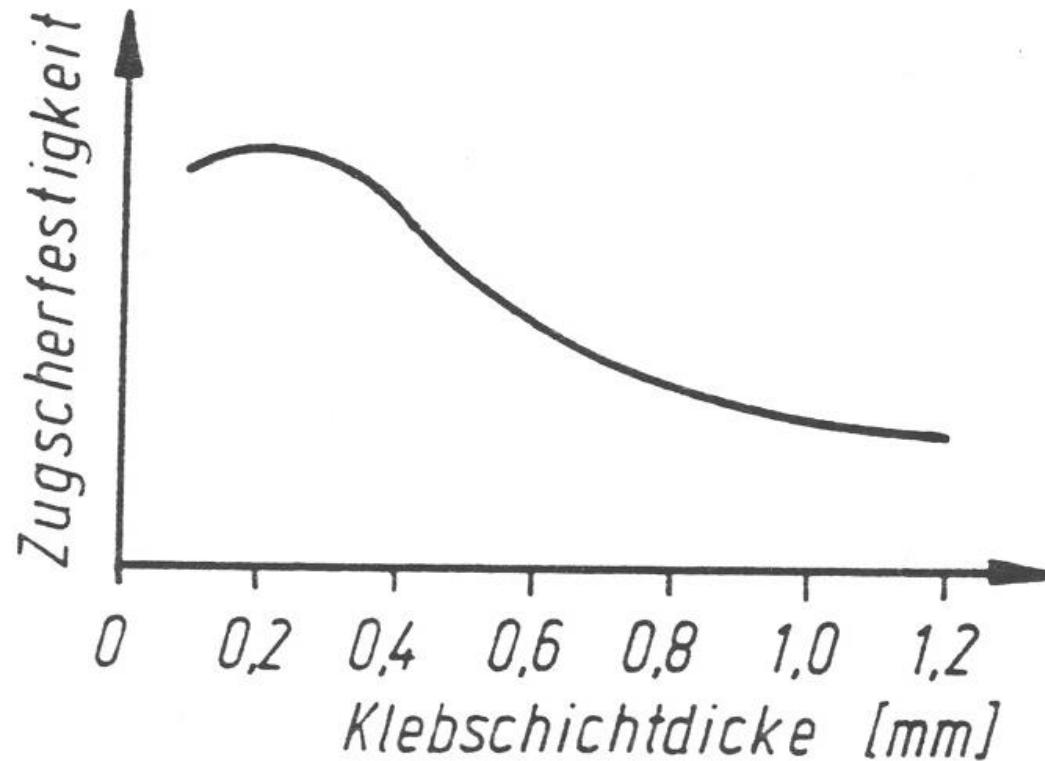
# Spannung einschnittig überlappter Klebverbindung



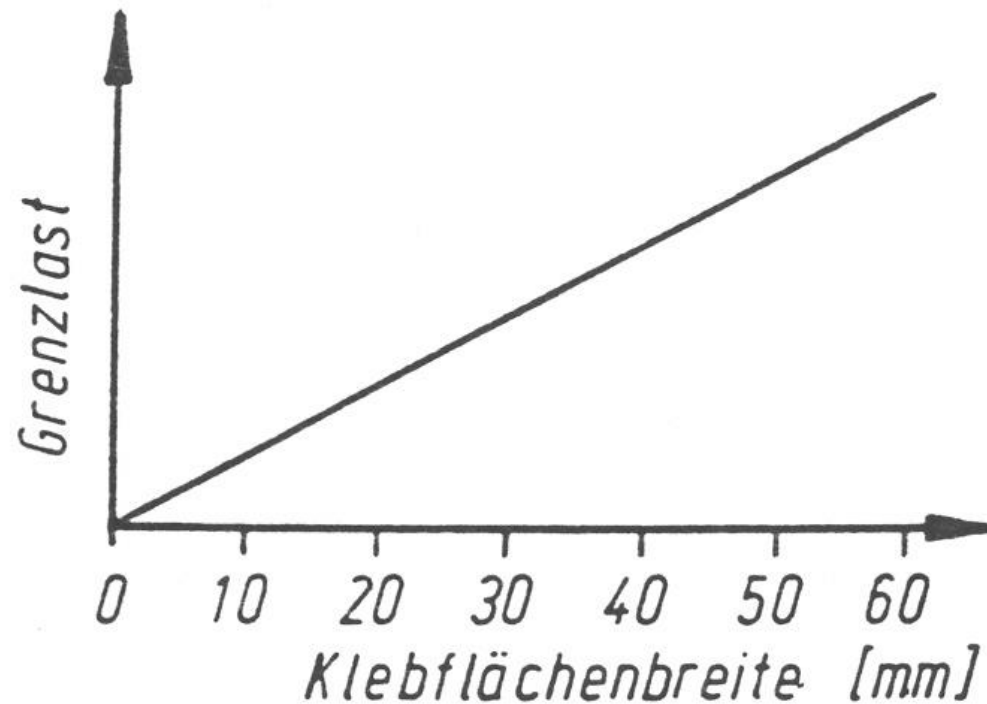
# Festigkeit einschnittig überlappter Klebverbindung



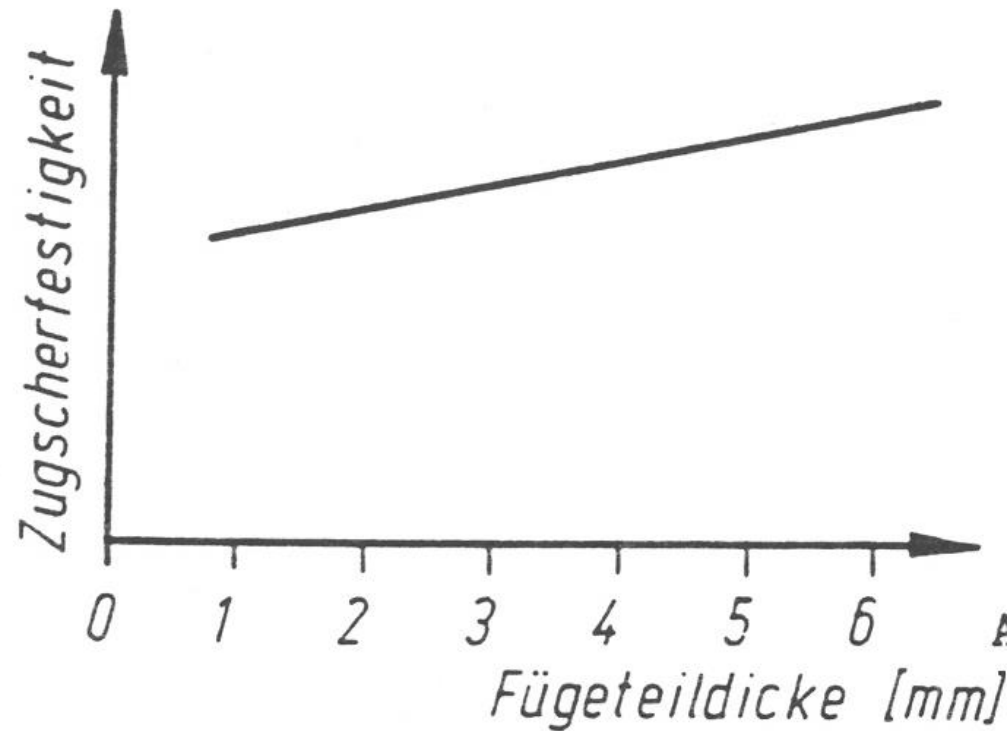
# Festigkeit einschnittig überlappter Klebverbindung



# Festigkeit einschnittig überlappter Klebverbindung



# Festigkeit einschnittig überlappter Klebverbindung



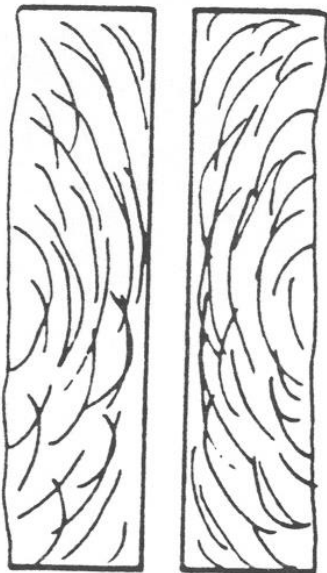
# Schweißverbindungen

---

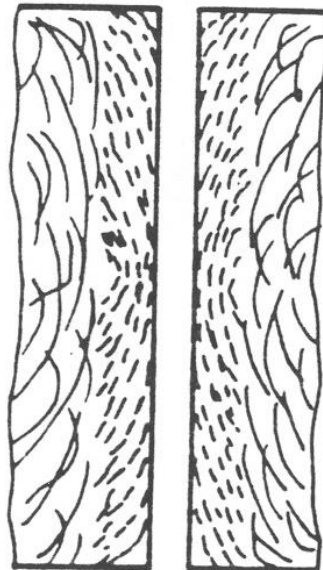
**Schweißbar sind thermoplastische Kunststoffe,  
wenn mit der vorhandenen Apparatur  
beide Stoffe nach gleicher Zeit  
in einem plastischen Zustand gebracht werden können.**

# Schweißvorgang

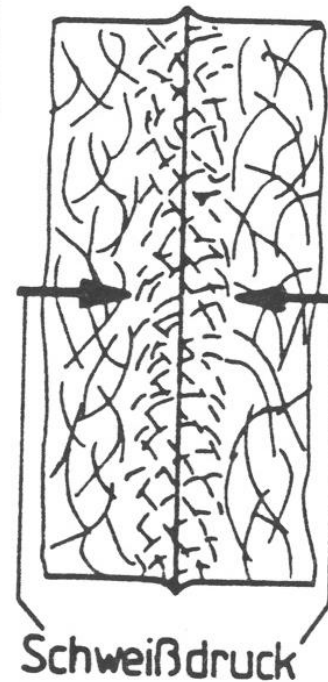
Fügebereich bei  
Raumtemperatur



Fügebereich  
erwärmt, Kunst-  
stoff plastisch



Schweißvorgang,  
verknäulen der  
Molekülketten



Schweißverbin-  
dung bei Raum-  
temperatur





# Schweißverbindungen

---

## Arbeitsschritte:

1. Vorbereiten der Fugestelle
2. Aufheizen der Schweißzone
3. Zusammenfügen der Fügeteile unter Aufbringung des Schweißdrucks
4. Abkühlen der Schweißzone
5. Entlasten des geschweißten Werkstückes

# Schweißverfahren

## Aufheizmethoden

- Strahlung
- Konvektion
- Wärmeleitung
- Äußere Reibung
- Innere Reibung

## Schweißverfahren

- > Laserschweißen
- > Warmgasschweißen
- > Heizelementschweißen
- > Reibschweißen
- > Vibrationsschweißen
- > Ultraschallschweißen
- > Hochfrequenzschweißen

# Warmgasschweißen

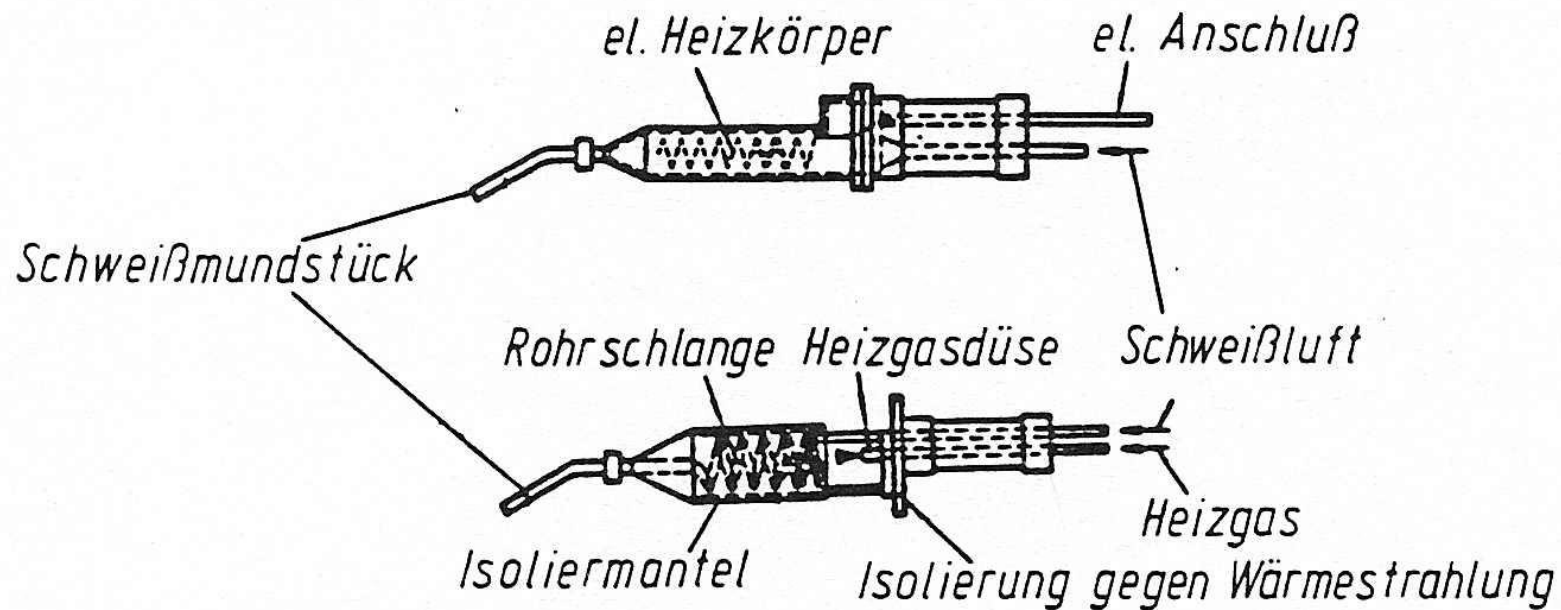
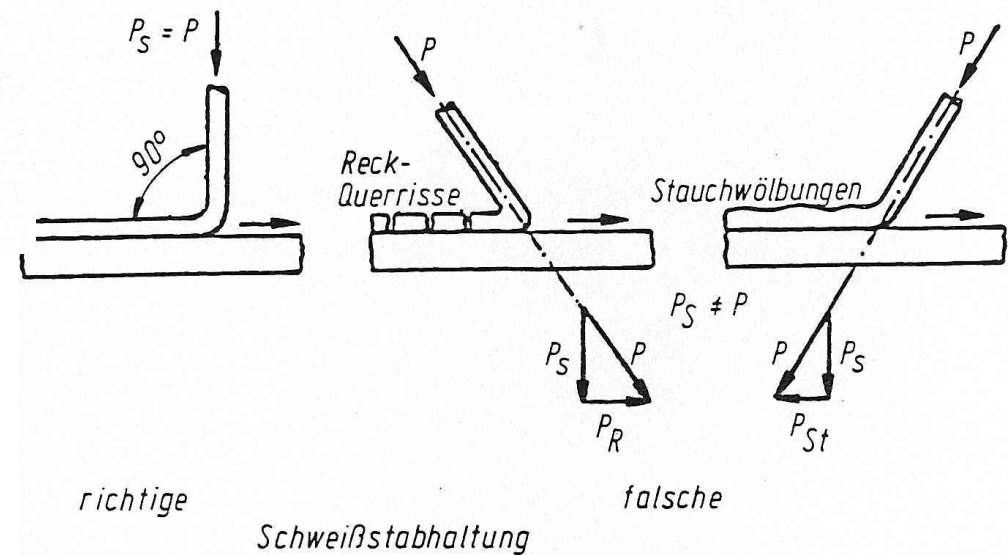
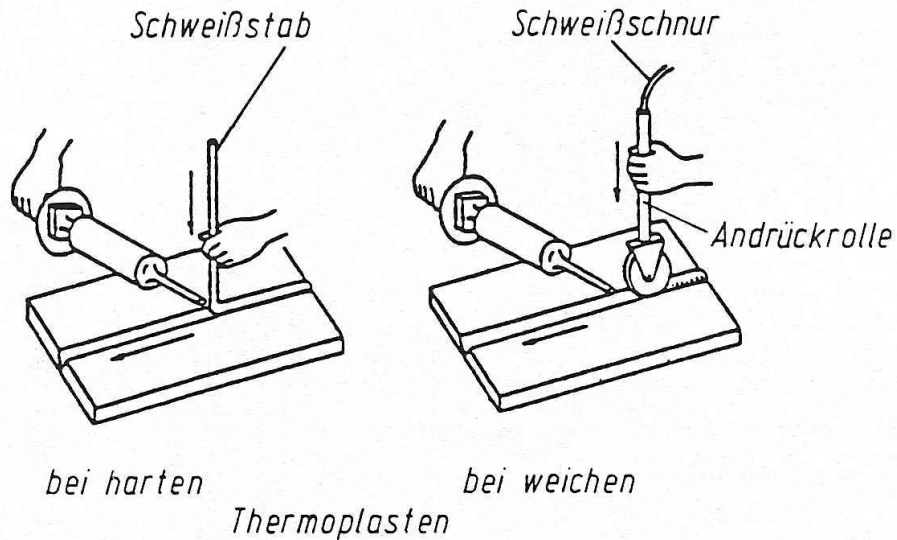
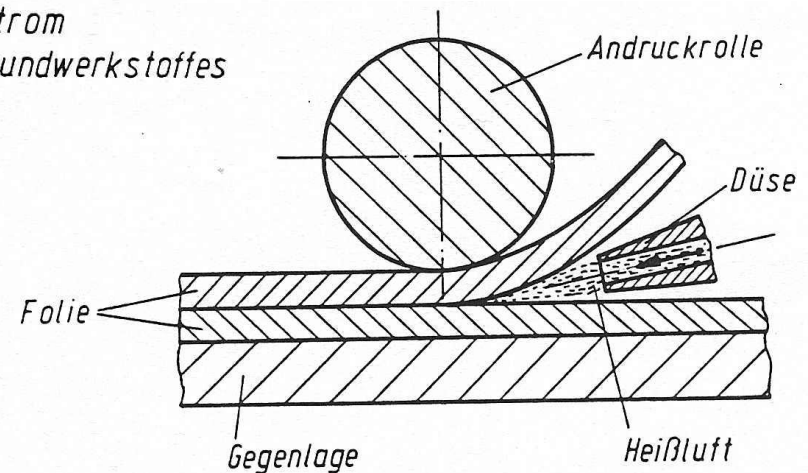
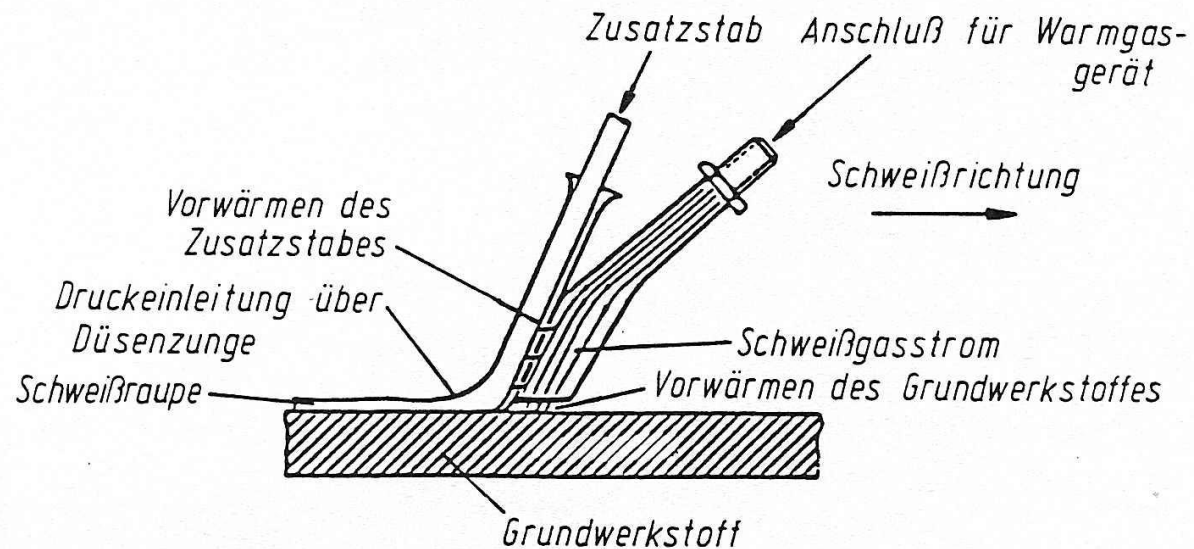


Abb. 187 Heißluftschweißgeräte

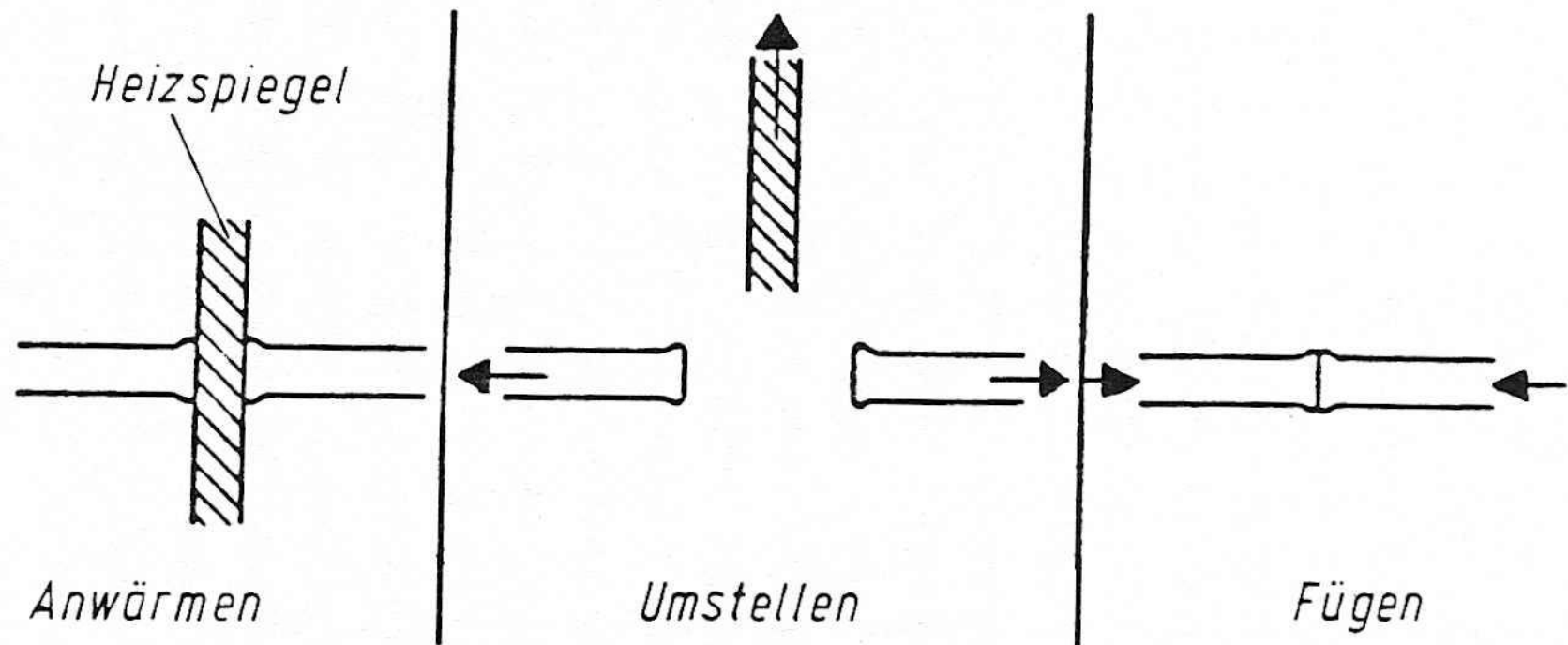
# Warmgasschweißen



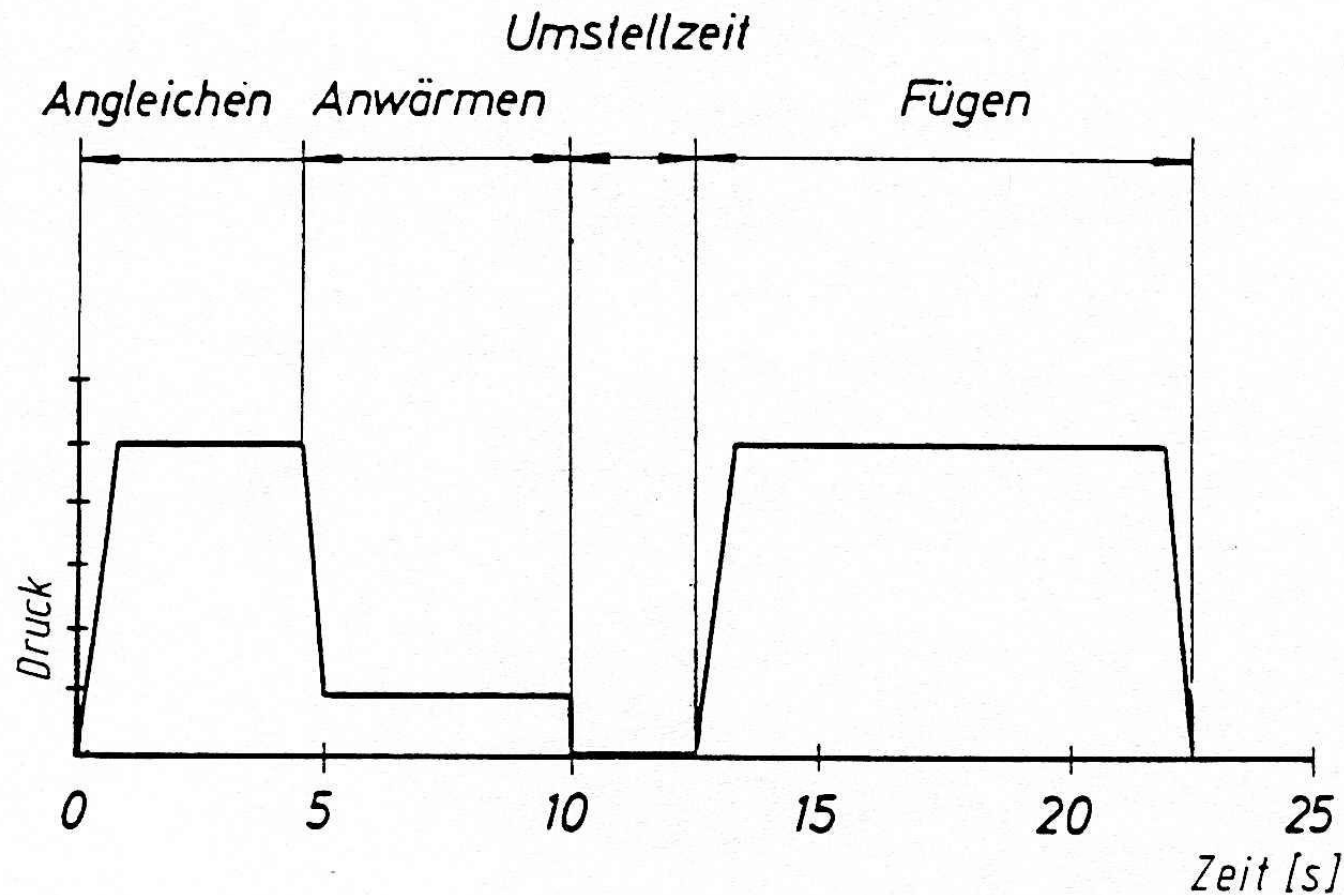
# Warmgasschweißen



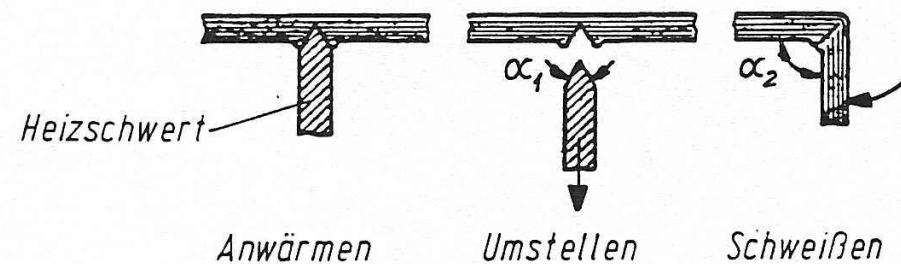
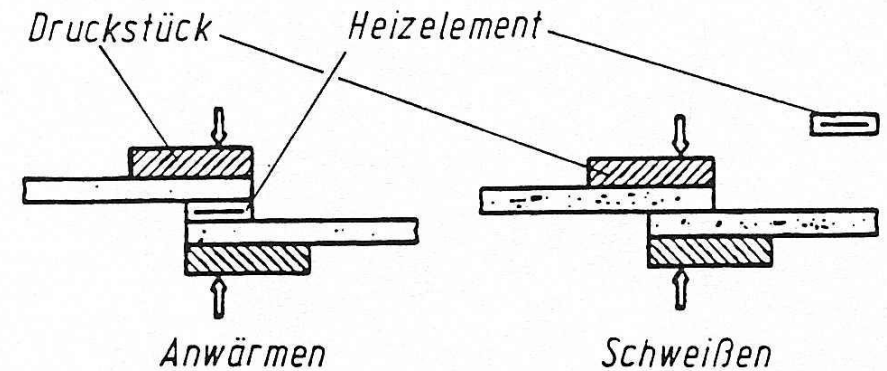
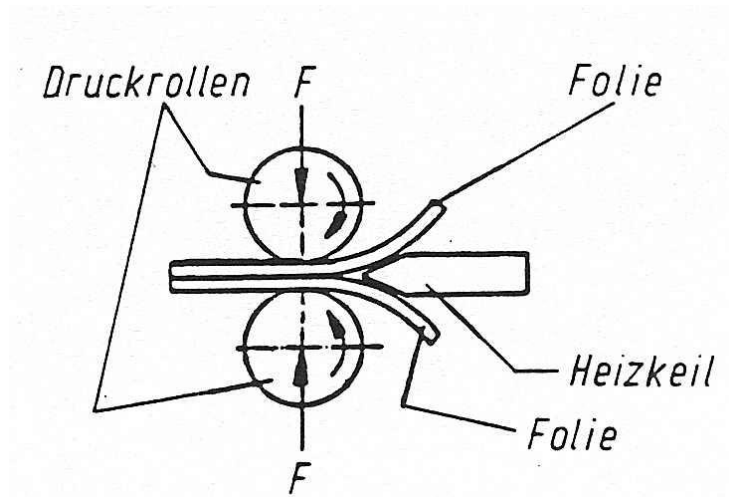
# Heizelementschweißen: Stumpfschweißen



# Stumpfschweißen: Schweißzyklus

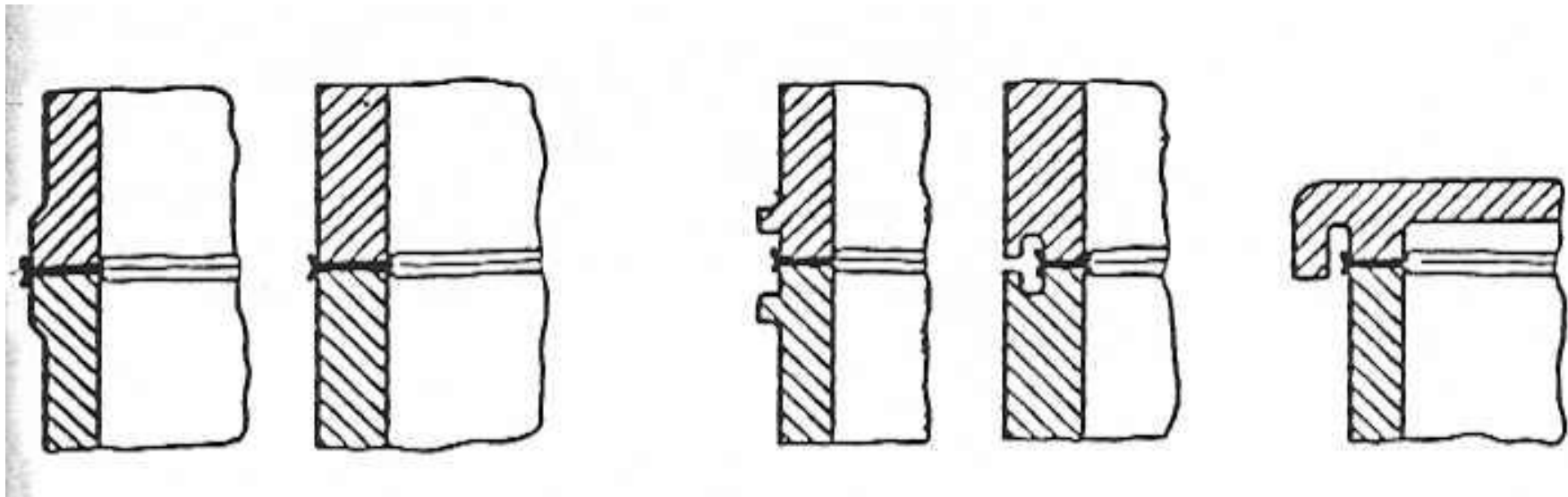


# Heizelementschweißen

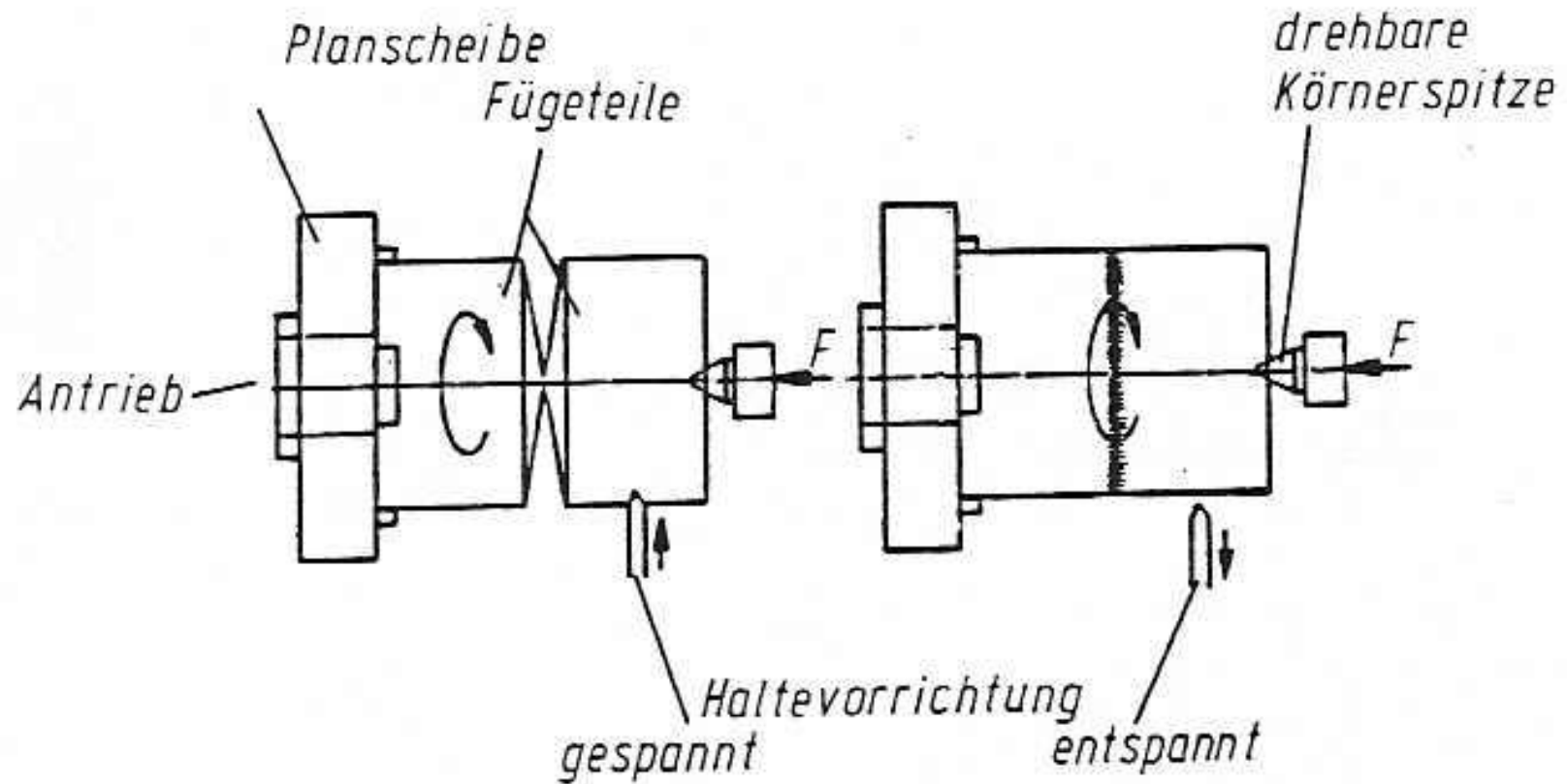


$$\alpha_2 \approx \alpha_1 + 30^\circ$$

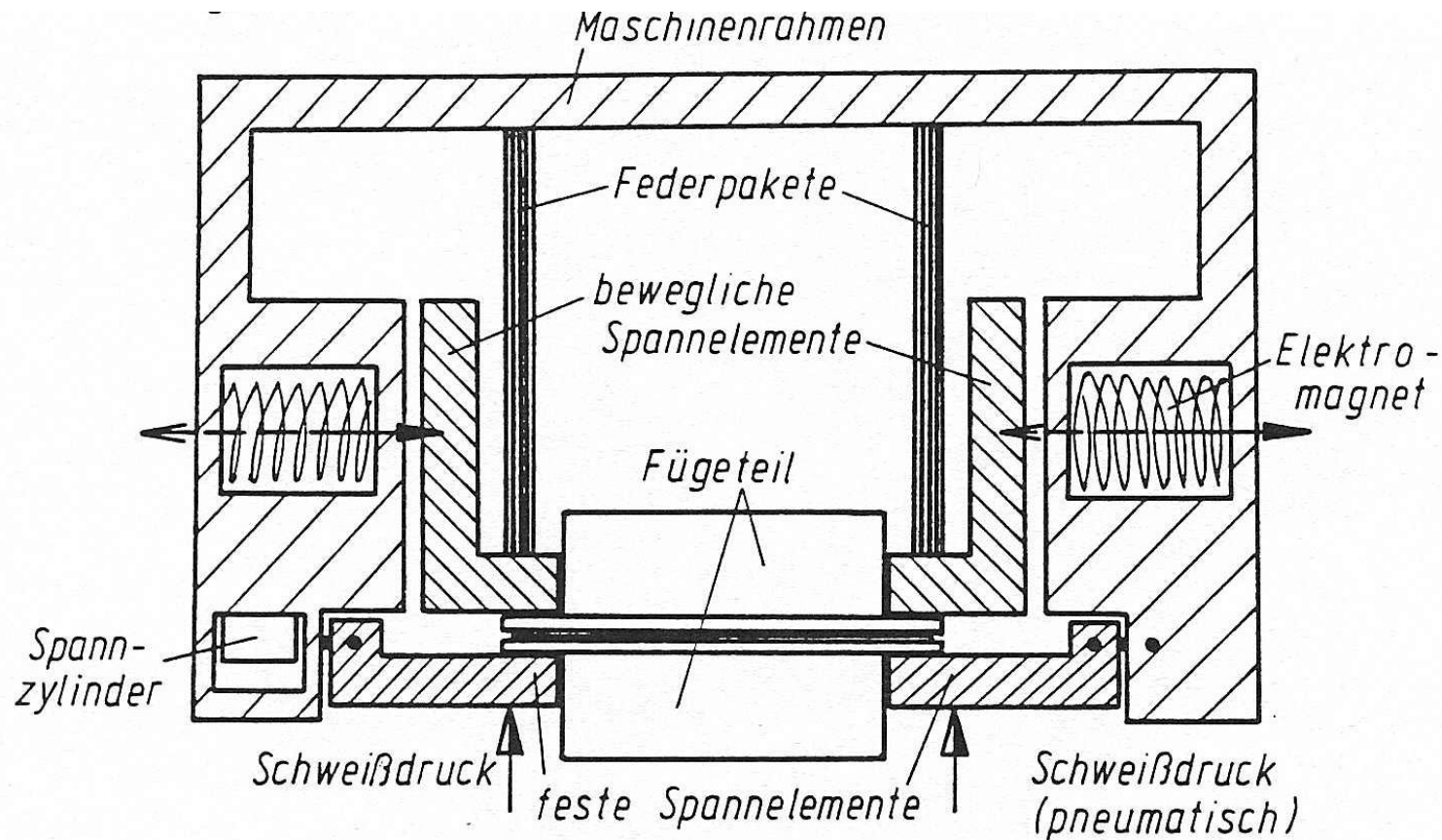




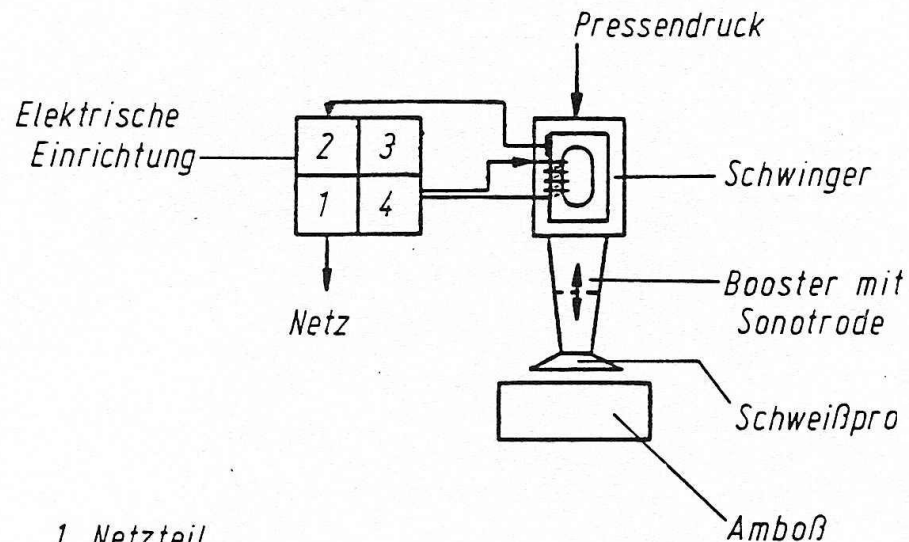
# Prinzip des Reibschweißens



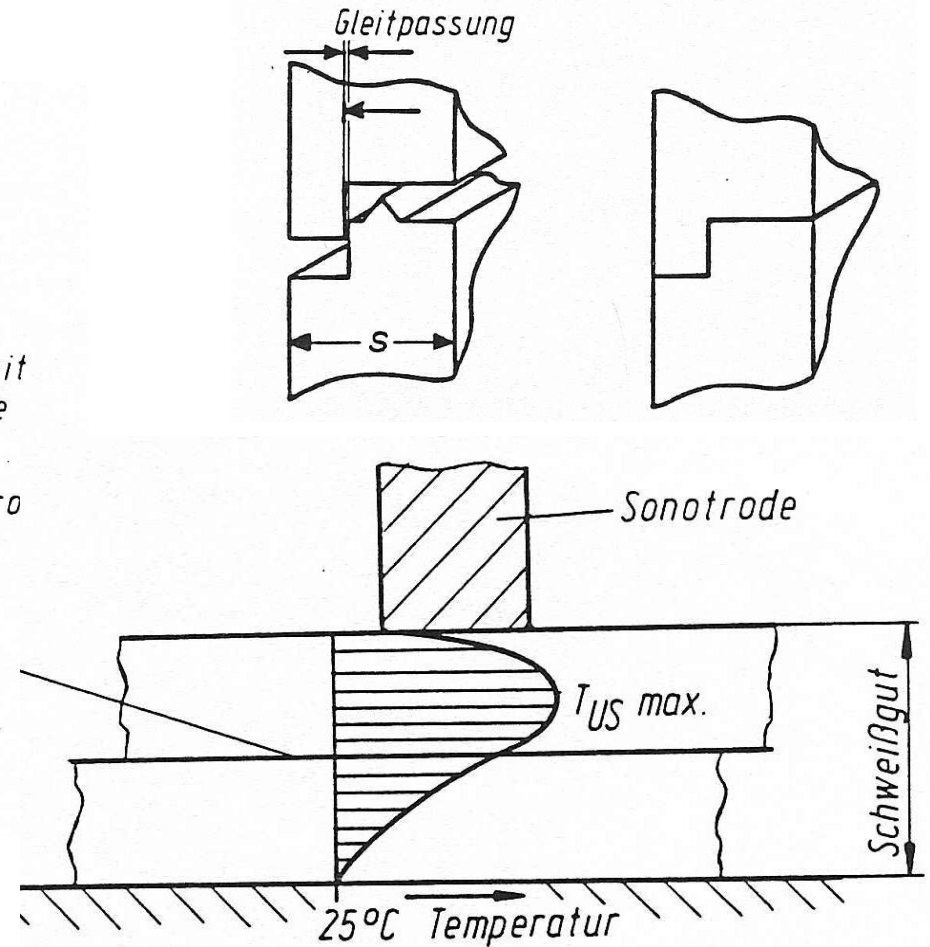
# Prinzip des Vibrationsschweißens



# Ultraschall-Schweißen



- 1 Netzteil
- 2 Nachstimmoszillator
- 3 Vormagnetisierung
- 4 Endstufe



# Hochfrequenzschweißen

