Universität Stuttgart
Institut für Medizingerätetechnik

Dieses Skript basiert auf Vorarbeiten von Prof. Dr.-Ing. T. Maier
Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design

Skript zur Übung

Einführungsseminar Technisches Zeichnen

Konstruktion in der Medizingerätetechnik 1

Prof. Dr. rer. nat.
Peter P. Pott
Max Schäfer, M.Sc.

Wintersemester
2019/2020

Institut
für
Medizingerätetechnik

1. Allgemeines 2
1.1 Einführung in das technische Zeichnen 2
1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen 4
1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe 12
1.4 Zeichengeräte für manuelles Zeichnen 17
1.5 Linienarten und Normschrift 18
2. Skizzen 23
3. Geometrische Konstruktion 25
3.1 Geometrische Grundkörper 26
3.2 Ellipsenkonstruktion 27
3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen 29
4. Projektionsmethoden 34
4.1 Zentralprojektion 35
4.2 Axonometrische Darstellung 37
4.3 Orthogonale Darstellung 40
5. Darstellung von Ansichten und Schnitten 43
5.1 Vereinfachte Darstellungen 43
5.2 Schraffuren 45
5.3 Schnittarten 48
5.4 Schnittlinien 52
6. Maschinenelemente 54
6.1 Gewinde und Schrauben 55
6.2 Niete, Stifte und Bolzen 64
6.3 Achsen und Wellen 66
6.4 Wälzlager 71
6.5 Zahnräder 74
6.6 Dichtungen 77
6.7 Federn 80
7. Bemaßung 81
7.1 Grundlagen der Bemaßung 81
7.2 Bemaßung von Formelementen 89
7.3 Bemaßung sich wiederholender Formelemente 99
8. Oberflächen 101
8.1 Angabe von Werkstückkanten 102
8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen 105

9. Toleranzen und Passungen 114

9.1 Maßtoleranzen 116

9.2 Form- und Lagetoleranzen 129

10. Schweißgerechtes Bemaßen 139

11. Angaben zur Wärmebehandlung 143

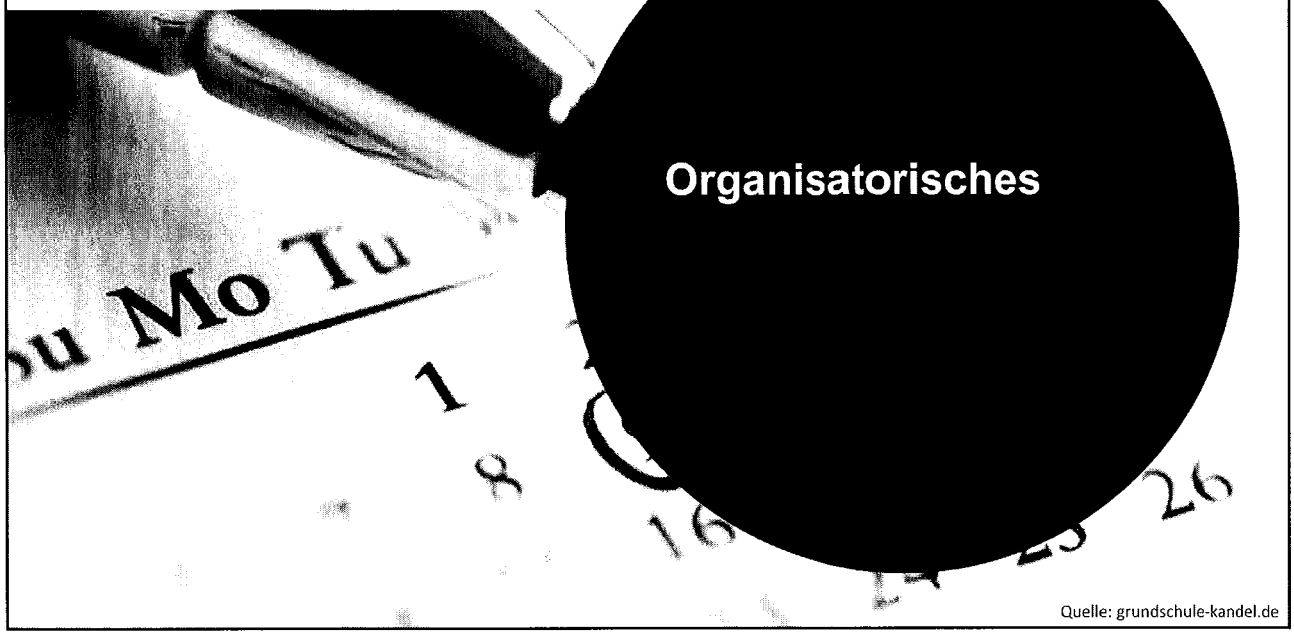
12. Gesamtzeichnung und Stückliste 146

12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnungen 146

12.2 Stückliste 149

12.3 Beispiele 151

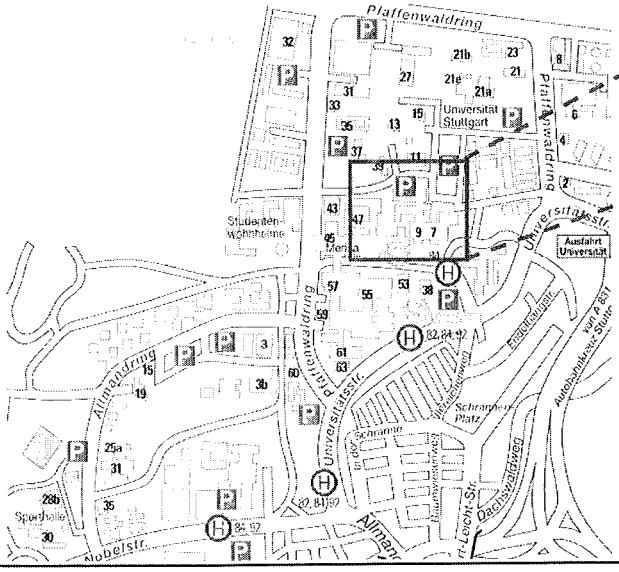
Universität Stuttgart

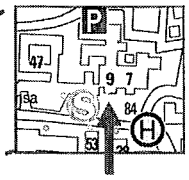


Organisatorisches

Quelle: grundschule-kandel.de

Organisatorisches





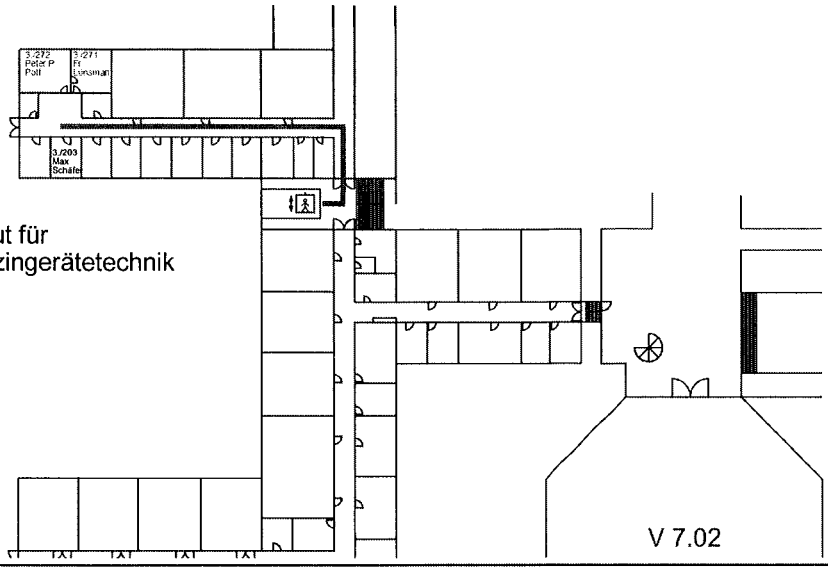
Institut für Medizingerätetechnik

Pfaffenwaldr. 9 – 3. OG

Ansprechpartner KMT:
Max Schäfer, M.Sc.
Raum 3.203

Sekretariat:
Raum 3.271

Organisatorisches



Institut für
Medizingerätetechnik

Organisatorisches

Aufbau der Übung

- Einführungsseminar Technisches Zeichnen
  - 4 bis 5 Termine im Hörsaal
- Gruppenübungen:
  - Erlernen von Fähigkeiten/Fertigkeiten im Skizzieren, Technischen Zeichnen, Entwerfen, Konstruieren, Berechnen
  - Anhand von Beispielen aus der Praxis werden verschiedene Themengebiete geübt
  - Selbstständiges Anwenden des Gelernten

  → Saalübungen, Hausübungen

- Empfehlung: CAD-Kurs beim „StutCAD“ (http://www.stutcad.uni-stuttgart.de/)

Organisatorisches

Aufbau der Übung - vorläufig

Datum	Uhrzeit	Veranstaltung	Raum
23.10.2019	14:00 bis 15:30	Einführung TZ 1	V 7.03
30.10.2019	14:00 bis 15:30	Einführung TZ 2	V 7.03
06.11.2019	14:00 bis 15:30	Einführung TZ 3	V 7.03
13.11.2019	14:00 bis 15:30	Einführung TZ 4	V 7.03
20.11.2019	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 1	9.1.264 & 9.3.262
27.11.2019	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 2	9.1.264 & 9.3.262
04.12.2019	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 3	9.1.264 & 9.3.262
11.12.2019	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 4	9.1.264 & 9.3.262
18.12.2019	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 5	9.1.264 & 9.3.262
08.01.2020	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 6	9.1.264 & 9.3.262
15.01.2020	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 7	9.1.264 & 9.3.262
22.01.2020	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 8	9.1.264 & 9.3.262
29.01.2020	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung 9	9.1.264 & 9.3.262
05.02.2020	13:45 bis 15:15 & 15:30 bis 17:00	Gruppenübung	9.1.264 & 9.3.262

Organisatorisches

Einführungsseminar Technisches Zeichnen

- 4 Termine im Hörsaal V 7.03
  - 23.10.2019
  - 30.10.2019
  - 06.11.2019
  - 13.11.2019
- Jeweils von 14:00 Uhr bis 15:30 Uhr
- Grundlagen des Technischen Zeichnens

Organisatorisches
Gruppenübungen

- 13:45 -15:15 und 15:30 -17:00 in den Räumen 9.1.264 und 9.3.262
- Gruppeneinteilung erfolgt Mitte November → Info in letzter TZ-Einführung
- Jeder Studierende muss in der Lage sein, seine Lösung zu erläutern
- Bei ausreichender Leistung wird ein Testat erteilt
- Bei nicht erteiltem Testat müssen die Korrekturen bis zu einem festgelegten Termin eingearbeitet werden
- Die ordnungsgemäße Teilnahme ist Voraussetzung zum Bestehen des gesamten Moduls (nicht der Prüfung)
- Anwesenheitspflicht
- Unentschuldigtes Versäumen von Übungsterminen ist nicht erlaubt

Organisatorisches
Technische Zeichnungen

- saubere Zeichnung mit Lineal und korrekten Strichstärken
- ausgefülltes Schriftfeld: Name, Datum, Werkstückbezeichnung, Maßstab, Blattnummer, Werkstoff, Allgemeintoleranz usw.
- Format: DIN A3 und DIN A4
- 1 Teil pro Zeichnungsblatt
- richtige Lage von Werkstück und Bemaßung
- Oberflächenangaben, Toleranzen und Form- und Lageabweichungen wenn nötig eintragen
- Vereinbarung: keine unsichtbaren Kanten (unsichtbare Kanten nur wenn explizit gefordert)

Organisatorisches
Berechnungsprotokolle

- klare und übersichtliche Darstellung des Berechnungsgangs
- Zwischenüberschriften
- Prinzipskizzen mit Bezeichnungen und Wirkungsangaben hinsichtlich der Beanspruchungssituation (Kräfte, Momente, Temperatur, ...)
- Formeln aus Vorlesung ohne Kommentar, bei anderen Quelle angeben
- berücksichtigte mögliche Versagensarten angeben (Fließen, Gewaltbruch, Dauerbruch, ...), Bezeichnung gefährdeter Querschnitte
- Angabe der Bauteilsicherheit
- Angabe der Werkstoffe, Werkstoffkennwerte (Quelle)

Organisatorisches
Zeichenausrüstung

- Grundausstattung:
  - Großes Geodreieck (Länge 20 cm)
  - Zirkel
  - Satz Druckbleistifte (Minenstärke 0,35 und 0,7)
- Zusätzliche Ausstattung:
  - DIN A3 Zeichenplatte oder Zeichenbretter (Empfehlung)
    - Verleih über Fachschaft (http://fsmach.uni-stuttgart.de)
  - Schablonen
    - Normschrift
    - (flexible) Radienschablone
    - Radierschablone

Organisatorisches

Zugang zu Informationen

- Infos zu Organisation, Termine, Sprechstunden, Übungstermine, Übungsaufgaben, Gruppeneinteilung:
  - (IMT-Schaukasten neben Sekretariat, Pfaffenwaldring 9, 3. Stock)
  - ILIAS & Campus
  - https://www.imt.uni-stuttgart.de/lehre/vorlesungen
  - Kontakt: kmt@imt.uni-stuttgart.de

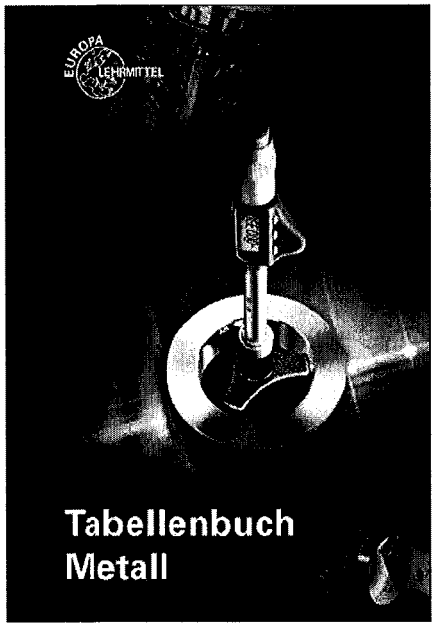
Organisatorisches

Skript

- Skript „Einführung in das Technische Zeichnen“
- Umdruck zur Veranstaltung
  - soll und kann den Besuch der Veranstaltung nicht ersetzen
  - ist auch als Nachschlagewerk für die Bearbeitung der Übungsaufgaben und die spätere berufliche Praxis konzipiert

Organisatorisches
Literaturempfehlung

- Tabellenbuch Metall, Europa Lehrmittel
- Hoischen: Technisches Zeichnen, Cornelsen



Organisatorisches
Zusammenfassung

- 4 Termine „Einführung Technisches Zeichnen“ in V 7.03
- Dann Gruppenübungen
  - Bis Anfang November Gruppeneinteilung
  - und weitere Infos zu Räumen und Uhrzeiten
- Skript kaufen
- Literatur besorgen
  - Bibliothek
  - Perinorm-Zugang testen
- Zeichenausrüstung besorgen
- **Fragen ?**

Universität Stuttgart

Dieses Skript basiert auf Vorarbeiten von Prof. Dr.-Ing. Thomas Maier
Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design
Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design

Räumliche Darstellung und Technisches Zeichnen

Prof. Dr.
Peter P. Pott

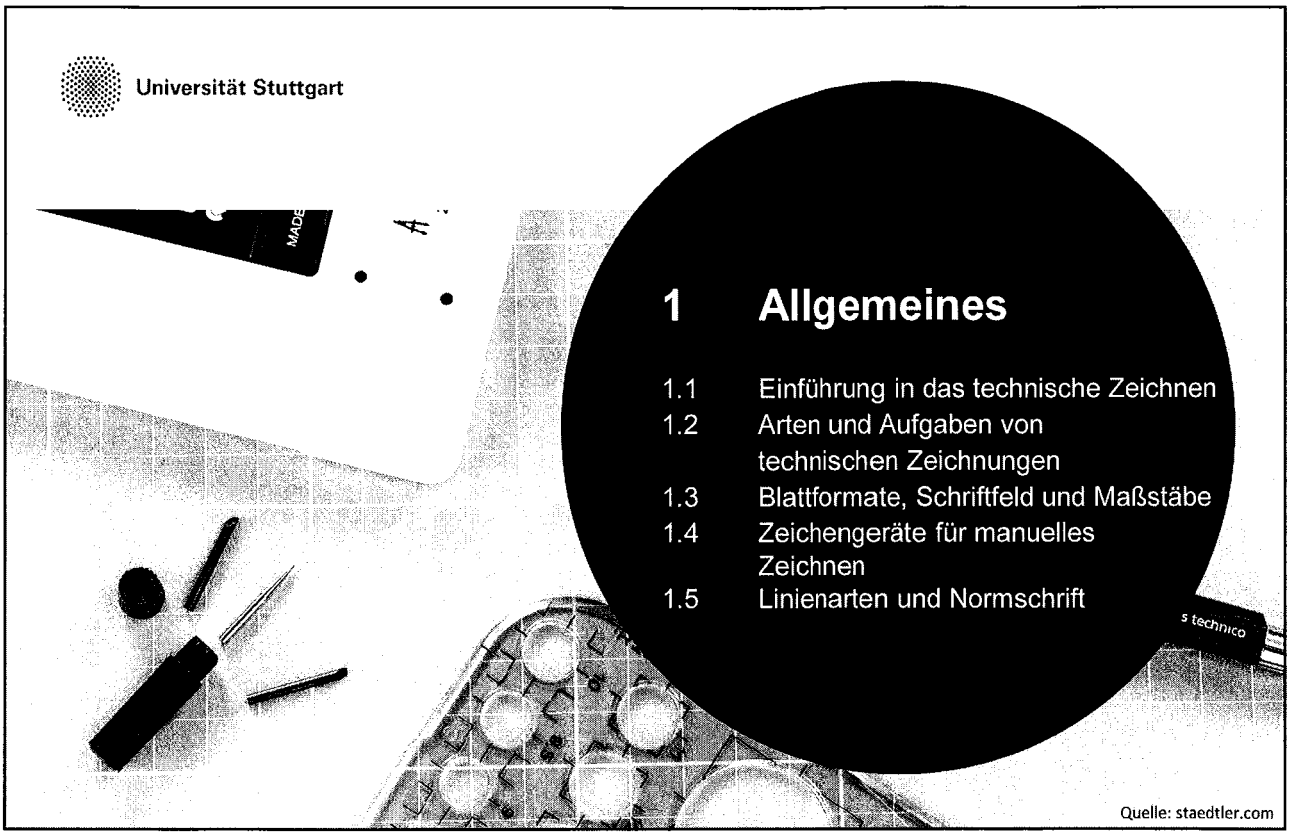
Max Schäfer,
M.Sc.

Quelle: flickr.com

Räumliche Darstellung und Technisches Zeichnen

1. Allgemeines
2. Skizzen
3. Geometrische Konstruktion
4. Projektionsmethoden
5. Darstellung von Ansichten und Schnitten
6. Maschinenelemente
7. Bemaßung
8. Oberflächen
9. Toleranzen und Passungen
10. Schweißgerechtes Bemaßen
11. Angaben zur Wärmebehandlung
12. Gesamtzeichnung und Stückliste

Universität Stuttgart

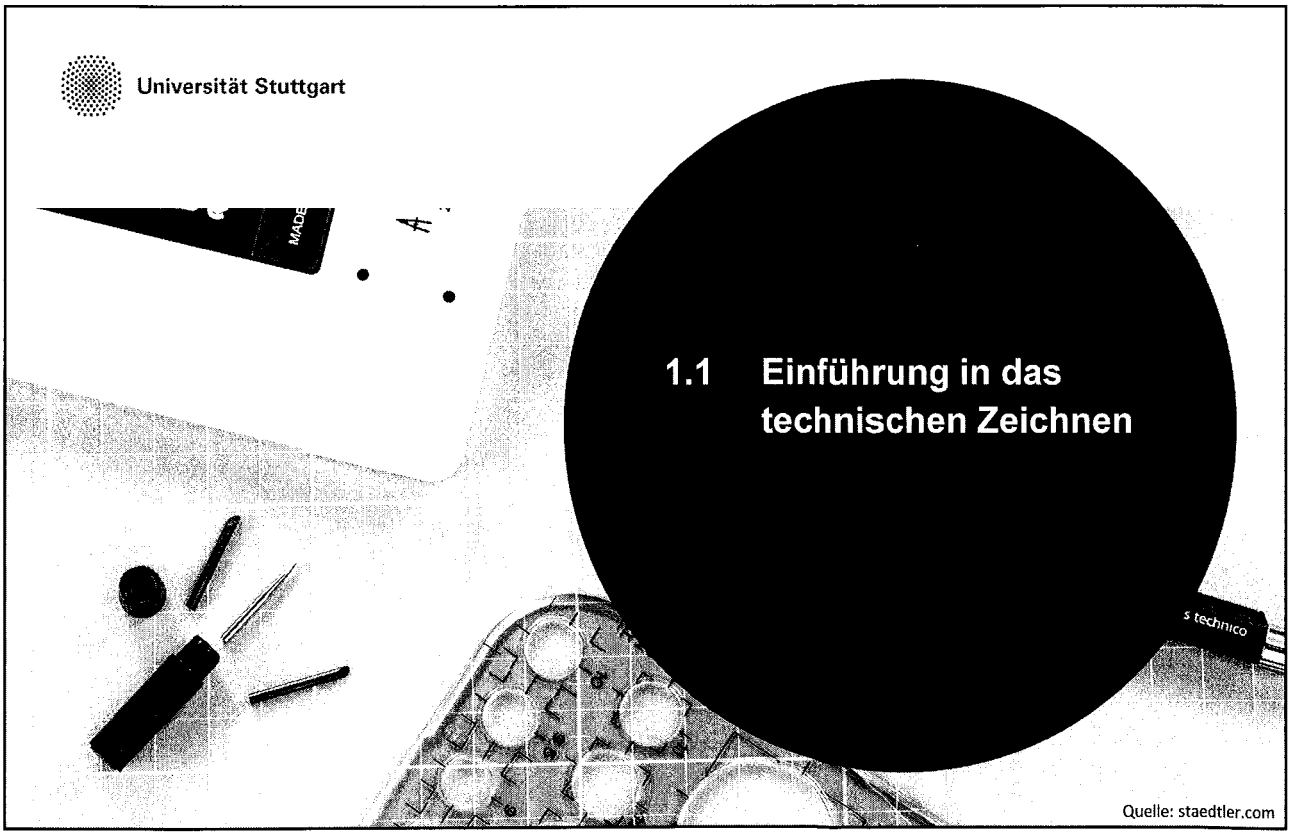


1 Allgemeines

1.1 Einführung in das technische Zeichnen
1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen
1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe
1.4 Zeichengeräte für manuelles Zeichnen
1.5 Linienarten und Normschrift

Quelle: staedtler.com

Universität Stuttgart



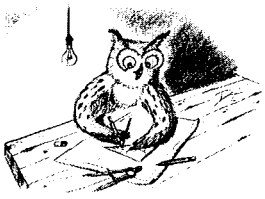
1.1 Einführung in das technischen Zeichnen

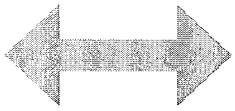
Quelle: staedtler.com

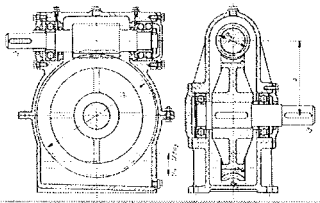
1.1 Einführung in das technische Zeichnen

Zeichnen und Technisches Zeichnen

Zeichnen	Freies Künstlerisches Zeichnen	Gebundenes technisches Zeichnen
Formen und Gedanken bildhaft darstellen	freihändiges Entwerfen	mit Werkzeugen und Geräten nach bestimmten Regeln (Normen)







Zeichnung:
aus Linien bestehende bildliche Darstellung

Technische Zeichnung:
Art und Vollständigkeit für technische Zwecke (z. B. durch Einhalten von Darstellungsregeln und Maßeintragungen)

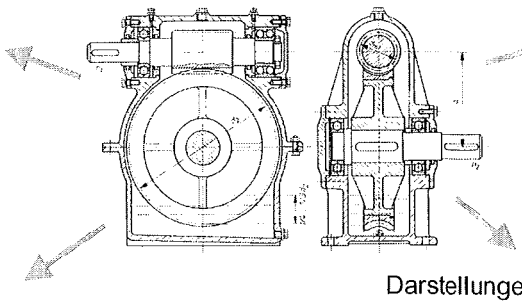
Quellen: Daniel Holder, IKTD; Technisches Zeichnen

1.1 Einführung in das technische Zeichnen

Die technische Zeichnung

Dient der **Verständigung**

Darstellungstechnik für die **Beschreibung technischer Produkte**



Normen legen Zeichenregeln fest („gemeinsame Sprache")

Aussage **vollständig, eindeutig** und für jeden Techniker **verständlich**

Darstellungen / Schriftfeld / Stückliste
→ **alle erforderlichen Angaben**,
z. B. zur Herstellung und Prüfung eines Erzeugnisses (Formen, Maße, Werkstoff)

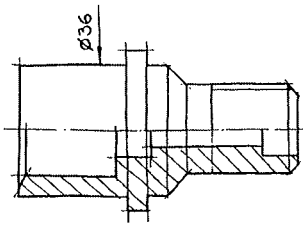
Quelle: Technisches Zeichnen

1.1 Einführung in das technische Zeichnen

Darstellungsarten

Bildliche Darstellung

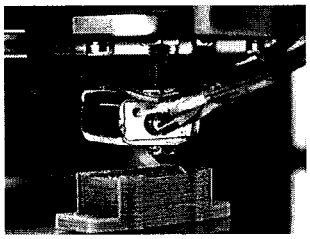
Unterschiedliche Zeichnungsarten:
- Gesamtzeichnung
- Skizze
- Fertigungszeichnung



Gegenständliche Darstellung

Modelle:
- Anschauungsmodelle
- Funktionsmodelle

Prototypen:
- Rapid Prototyping

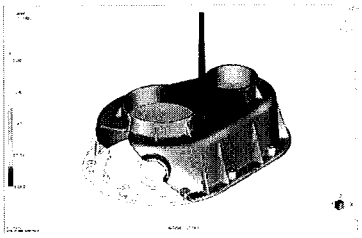


Quelle: mittelstand-heute.com

Schriftliche oder Verbale Beschreibung

Berechnung
Simulation

Fachbegriffe:
- z.B. Bohrung



Quelle: westcam.at

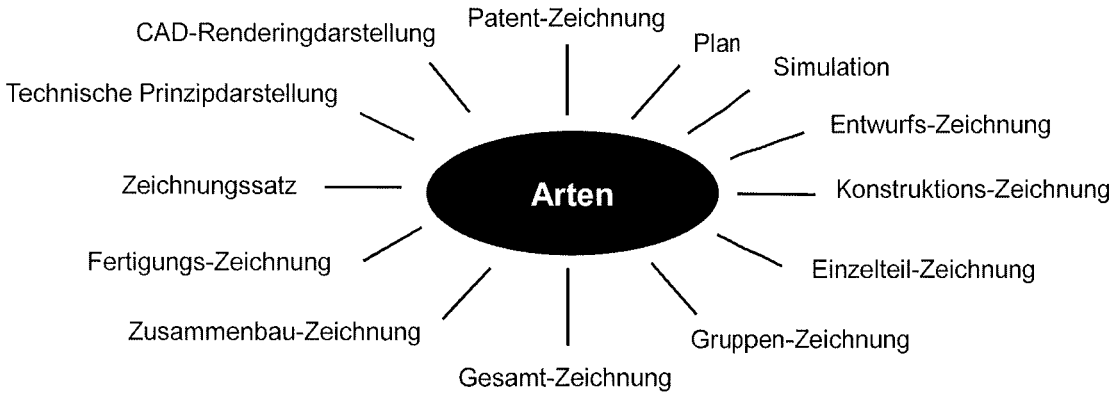
Universität Stuttgart

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Quelle: staedtler.com

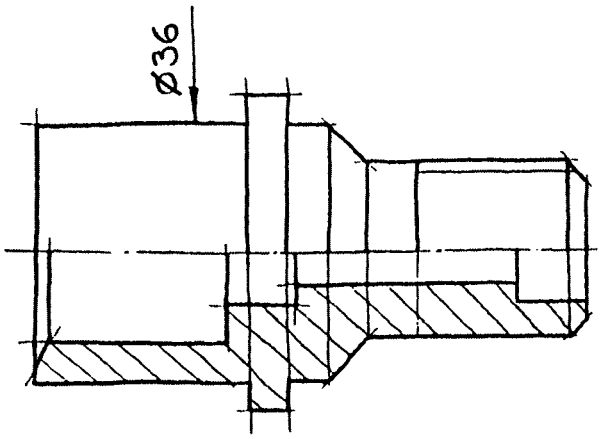
1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

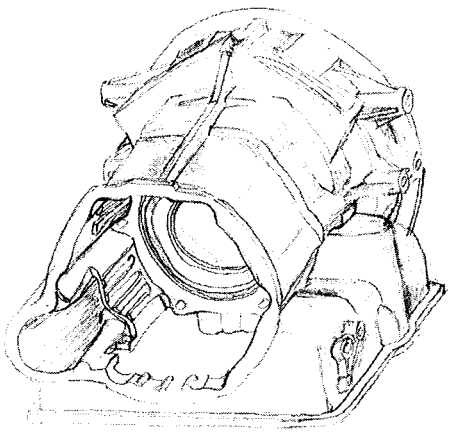
Arten von technischen Zeichnungen



1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Skizze

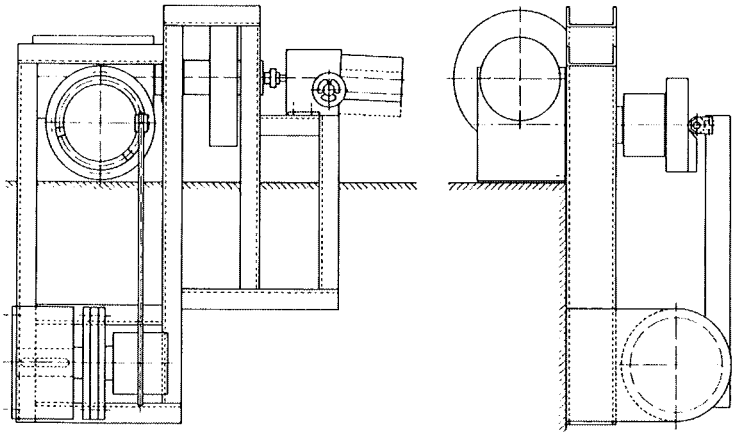




Skizze: nicht unbedingt maßstäbliche, vorwiegend freihändig erstellte Zeichnung

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

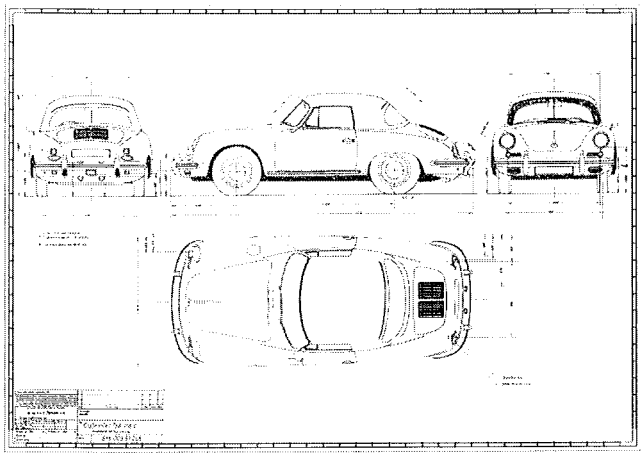
Entwurfs-Zeichnung



Entwurfs-Zeichnung: stellt einen konstruktiven Entwurf dar, über dessen endgültige Ausführung noch nicht entschieden wurde

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Konstruktions-Zeichnung

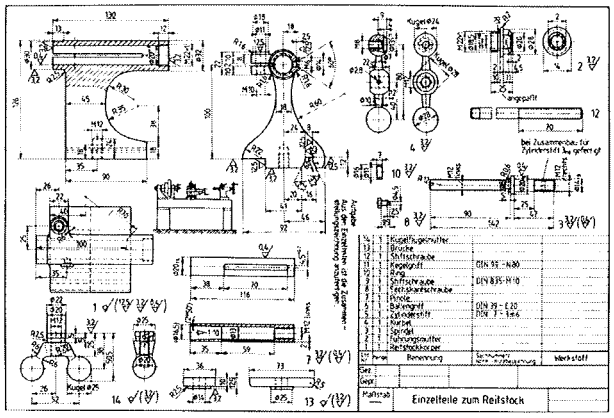


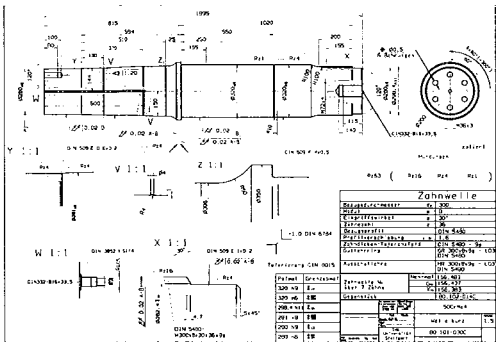
Konstruktions-Zeichnung: stellt einen Gegenstand in seinem vorgesehenen Endzustand dar

Quelle: automobilezeitreise.de

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Einzelteil-Zeichnung

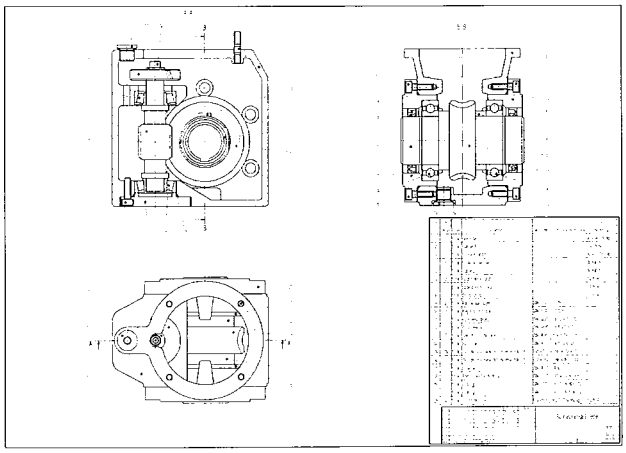




Einzelteil-Zeichnung: enthält ein Einzelteil ohne die räumliche Zuordnung zu anderen Teilen

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Gruppen-Zeichnung

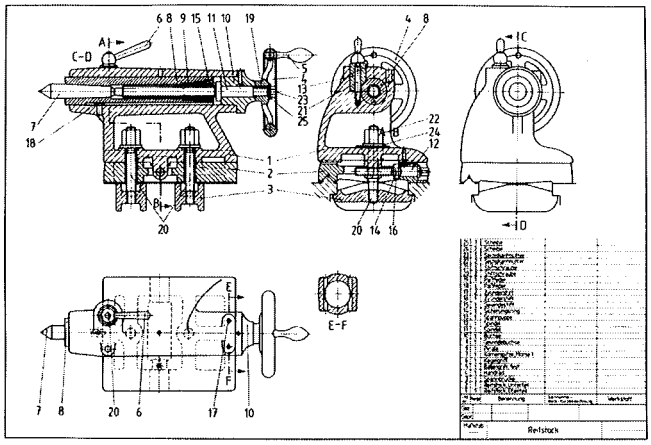


Gruppen-Zeichnung: zeigt maßstabsgetreu die räumliche Lage und Form der zu einer Gruppe zusammengefassten Teile

Quelle: wikimedia.de

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

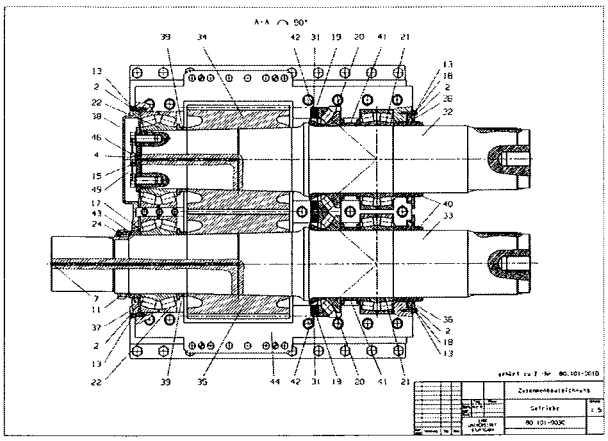
Gesamt-Zeichnung

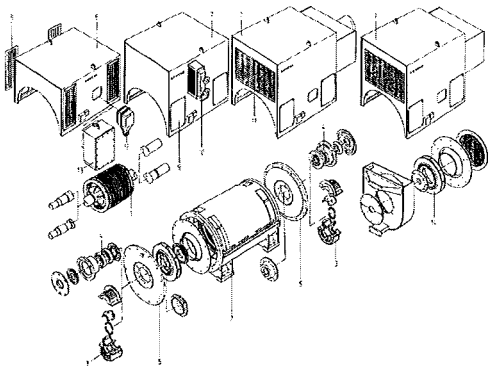


Gesamt-Zeichnung: stellt eine Maschine, eine Anlage oder ein Gerät im zusammengebauten Zustand dar

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Zusammenbau-Zeichnung

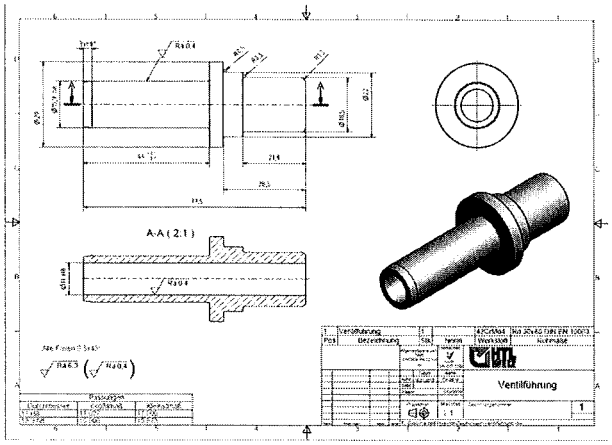




Zusammenbau-Zeichnung: dient zur Erläuterung von Zusammenbauvorgängen

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Fertigungs-Zeichnung

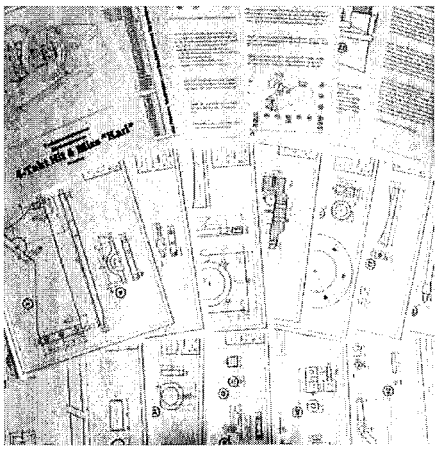


Fertigungs-Zeichnung: Darstellung eines Teiles mit Angaben für die Fertigung

Quelle: listermotor.blogspot.com

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Zeichnungssatz



Zeichnungssatz: Gesamtheit aller Zeichnungen, die zur vollständigen Darstellung eines Gegenstandes erforderlich sind

Quelle: picclick.fr

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Patent-Zeichnung

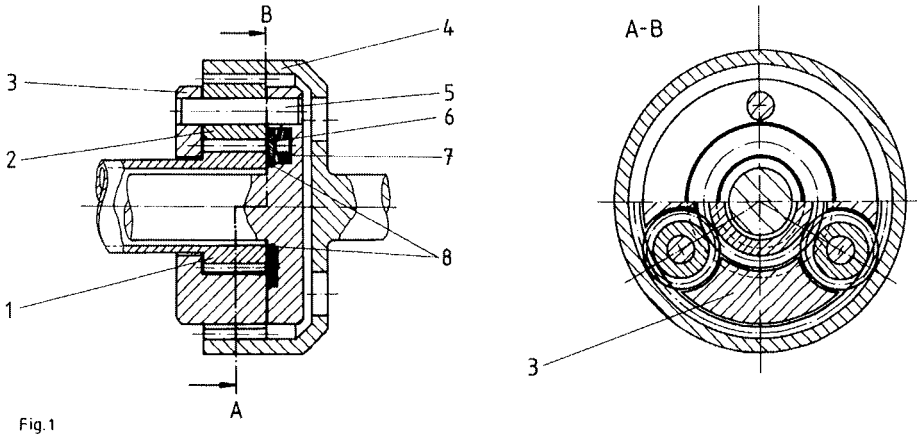
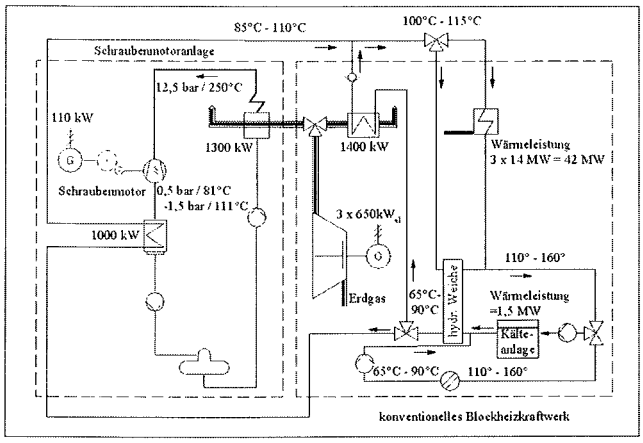


Fig. 1

Patent-Zeichnung: entspricht in ihrem formalen Aufbau und in ihrer zeichnerischen Darstellung den Vorschriften der „Verordnung über die Anmeldung von Patenten“

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

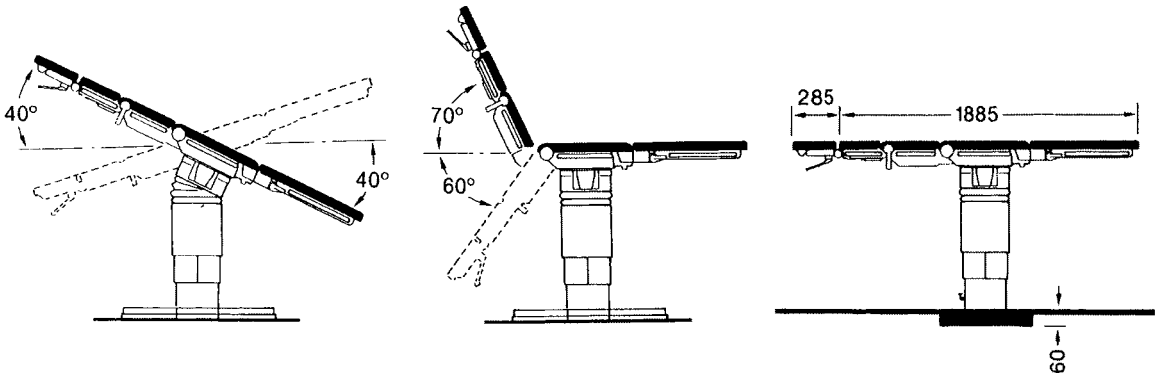
Plan



Plan: stellt z. B. Funktionszusammenhänge durch Symbole dar, z. B. Rohrleitungsplan, Stromlaufplan, Schaltplan

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Technische Prinzipdarstellung

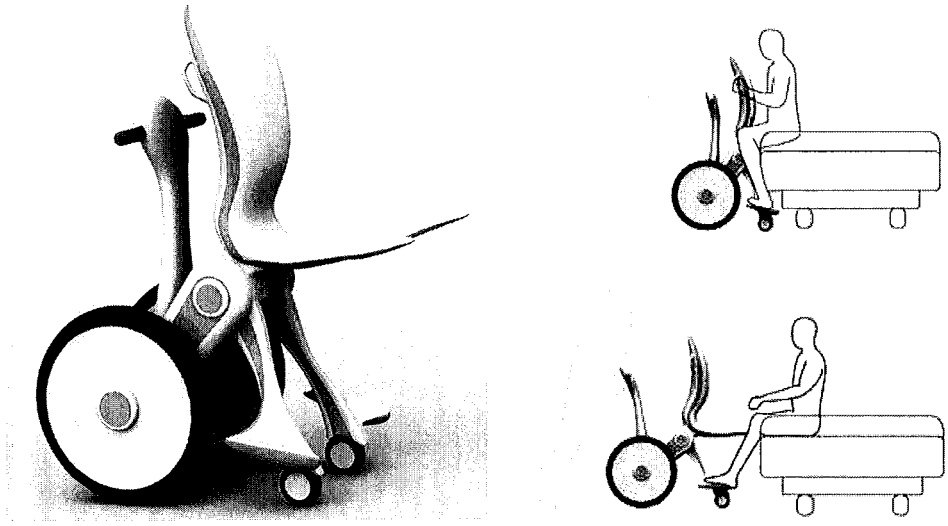


Technische Prinzipdarstellung: Reduzierte Konstruktionszeichnung zur Veranschaulichung von Sachverhalten

Quelle: Kramme

1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

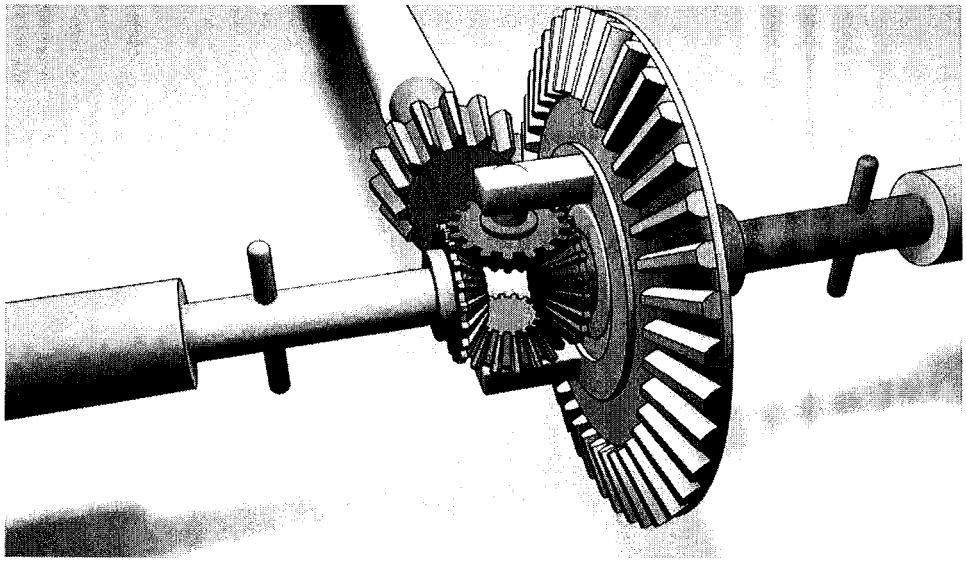
CAD-Renderingdarstellung



Quelle: Yanko Design

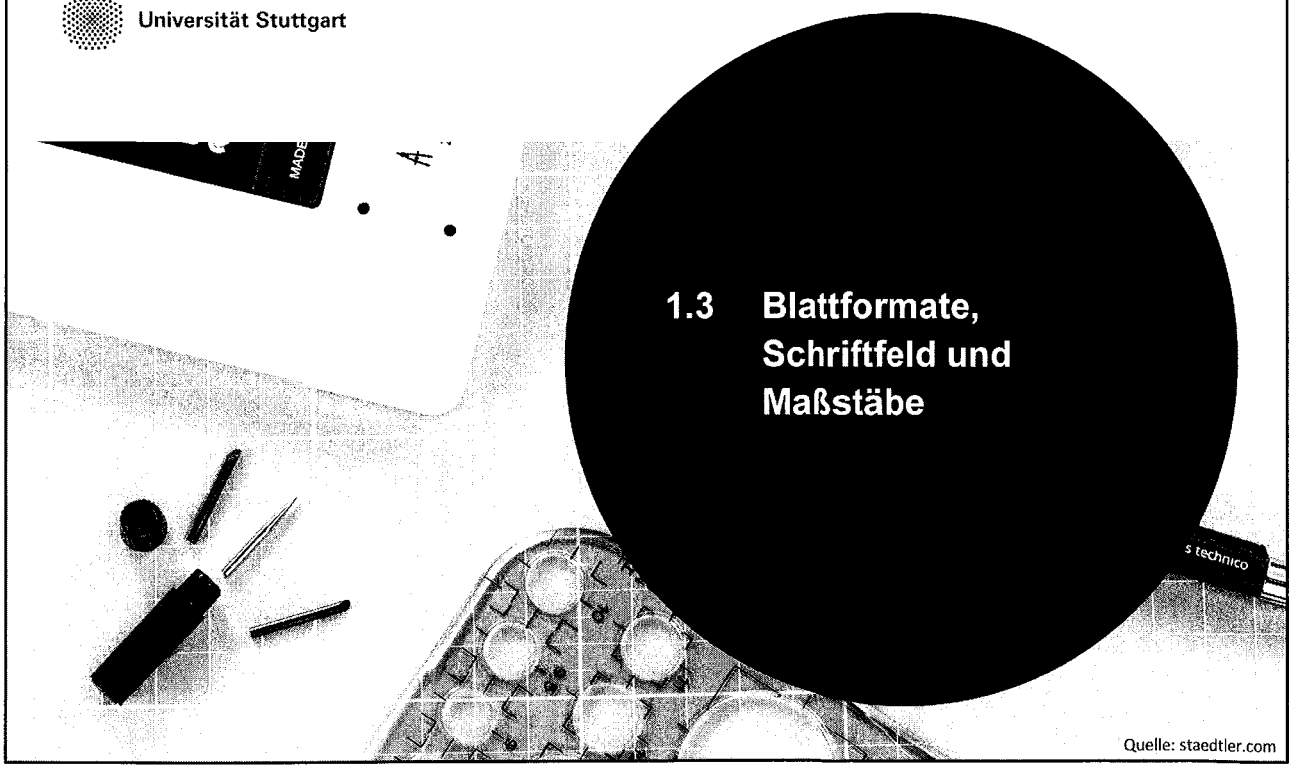
1.2 Arten und Aufgaben von technischen Zeichnungen

Kinematische Simulation eines Differentialgetriebes



Quelle: Youtube

Universität Stuttgart



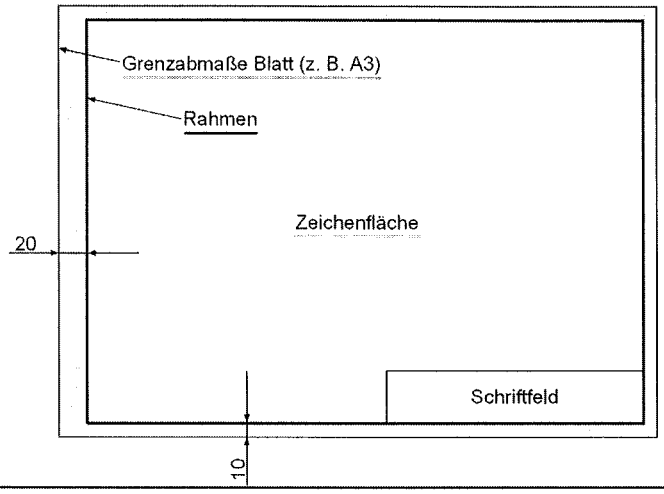
1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Quelle: staedtler.com

1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Blattformate nach DIN EN ISO 5457

Aufbau eines Blattes

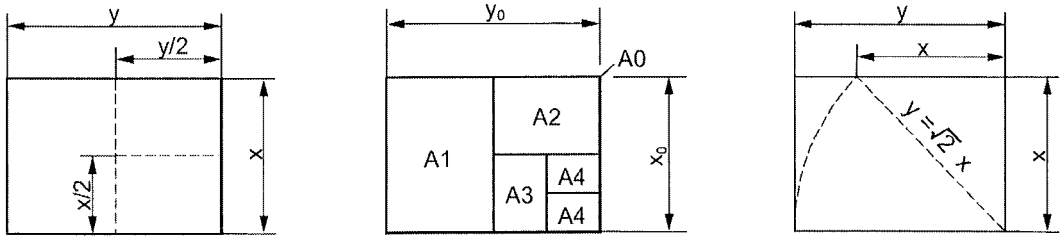


1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Blattformate nach DIN EN ISO 5457

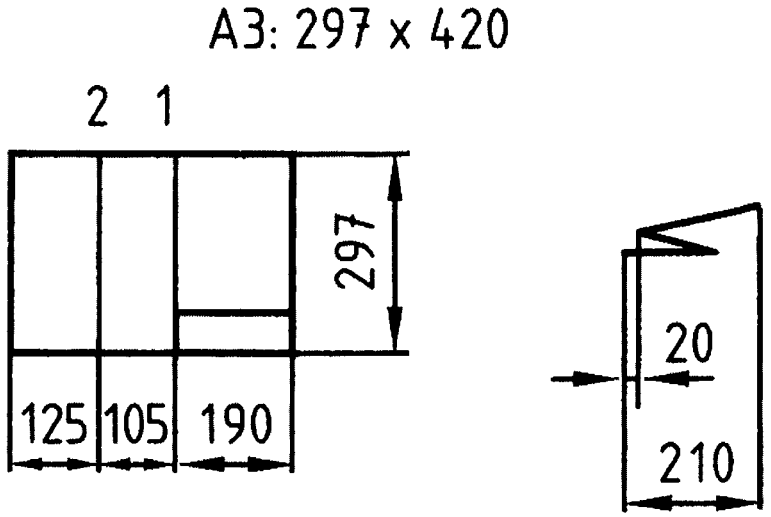
Grundsätze des DIN-Formatsystems:

- Metrische Formatordnung: Fläche $A = x \cdot y = 1\ m^2$ (= A0)
- Formatentwicklung durch Halbieren
- Ähnlichkeit der Formate:
  Die Seiten x und y der Formate verhalten sich zueinander wie die Seite eines Quadrates zu dessen Diagonale → $x : y = 1 : \sqrt{2}$



1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Falten auf Ablageformat nach DIN 824



Quelle: Hoischen

1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Blattformate der ISO-A-Reihe

Blattgrößen der Reihe A	Beschnittene Zeichnung (Fertigblatt)	Zeichenfläche	unbeschnittenes Blatt (Kleinstmaß)	günstige Rollenbreite	
A 0	841 x 1189	821 x 1159	880 x 1230	900	
A 1	594 x 841	574 x 811	625 x 880	900	660
A 2	420 x 594	400 x 564	450 x 625	900	660
A 3	297 x 420	277 x 390	330 x 450	660	900
A 4	210 x 297	180 x 277	240 x 330	660	

Endformate Hauptreihe A; Maße in mm

Quelle: Hoischen

1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Schriftfeld nach DIN EN ISO 7200 (IMT)

- Jede technische Zeichnung enthält ein Schriftfeld.
- Die Datenfelder dienen der genauen Identifizierung der technischen Zeichnung.
- Zusätzlich benötigte Datenfelder werden außerhalb des Schriftfeldes angegeben.

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mK	Werkstückkanten ISO 13715	Gewicht	Maßstab
Verantwortliche Abteilung Institut für Medizingerätetechnik	Genehmigt von Prof. Dr. rer. nat. habil P. Pott	Erstellt durch **IMT**	
Institut für Medizingerätetechnik IMT	Dokumentenart **Beispielzeichnung**	Dokumentenstatus **Freigegeben**	
	Titel **Bauteilbezeichnung**	Ausgabedatum **201X_XX_XX**	
		Sprache **deutsch**	Blatt **1/1**

1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Maßstäbe nach DIN ISO 5455

- **Vollständige Angabe eines Maßstabes:**
  - Maßstab **1 : 1** für den **natürlichen Maßstab**
  - Maßstab **X : 1** für den **Vergrößerungsmaßstab**
  - Maßstab **1 : X** für den **Verkleinerungsmaßstab**

Kategorie	**Empfohlene Maßstäbe**		
Vergrößerungsmaßstäbe	50 : 1 5 : 1	20 : 1 2 : 1	10 : 1
Natürlicher Maßstab	1 : 1		
Verkleinerungsmaßstäbe	1 : 2 1 : 20 1 : 200 1 : 2000	1 : 5 1 : 50 1 : 500 1 : 5000	1 : 10 1 : 100 1 : 1000 1 : 10000

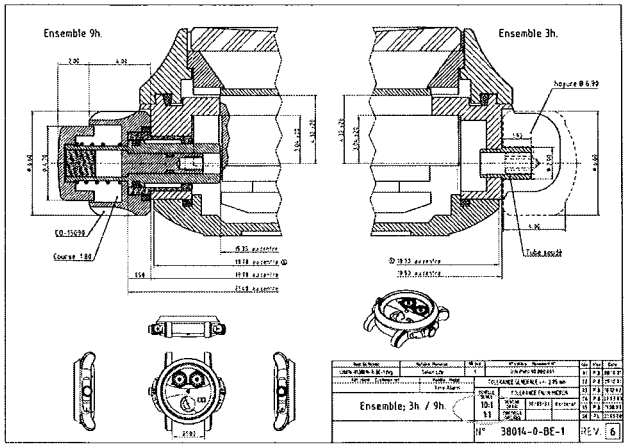
Quelle: Hoischen

1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Maßstäbe nach DIN ISO 5455

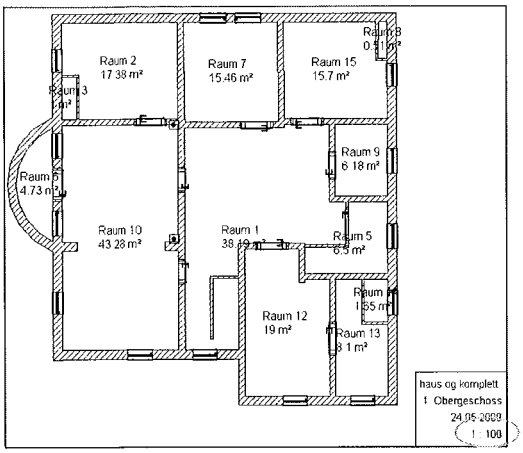
Uhr im Maßstab 10 : 1

Vergrößerungsmaßstab



Haus im Maßstab 1 : 100

Verkleinerungsmaßstab



Quellen: autodesk.com, commaik.de

1.3 Blattformate, Schriftfeld und Maßstäbe

Maßstäbe nach DIN ISO 5455

- **Eintragung im Schriftfeld**

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mK	Werkstückkanten ISO 13715	Gewicht	Maßstab
Verantwortliche Abteilung Institut für Medizingerätetechnik	Genehmigt von Prof. Dr. rer. nat. habil P. Pott	Erstellt durch IMT	
Institut für Medizingerätetechnik	Dokumentenart Beispielzeichnung	Dokumentenstatus Freigegeben	
	Titel Bauteilbezeichnung	Ausgabedatum 201X XX XX	
		Sprache deutsch	Blatt 1/1

- **Mehr als ein Maßstab in einer Zeichnung:**
  - Hauptmaßstab in das Schriftfeld
  - alle anderen Maßstäbe in der Nähe der Positionsnummern oder der Kennbuchstaben der Einzelheit,
    z. B. X 10 : 1, und / oder Schnitte, z. B. A-B 5 : 1

Universität Stuttgart

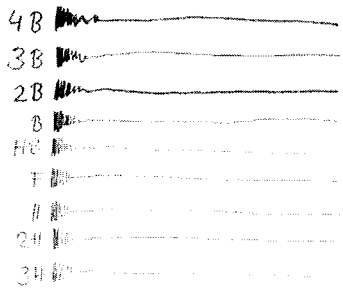
1.4 Zeichengeräte für manuelles Zeichnen

Quelle: staedtler.com

1.4 Zeichengeräte für manuelles Zeichnen

Zeichengeräte

- Entwurfszeichnungen: meist mit **Bleistiften**
  - Buchstaben beschreiben die Härtegrade der Minen
    - B = schwarz (weich)
    - HB = hart, schwarz (mittelhart)
    - H = hart
  - Ziffern verweisen auf feinere Abstufungen: B1 ... 4 und H1 ... 6



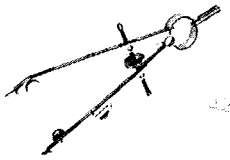
- Die endgültige Version einer Zeichnung wurde früher mit **Tusche** angefertigt.
- Heute erfolgt die Konstruktion hauptsächlich rechnerunterstützt mithilfe verschiedener **CAD-Systeme**.

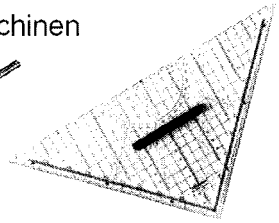
Quelle: oh-man.de

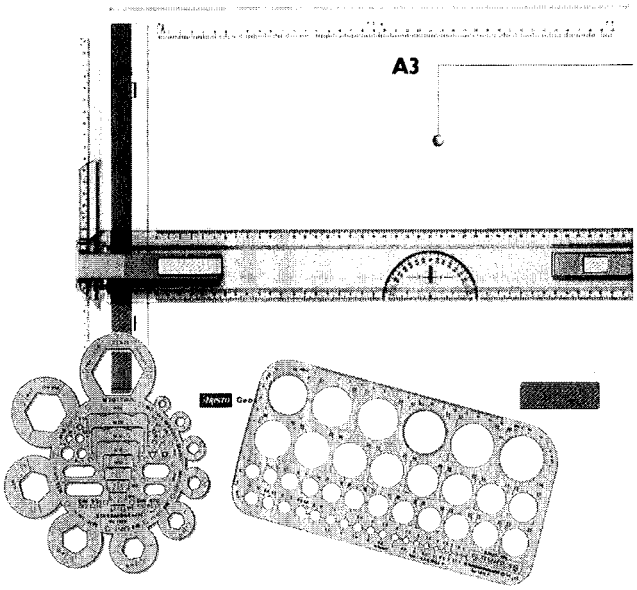
1.4 Zeichengeräte für manuelles Zeichnen

Hilfsmittel

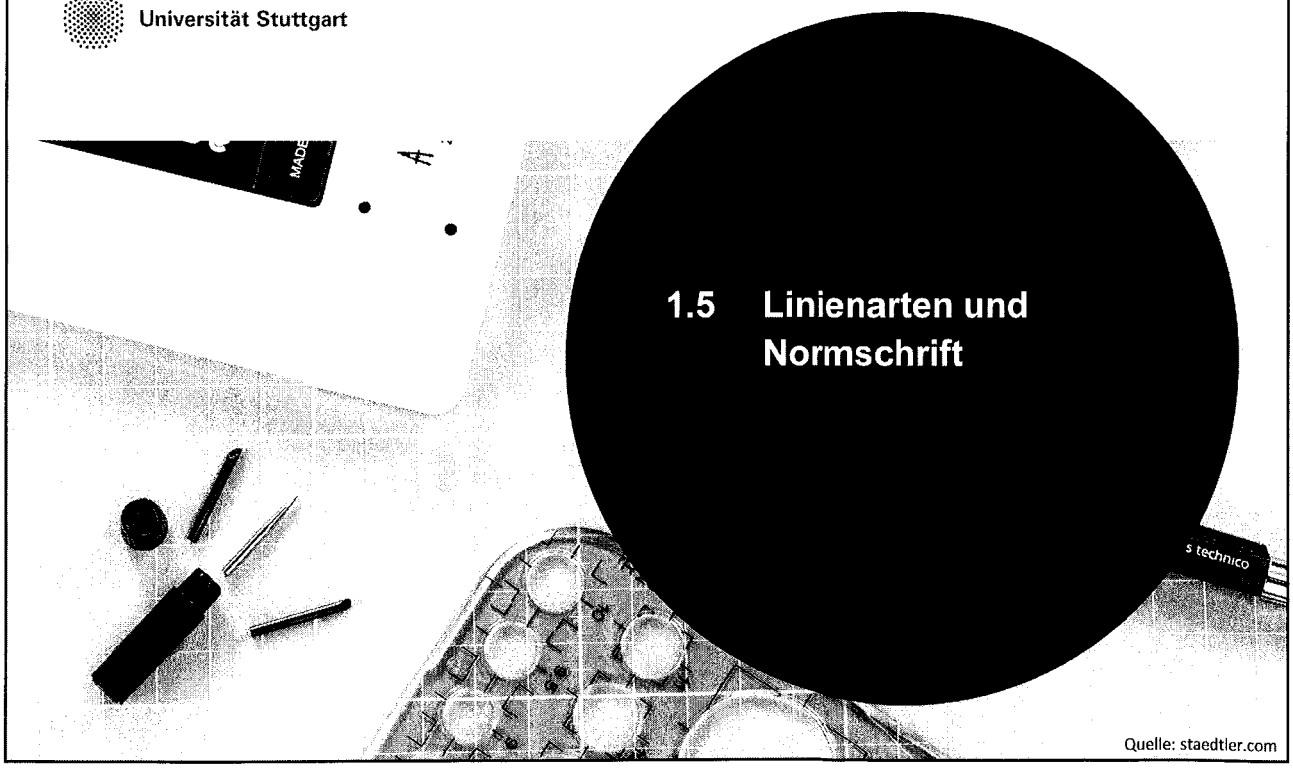
- Zirkel
- Geodreieck
- Schablonen (Kreise, Radien, Muttern, Schrift etc.)
- Lineale / Maßstäbe
- Zeichenplatten (DIN A3 und DIN A4)
- Zeichenmaschinen







Universität Stuttgart



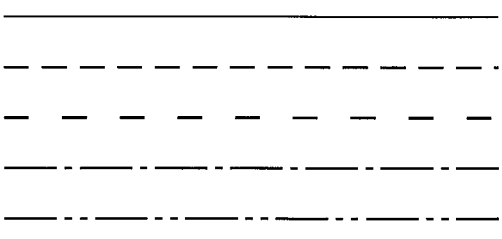
1.5 Linienarten und Normschrift

Quelle: staedtler.com

1.5 Linienarten und Normschrift

Linienarten nach DIN EN ISO 128-20

Grundarten



Volllinie

Strichlinien

Strichpunktlinie

Strich-Zweipunkt-Linie

Variationen / Kombinationen

Freihandlinie

Zick-Zack-Linie

1.5 Linienarten und Normschrift

Linienbreite nach DIN ISO 128-24

Reihe für Linienbreite d, Gestuft im Verhältnis 1 : 1,4

Auswahl von zwei Breiten („schmal“ und „breit“)

0,13 mm

0,18 mm

0,25 mm

0,35 mm

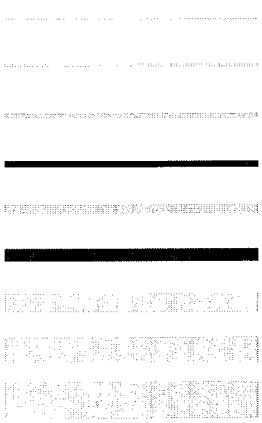
0,5 mm

0,7 mm

1,0 mm

1,4 mm

2,0 mm



Schmal = 0,25 mm + Breit = 0,5 mm

Schmal = 0,35 mm + Breit = 0,7 mm !

1.5 Linienarten und Normschrift

Linienbreiten und Liniengruppen nach DIN ISO 128-24

Für die zeichnerische Darstellung und Beschriftung vorzugsweise Liniengruppe 0,5 und für die größeren Formate A1 und A0 die Liniengruppe 0,7 verwenden.

Liniengruppe 0,5:

Linienbreiten: **0,5**; 0,35 (Schrift, graph. Symbole) und **0,25**

Liniengruppe 0,7:

Linienbreiten: **0,7**; 0,5 (Schrift, graph. Symbole) und **0,35**

→In einer technischen Zeichnung sind möglichst nur Linienbreiten **einer Liniengruppe** zu verwenden

→Der **Abstand paralleler Linien** beträgt **mindestens 0,7 mm.**

1.5 Linienarten und Normschrift

Linienart und Linienbreite

- Je nach Anwendung: Kombination aus **Linienart** und **Linienbreite**

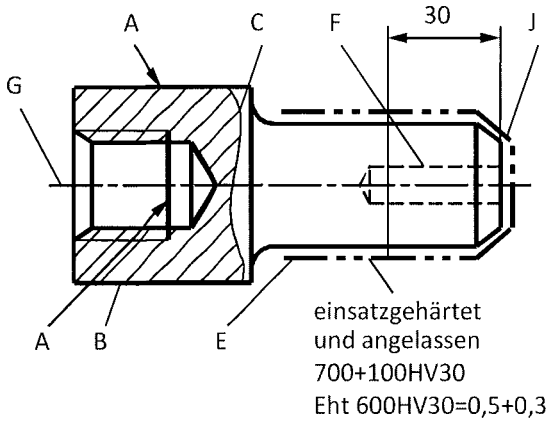
Linienart	Linienbreite		Anwendung
Voll-Linie	**Breit**	———	Sichtbare Kanten, Grenze nutzbarer Gewindelänge, vereinfachter Freistich
	Schmal	———	Schraffur, Maßlinie und Maßhilfslinie, Hinweislinie, Lichtkante, Gewindegrund, Begrenzung unterbrochener Darstellungen
Strichlinie	**Breit**	— — — .	Grenze der Oberflächenbehandlung
	Schmal	— — — —	Verdeckte Kanten, Umrisse
Strichpunkt-linie	**Breit**	— . — .	Schnittlinien, Wärmebehandlung, Beschichtung
	Schmal	— . — . — .	Mittellinie, Symmetrielinie, Lochkreis, Teilkreis
Freihand-/ Zickzacklinie	**Schmal**	——— ~~~	Abgebrochene/unterbrochene dargestellte Ansichten und Schnitten (wenn die Begrenzung keine Mittellinie ist)

1.5 Linienarten und Normschrift

Linienarten mit Kennbuchstaben nach DIN ISO 128-24

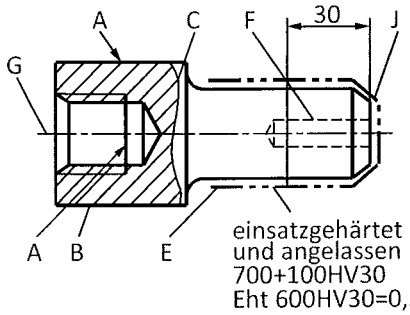
Beim Überdecken von Linien in technischen Zeichnungen gilt folgende **Rangfolge**:

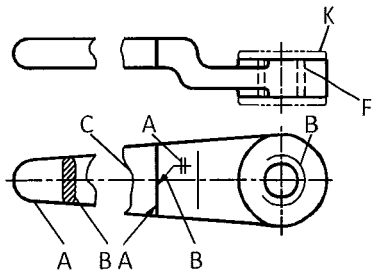
- sichtbare Kanten und Umrisse (A)
- verdeckte Kanten und Umrisse (F)
- Schnittebene (J)
- Mittellinien (G)
- Schwerlinien (K)
- Maßhilfslinien (B)

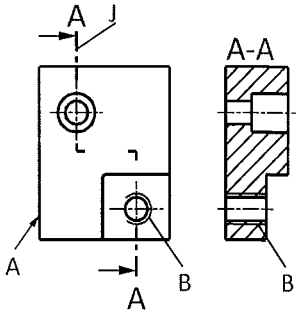


1.5 Linienarten und Normschrift

Beispiele für Linienarten mit Kennbuchstaben nach DIN ISO 128-24



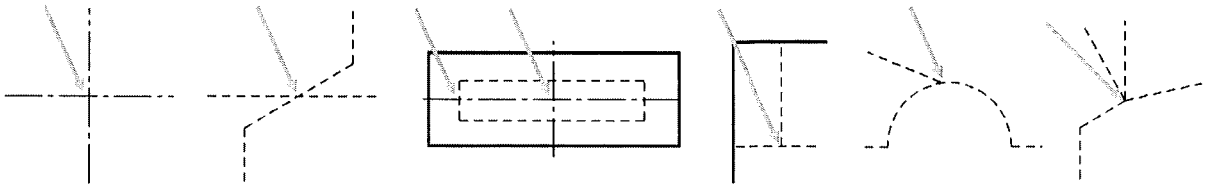




1.5 Linienarten und Normschrift

Kreuzungen und Anschlussstellen

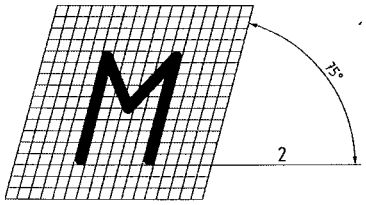
Die Linien sollen sich mit Strichen kreuzen und berühren.



1.5 Linienarten und Normschrift

ISO-Normschrift (nach DIN EN ISO 3098-0)

- Die **Nenngröße der Schriftzeichen** ist die **Schrifthöhe h** der Großbuchstaben.
- Stufung der Schrifthöhe h wie die Normreihe der Zeichnungsformate:
  2,5; 3,5; **5**; 7; 10; 14 und 20 mm.
- **Verschiedene Schriftformen** (A, B, CA, CB): unterscheiden sich nach Verhältnis von Linienbreite und Schrifthöhe
- Schriften können **vertikal oder kursiv** (nach rechts geneigt) sein



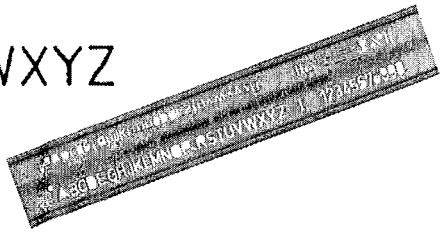
Quelle: DIN ISO 3098

1.5 Linienarten und Normschrift

ISO-Normschrift (nach DIN EN ISO 3098-0)

- Die Zeichen sollen sich klar voneinander abheben, um Verwechslungen zu vermeiden.

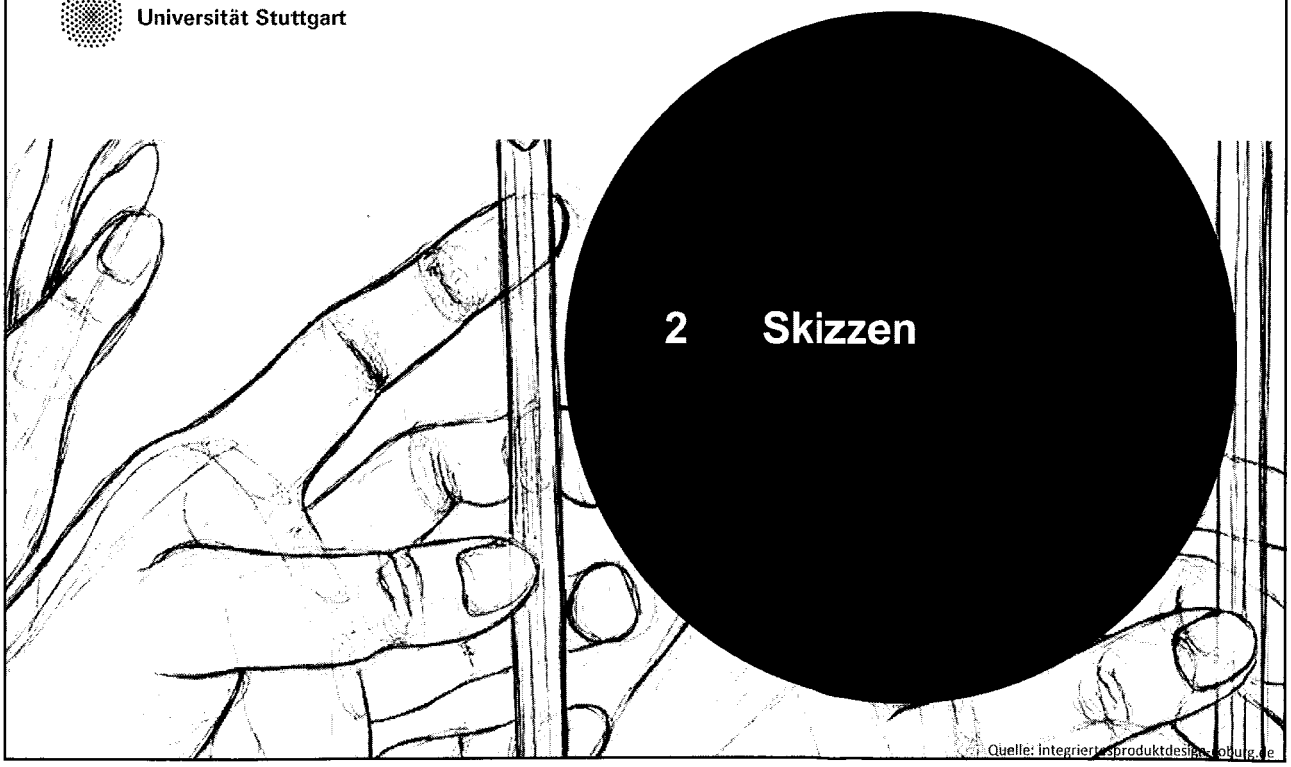
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
0123456789



- Für Klein- und Großbuchstaben wird die **gleiche Linienbreite** angewandt.
- Der **Abstand** zwischen zwei benachbarten Linien oder der Zwischenraum zwischen Buchstaben und Ziffern muss **mindestens das Zweifache der Linienbreite** beträgt

Quelle: amazon.de

Universität Stuttgart



2 Skizzen

Quelle: integriertesproduktdesign.coburg.de

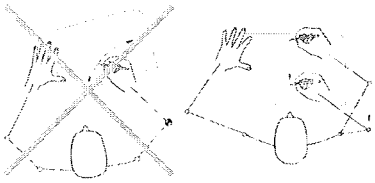
2 Skizzen

Skizzieren

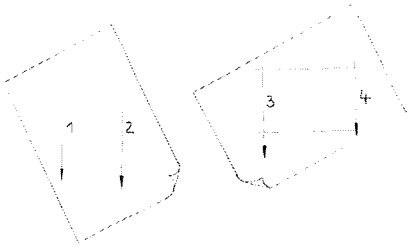
- schnelle und anschauliche Darstellung einer Gestalt
- in der Konzeptphase meist als Freihandzeichnung
- von besonderer Bedeutung: **Technisches Freihandzeichnen**
- selten maßstäblich, sollen Lösungsidee darstellen, die anschließend in anderen Zeichnungsarten detailliert werden
- ergänzende schriftliche Kommentare, Richtungspfeile, wichtige Maße etc. möglich

Armhaltung beim Ziehen langer Geraden

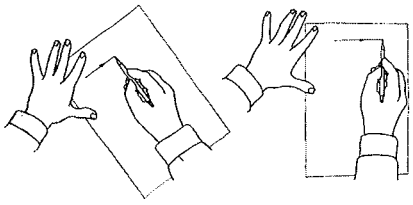
FALSCH RICHTIG



Zeichenreihenfolge der Kanten für große Rechtecke



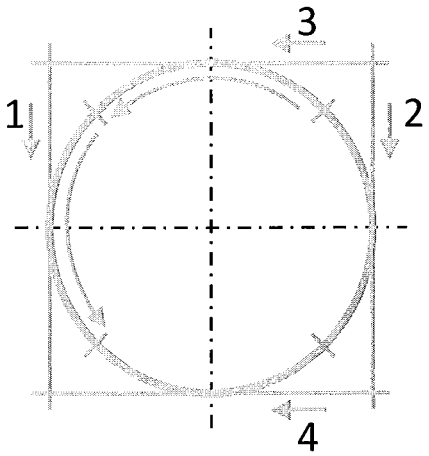
Lage des Zeichenpapiers

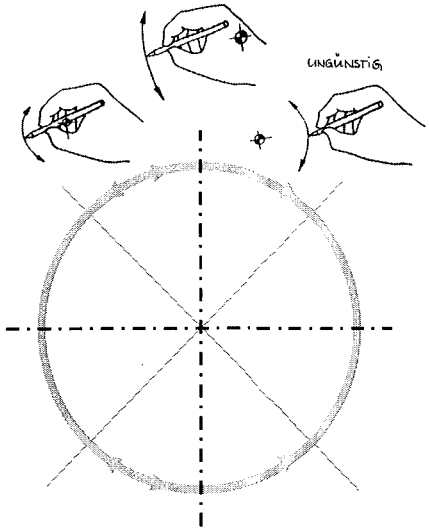


Quelle: Viehbahn

2 Skizzen

Kreise mit einhüllendem Quadrat

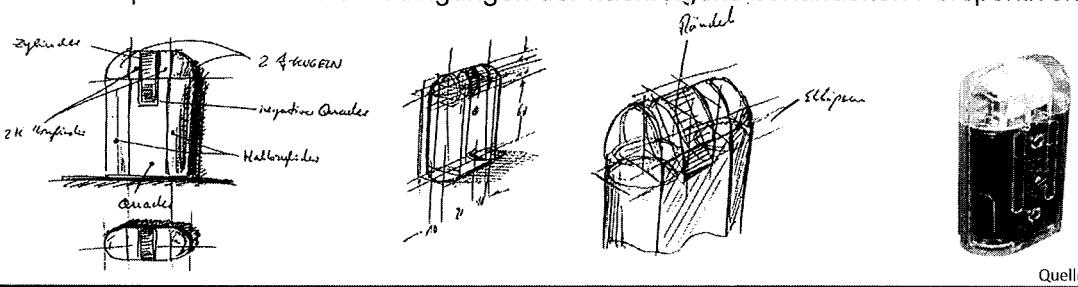




2 Skizzen

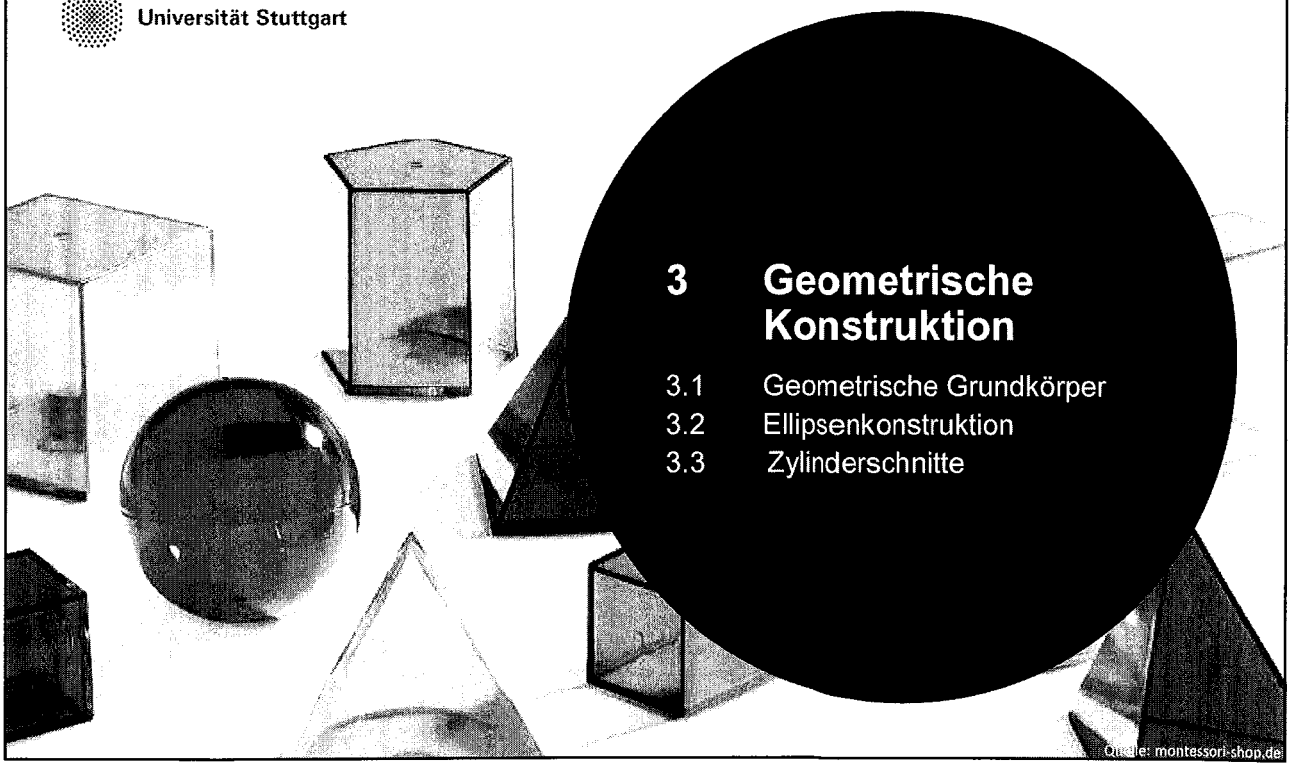
Übliche Darstellungsmethode

- darzustellende Gestalt über ihre **Hauptproportionen** und **geometrischen Grundkörper** skizzenhaft aufnehmen
- räumliche Skizzen: zunächst auch die **Hinterkanten** oder **unsichtbaren Kanten** zeichnen, um die wichtigsten Formen und Linien der Gestalt zu kontrollieren
- gute Skizze → immer **zuerst gute Linienzeichnung**, d. h. sie zeigt die wichtigsten Grundkörper und erfüllt die Bedingungen der nachfolgend behandelten Perspektiven



Quelle: Schmid, IKTD

Universität Stuttgart

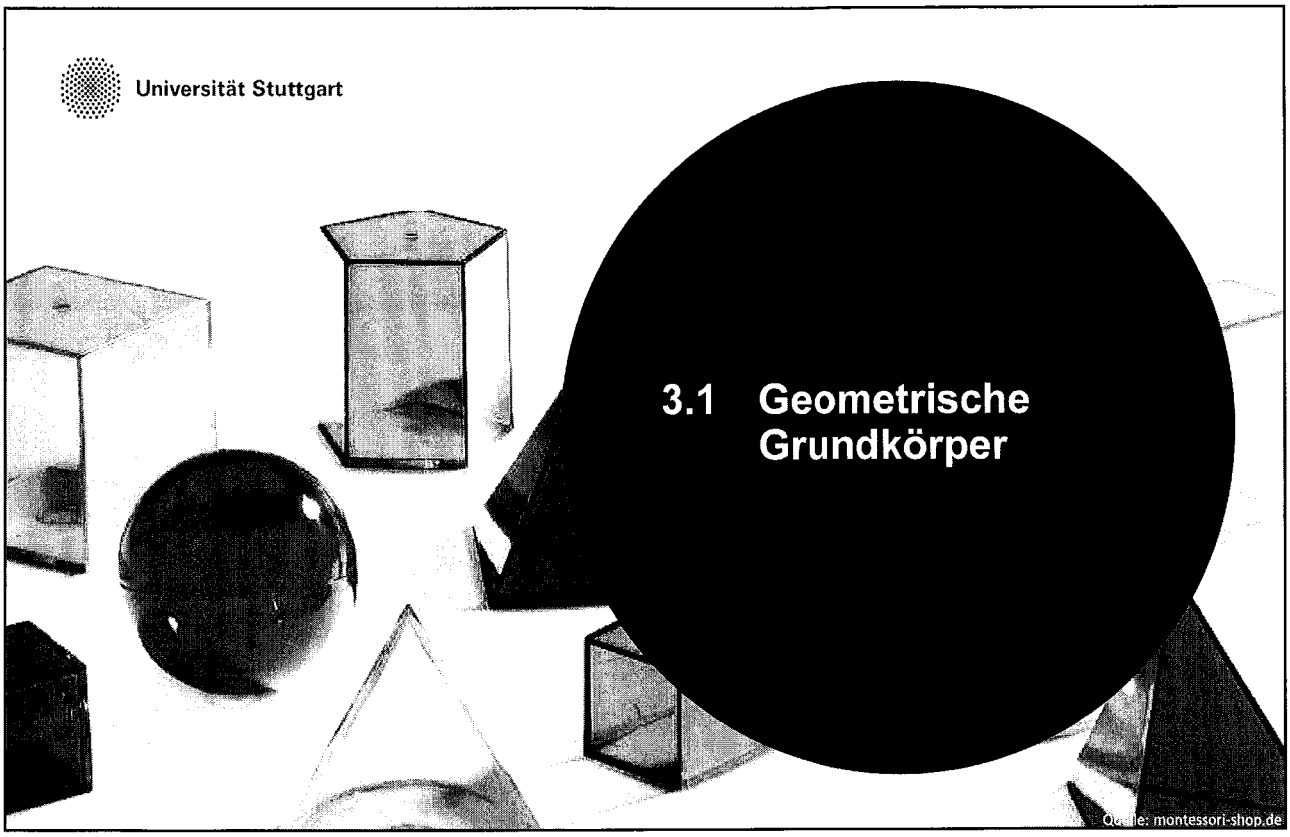


3 Geometrische Konstruktion

3.1 Geometrische Grundkörper
3.2 Ellipsenkonstruktion
3.3 Zylinderschnitte

Quelle: montessori-shop.de

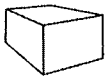
Universität Stuttgart



3.1 Geometrische Grundkörper

3.1 Geometrische Grundkörper

Geometrische Grundkörper

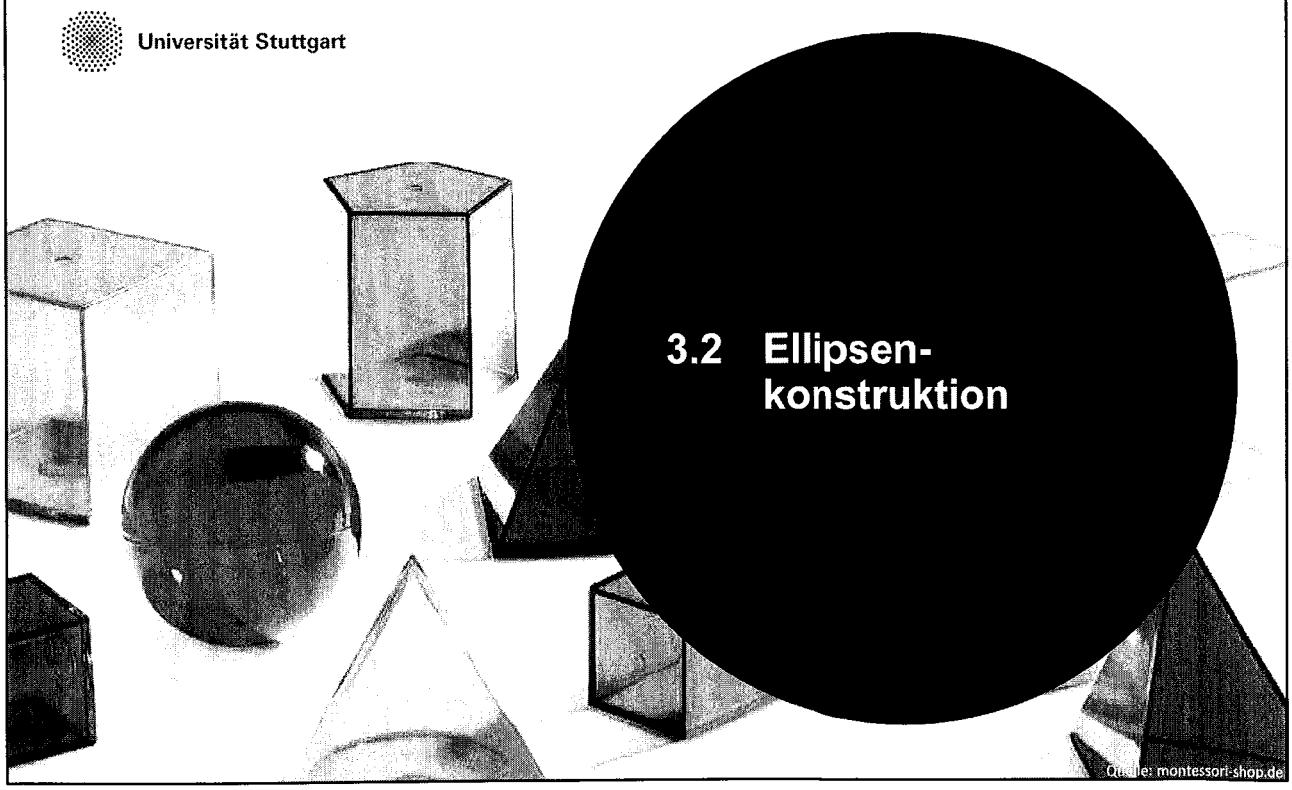
Geometrische Grundkörper		Flächen	Artenanzahl der Flächen
Kugel		1	1 Kugelfläche
Kreisring		1	1 Kreisringfläche
Kegel		2	1 Kegelfläche 1 Kreisfläche
Quader		6	3 Rechteckflächen
Keil		5	3 Rechteckflächen 1 Dreieckfläche

3.1 Geometrische Grundkörper

Harmonische Körper

Geometrische Grundkörper		Flächen	Artenanzahl der Flächen
Tetraeder		4	1 gleichseitige Dreieckfläche
Hexaeder		6	1 Quadratfläche
Oktaeder		8	1 gleichseitige Dreieckfläche
Dodekaeder		12	1 Fünfeckfläche
Ikosaeder		20	1 gleichseitige Dreieckfläche

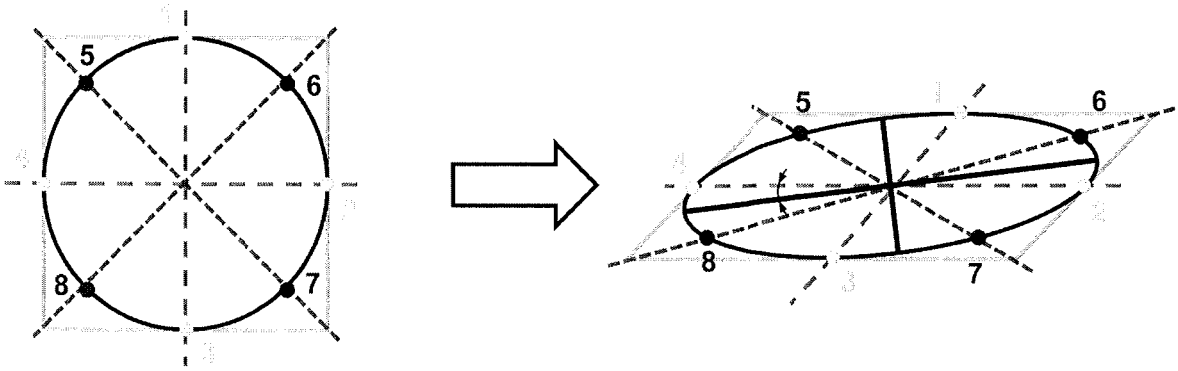
Universität Stuttgart



3.2 Ellipsen-konstruktion

Quelle: montessori-shop.de

3.2 Ellipsenkonstruktion

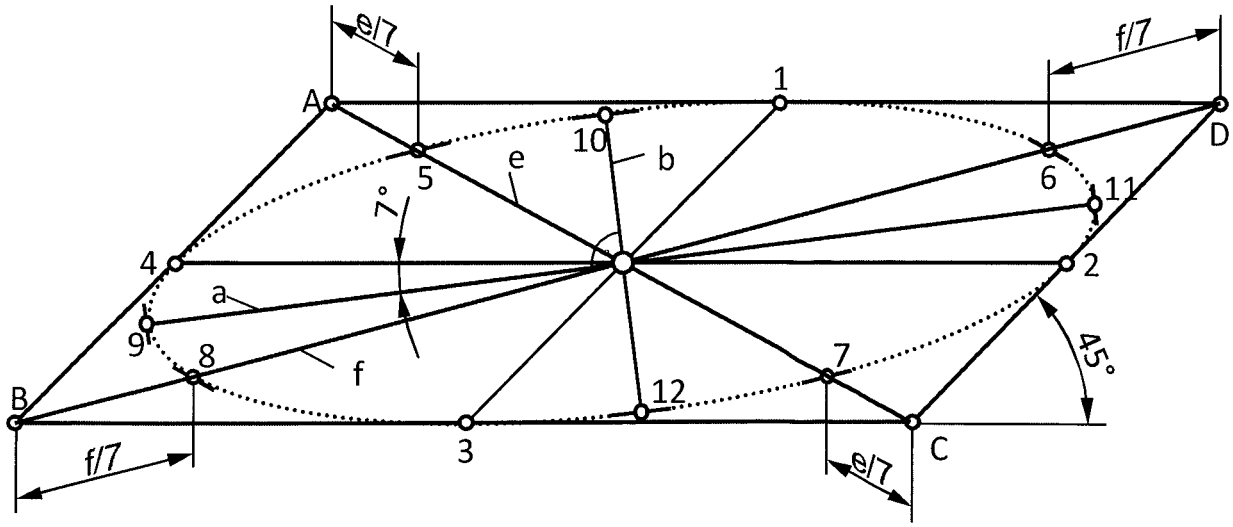


Ellipsenpunkte 1 – 4: Berührung der Parallelogrammseite und der Ellipse

Ellipsenpunkte 5 – 8: Liegen auf Diagonalen des Parallelogramms, Abstand zum Rand = 1/7 der Achsenlänge

Hauptachsen der Ellipse: Hauptachsenwinkel und Länge der Achsen ergibt sich aus axonometrischen Darstellungen

3.2 Ellipsenkonstruktion



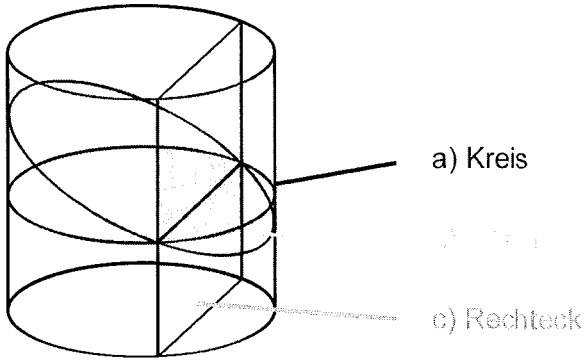
Universität Stuttgart

3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Mantellinienverfahren

- Beim Schneiden eines Zylinders ergeben sich je nach Lage Kreise, Ellipsen und Rechtecke:

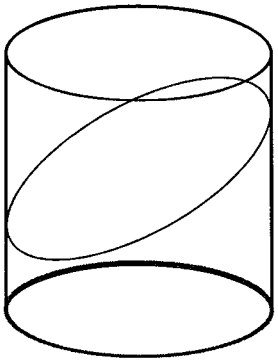


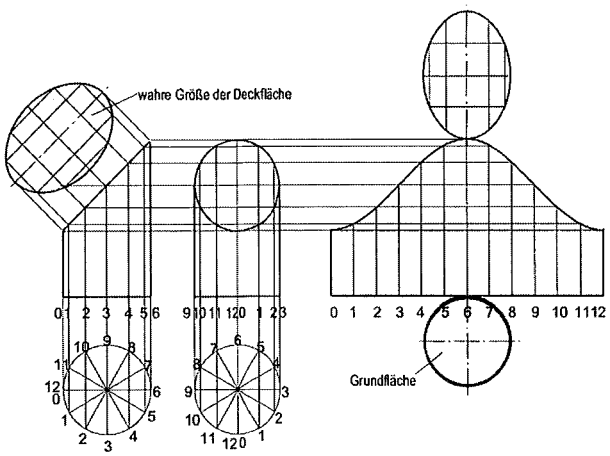
- Verfahren zur Darstellung der Zylinderschnitte: **Mantellinienverfahren**

3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Mantellinienverfahren

- Beispiel: schräg geschnittener Zylinder



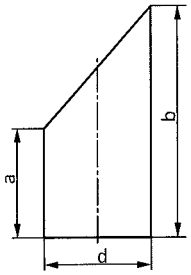


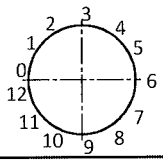
Quelle: static.springer.com

3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Mantellinienverfahren

1. Abbildung der Drauf- und Vorderansicht
2. Einteilung in 12 gleichgroße Teile

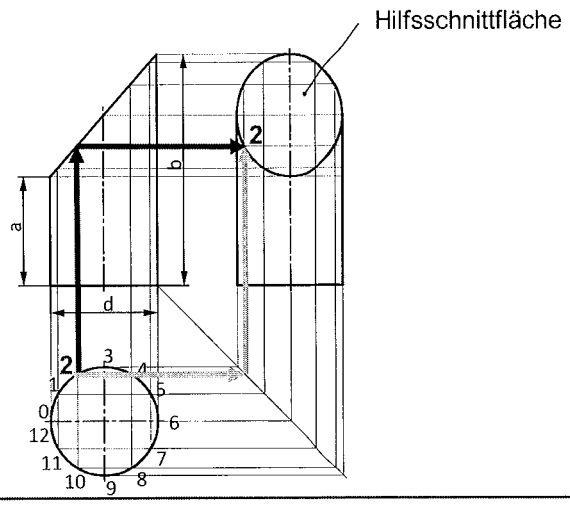




3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Mantellinienverfahren

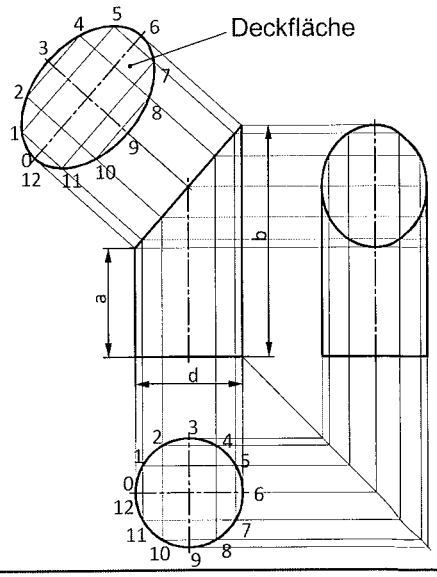
1. Abbildung der Drauf- und Vorderansicht
2. Einteilung in 12 gleichgroße Teile
3. Konstruieren der linken Seitenansicht durch Hilfslinien (Mantellinie)



3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Mantellinienverfahren

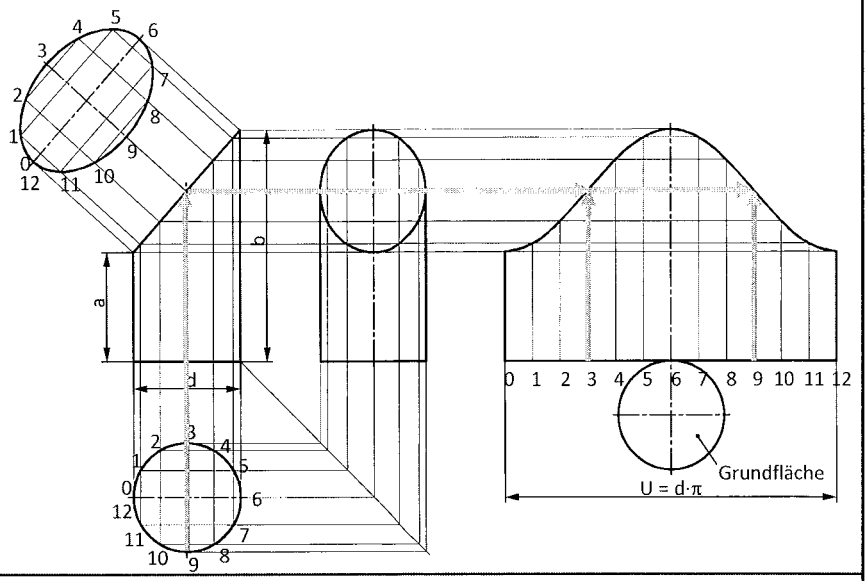
1. Abbildung der Drauf- und Vorderansicht
2. Einteilung in 12 gleichgroße Teile
3. Konstruieren der linken Seitenansicht durch Hilfslinien (Mantellinie)
4. Konstruktion der Deckfläche



3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Mantellinienverfahren

1. Abbildung der Drauf- und Vorderansicht
2. Einteilung in 12 gleichgroße Teile
3. Konstruieren der linken Seitenansicht durch Hilfslinien (Mantellinie)
4. Konstruktion der Deckfläche
5. Konstruktion des abgewickelten Mantels



9

3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

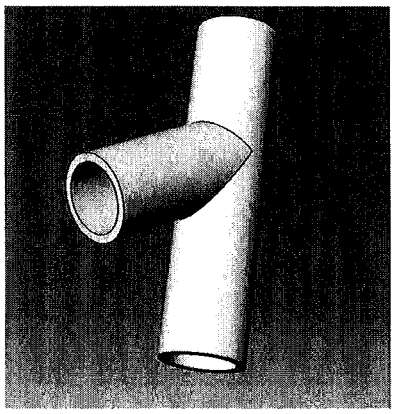
Mantellinienverfahren

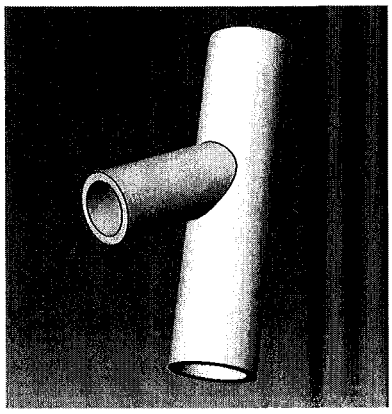
- **Zusammenfassung des allgemeines Vorgehens:**
  1. Bilden von Drauf und Vorderansicht
  2. Teilen des Kreises in 12 gleichgroße Teile
  3. Konstruieren der linken Seitenansicht durch Hilfslinien (Mantellinie)
  4. Konstruktion der Deckfläche:
     - Breitenverhältnisse können aus Draufsicht übernommen werden
     - Ermittlung der Längenverhältnisse
  5. Konstruktion des abgewickelten Mantels
     - Gleichmäßige 12er-Teilung
     - Längenverhältnisse aus Vorderansicht

3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

Schräggeschnittener Zylinder und Abwicklung

- Herstellung räumlicher Blechteile → ebene Abwicklung für Zuschnitt
- „wahre Länge“ von Linien bzw. „wahre Größe“ von Flächen ermitteln

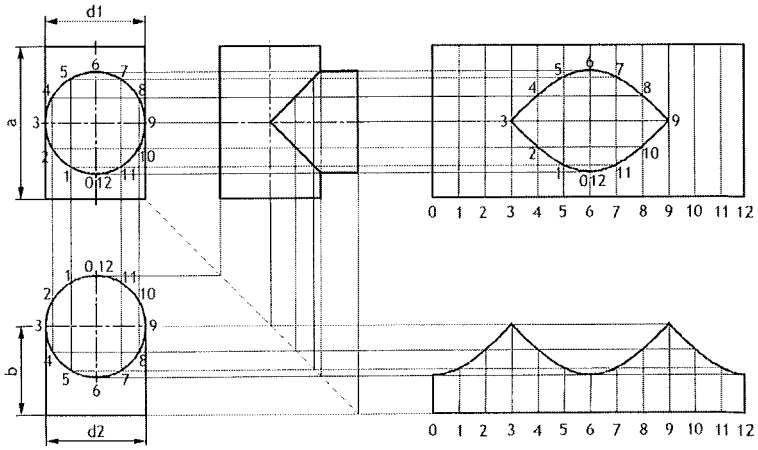




3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

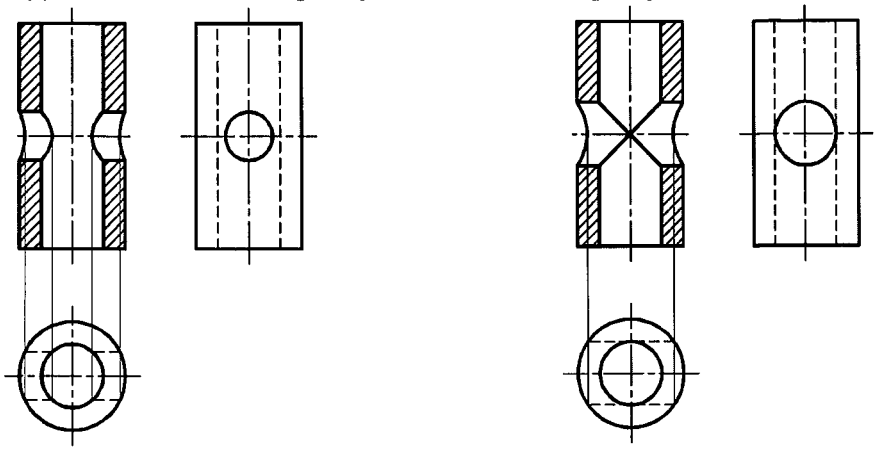
Zylinderdurchdringung und Abwicklungen

- Rechtwinklige Durchdringung zweier Zylinder gleichen Durchmessers und Abwicklung (Mantellinienverfahren)



3.3 Zylinderschnitte und Abwicklungen

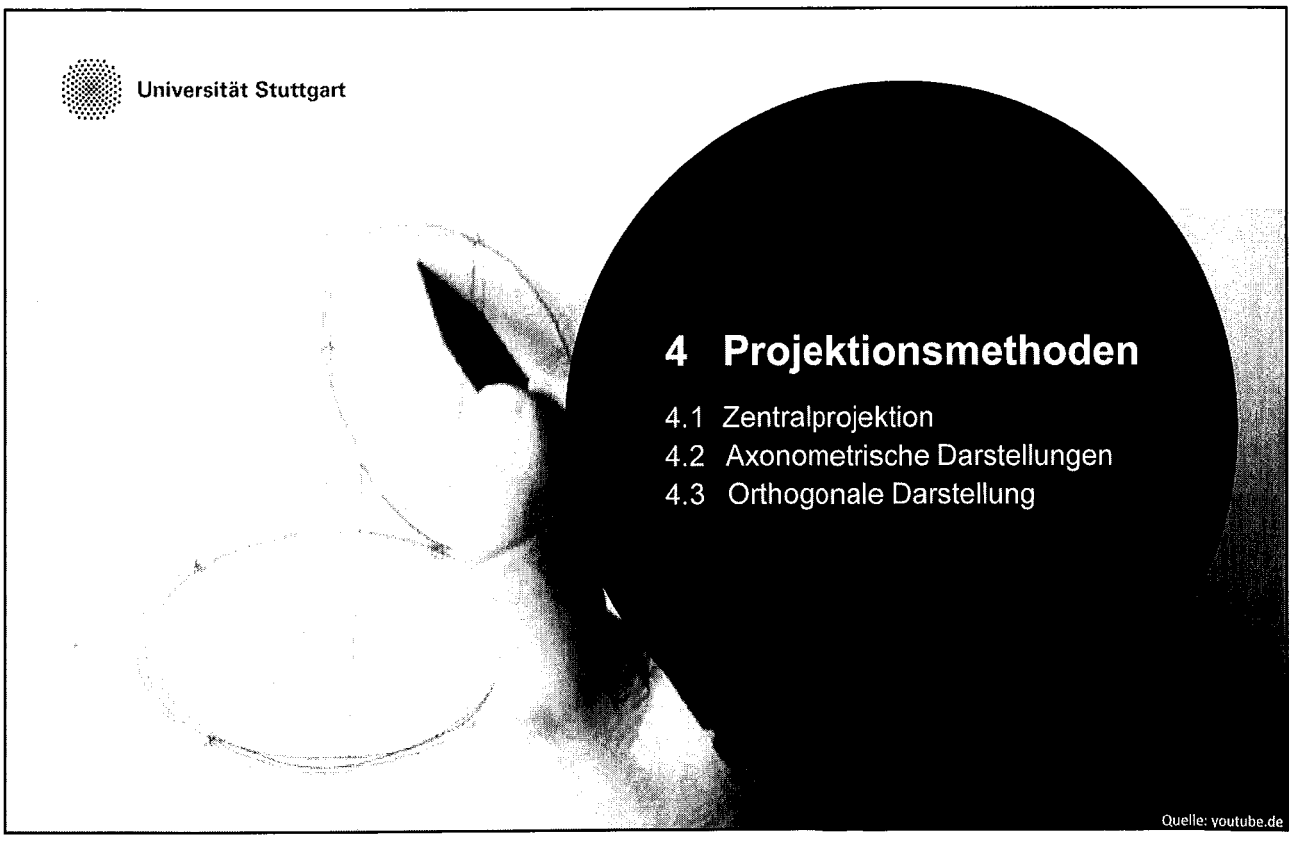
Typische rechtwinklige Zylinderdurchdringungen



Bohrungen mit verschiedenen Durchmessern

Bohrungen mit gleichen Durchmessern

Universität Stuttgart



4 Projektionsmethoden

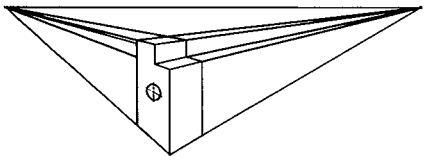
4.1 Zentralprojektion
4.2 Axonometrische Darstellungen
4.3 Orthogonale Darstellung

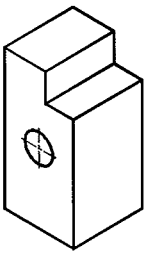
Quelle: youtube.de

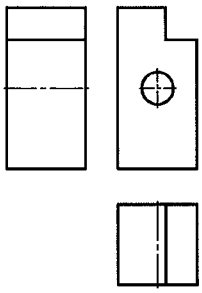
4 Projektionsmethoden

Beispiele für Projektionsmethoden nach DIN ISO 5456

Zentralprojektion	Axonometrische Darstellung	Orthogonale Darstellung
(4.1)	(4.2)	(4.3)







Universität Stuttgart

4.1 Zentralprojektion

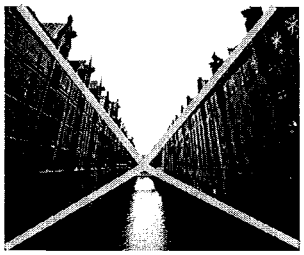
Quelle: youtube.de

4.1 Zentralprojektion

Darstellungsregeln

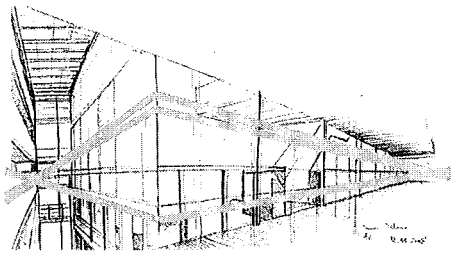
- realistische bildliche Darstellung
- entsteht durch Projizierung des darzustellenden Gegenstandes von einem Punkt mit endlichem Abstand auf eine einzelne Projektionsebene
- ergibt das beste Erscheinungsbild des Gegenstandes

Fluchtlinien in einem Foto der Hamburger Speicherstadt



Bildquelle: photocase - particula

Beispiel einer Zwei-Fluchtpunkt-Skizze



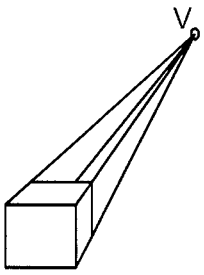
Bildquelle: Palme - TU Dresden

4.1 Zentralprojektion

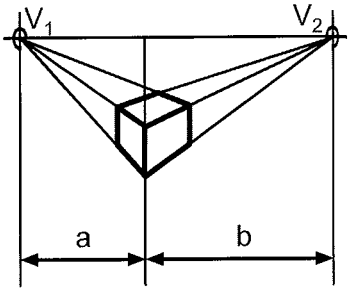
Unterschiedliche Perspektiven

- Art der Zentralprojektion ist abhängig von der Lage des darzustellenden Gegenstandes zur Projektionsebene:

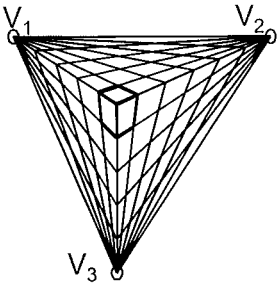
Ein-Fluchtpunkt-Perspektive



Zwei-Fluchtpunkt-Perspektive



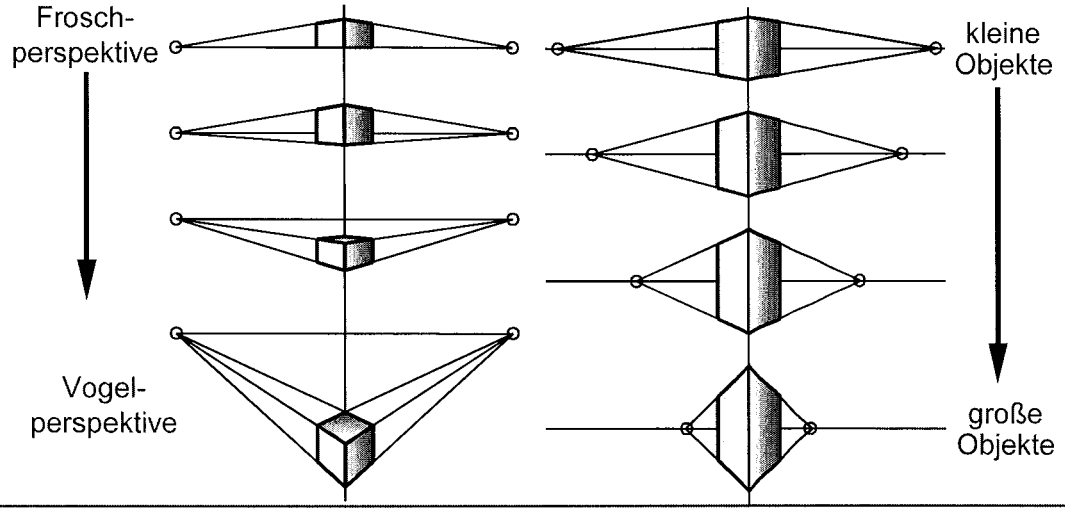
Drei-Fluchtpunkt-Perspektive



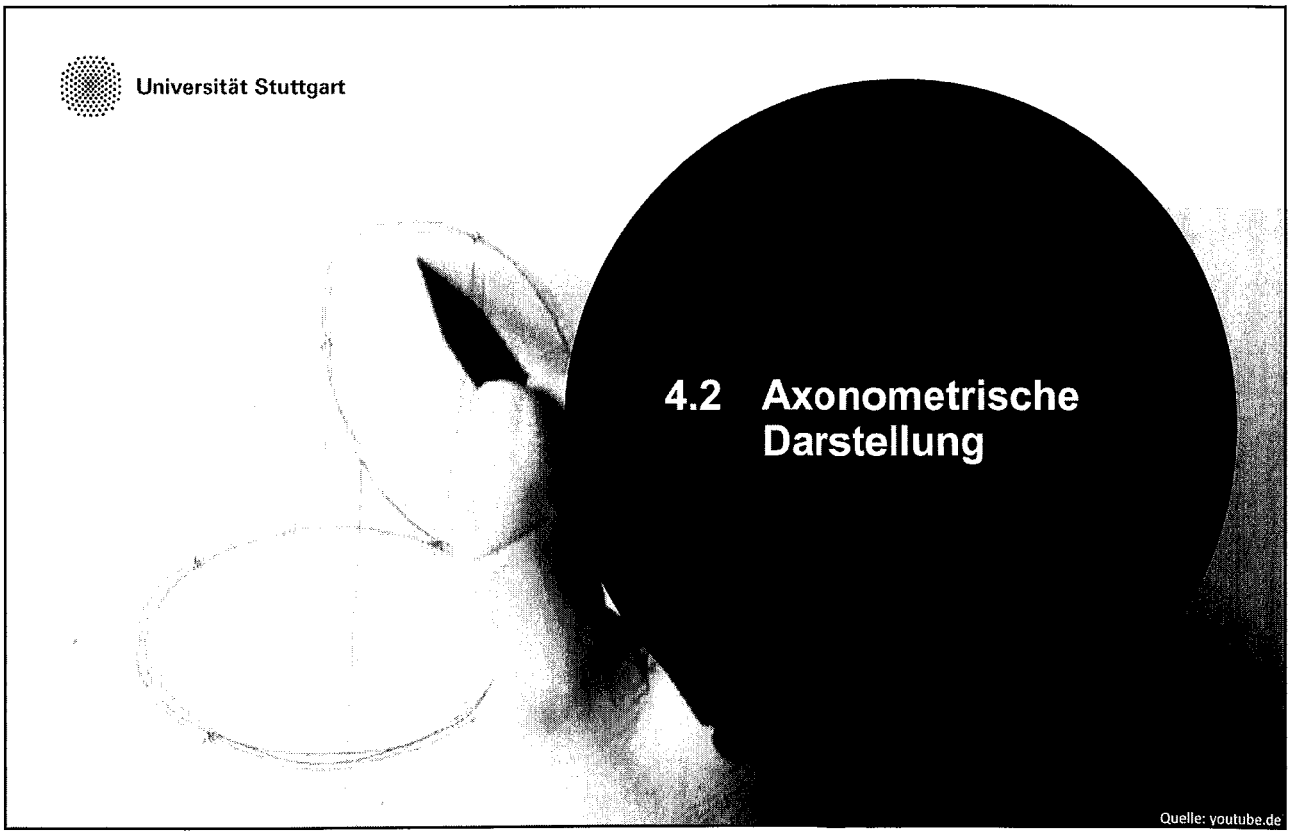
4.1 Zentralprojektion

Unterschiedliche Perspektiven

Lage des Basiswürfels **Lage der Fluchtpunkte**



Universität Stuttgart



4.2 Axonometrische Darstellung

Quelle: youtube.de

4.2 Axonometrische Darstellung

Darstellungsregeln

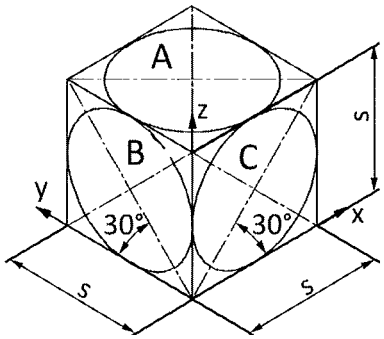
- **Axonometrische Darstellungen:** entstehen durch Projizieren des darzustellenden Gegenstands von einem im Unendlichen liegenden Punkt (Projektionszentrum) auf eine einzelne Projektionsebene (Zeichenfläche)

- **Lage des Koordinatensystems**: eine Koordinatenachse vertikal
- **Lage des Gegenstands**: Hauptansichten, Achsen und Kanten parallel zu Koordinatenebenen, Hauptansicht deutlich erkennbar
- **Symmetrieachsen**: Achsen und Verlauf der Symmetrieebenen nur zeichnen, wenn es unerlässlich ist
- **verdeckte Umrisse und Kanten:** vorzugsweise nicht darstellen
- **Schraffur:** zum Hervorheben eines Schnittes mit einem Winkel von 45° zu den Achsen und Umrissen des Schnittes
- **Maßeintragung**: möglichst vermeiden

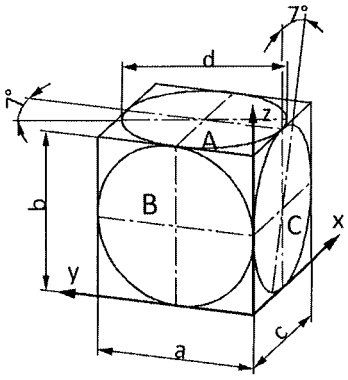
4.2 Axonometrische Darstellung

Darstellungen nach DIN ISO 5456-3

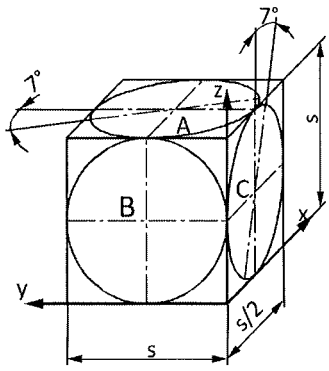
(1) **Isometrische Projektion**



(2) **Dimetrische Projektion.**



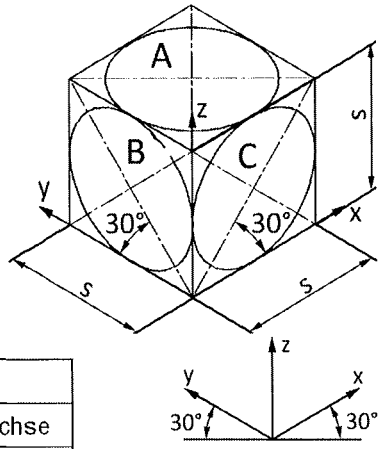
(3) **Kabinett Projektion**



4.2 Axonometrische Darstellung

(1) Isometrische Projektion

- allen drei Flächen des Würfels wird **dieselbe visuelle Bedeutung** gegeben
- **Einheitliche Längensegmente** in Richtung der drei Koordinatenachsen: $\mathbf{u_x = u_y = u_z = s}$



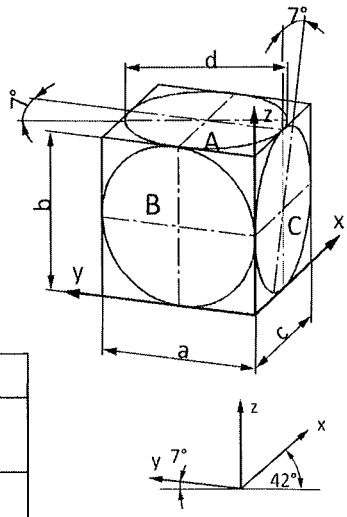
- Ellipsen:

Fläche	A	B	C
Lage	Waagerecht	30° zur y-Achse	30° zur x-Achse
Große Ellipsenachse	$a_1 = \sqrt{3/2} * s \approx 1{,}22 * s$		
Kleine Ellipsenachse	$b_1 = \sqrt{1/2} * s \approx 0{,}71 * s$		

4.2 Axonometrische Darstellung

(2) Dimetrische Projektion

- **einer Fläche** des Würfels wird **besondere visuelle Bedeutung** gegeben
- **uneinheitliche Längensegmente** in Richtung der drei Koordinatenachsen: $\mathbf{u_x : u_y : u_z = ½ : 1 : 1}$



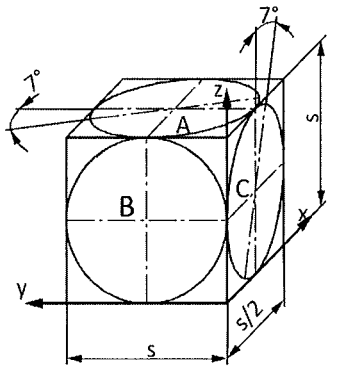
- Ellipsen:

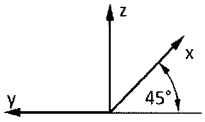
Fläche	A	B	C
Lage	Waagerecht	Näherungsweise Kreis	Senkrecht zur y-Achse
Große Ellipsenachse	$a_1 \approx 1{,}06 * s$		
Kleine Ellipsenachse	$b_1 \approx \frac{a_1}{3{,}2}$	$b_2 \approx 0{,}9 * a_1$	$b_1 \approx \frac{a_1}{3{,}2}$

4.2 Axonometrische Darstellung

(3) Kabinett Projektion

- **schiefwinklige Axonometrie:** Projektionsebene parallel zu einer Koordinatenebene und zur Hauptansicht des darzustellenden Gegenstandes
- 2 Koordinatenachsen rechtwinklig, die dritte unter 45° um Faktor 2 verkürzt: $\mathbf{u_x : u_y : u_z = ½ : 1 : 1}$

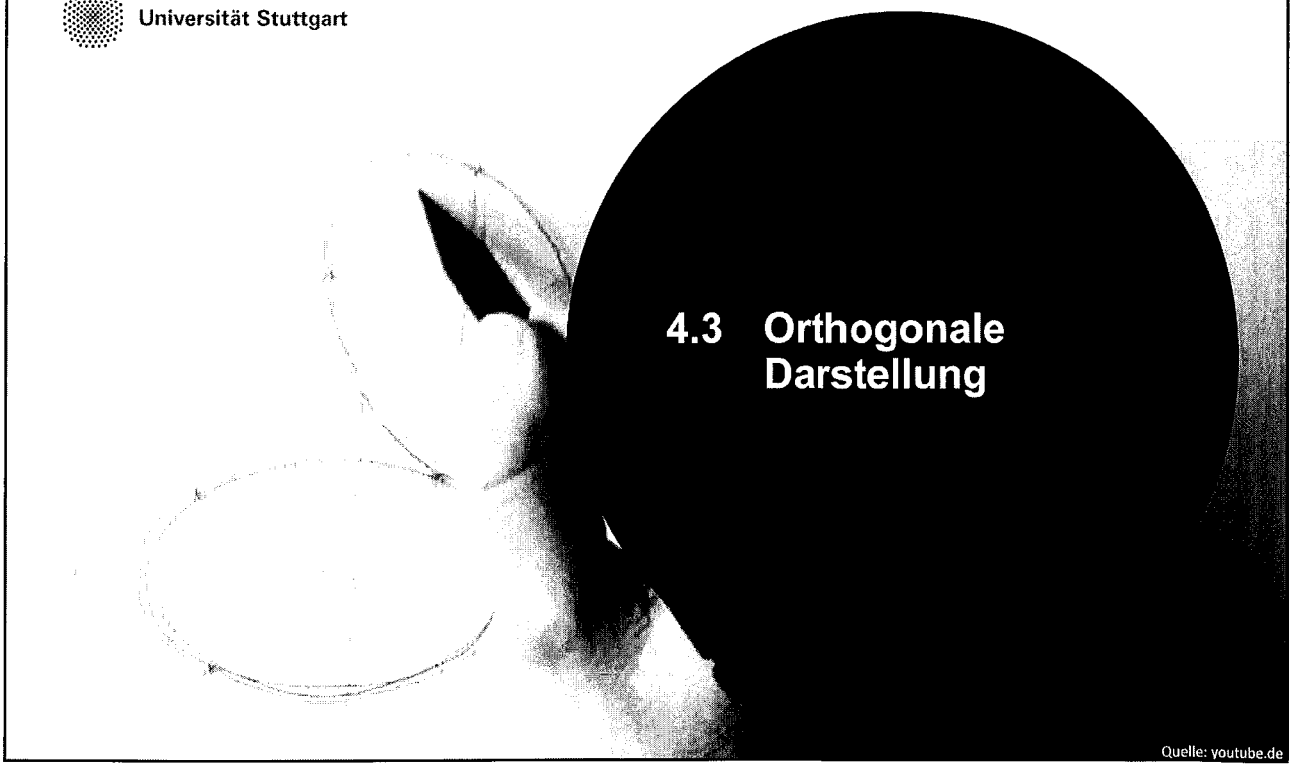




- Ellipsen:

Fläche	A	B	C
Lage	7° zur y-Achse	Kreis	7° zur z-Achse
Große Ellipsenachse	$a_1 \approx 1{,}06 * s$	$a_2 = s$	$a_1 \approx 1{,}06 * s$
Kleine Ellipsenachse	$b_1 \approx \frac{a_1}{3{,}2}$	$b_2 = s$	$b_1 \approx \frac{a_1}{3{,}2}$

Universität Stuttgart



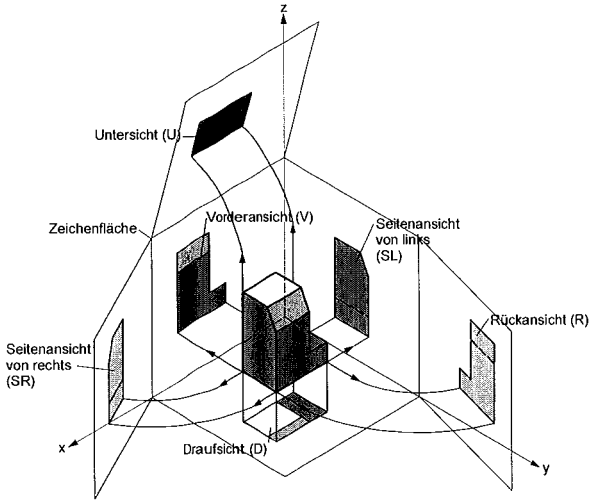
4.3 Orthogonale Darstellung

Quelle: youtube.de

4.3 Orthogonale Darstellung

Darstellung von Ansichten nach DIN ISO 128-30

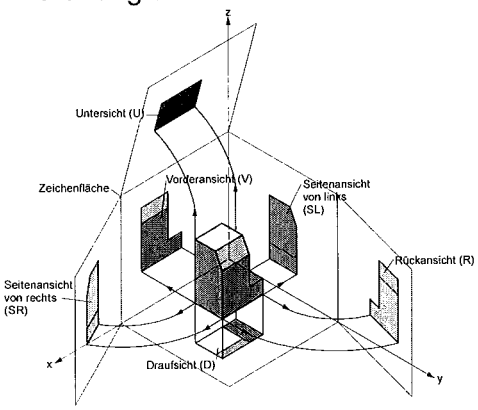
- **Technische Zeichnungen:** Verschiedene Ansichten eines Werkstücks
- orthogonale **Parallelprojektion** (Normalprojektion) **auf rechtwinklig zueinander angeordneten Ebenen**
- Hauptfläche/Symmetrieachsen der Werkstücke liegen parallel zu den Projektionsebenen

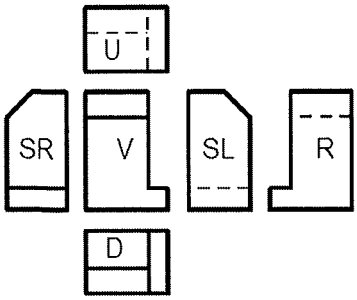


4.3 Orthogonale Darstellung

Darstellung von Ansichten nach DIN ISO 128-30

- Projektionen werden Gedanken in die Zeichenebene geklappt → **genormte Anordnung**
- Angaben (Vorderansicht usw.) und Umrahmung der Ansichten werden nicht eingetragen
- Anordnung der Ansichten ist verbindlich (schon bei Blatteinteilung berücksichtigen)

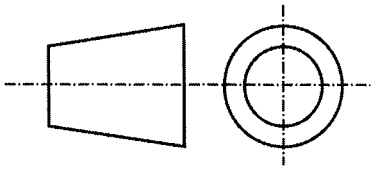




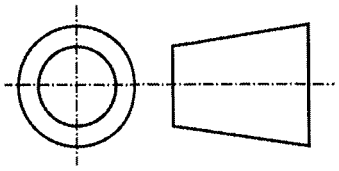
4.3 Orthogonale Darstellung

Darstellung von Ansichten nach DIN ISO 128-30

- Projektionsmethoden:



Projektionsmethode 1



Projektionsmethode 3

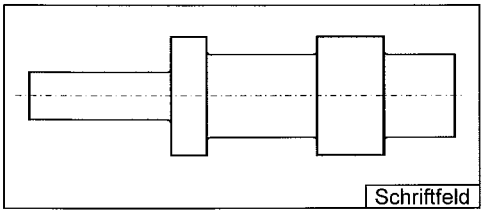
- Verwendung von Projektionsmethode 1
- Symbolische Angabe auf der Zeichnung

4.3 Orthogonale Darstellung

Darstellung von Ansichten nach DIN ISO 128-30

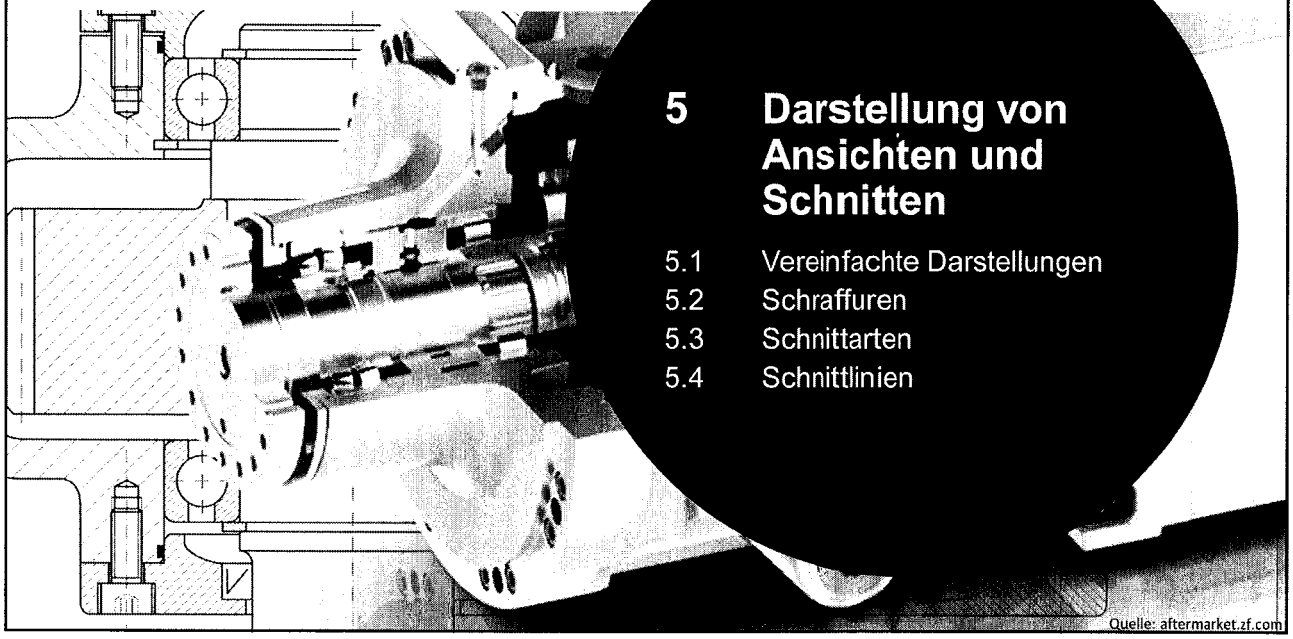
Für technische Zeichnungen allgemein gilt:

- Einzelteilzeichnung: **Fertigungslage** des Teils als Vorderansicht (z. B. waagrechte Lage von Achsen und Wellen)



- Gesamt- oder Gruppenzeichnungen: Vorderansicht in **Gebrauch- oder Einbaulage**
- **aussagekräftige Hauptansicht** bzw. Hauptschnitt wählen, sodass möglichst wenige Ansichten zum eindeutigen Erkennen und Bemaßen erforderlich sind
- Bei **Rundkörpern und Blechteilen** genügt oft **eine Ansicht**.

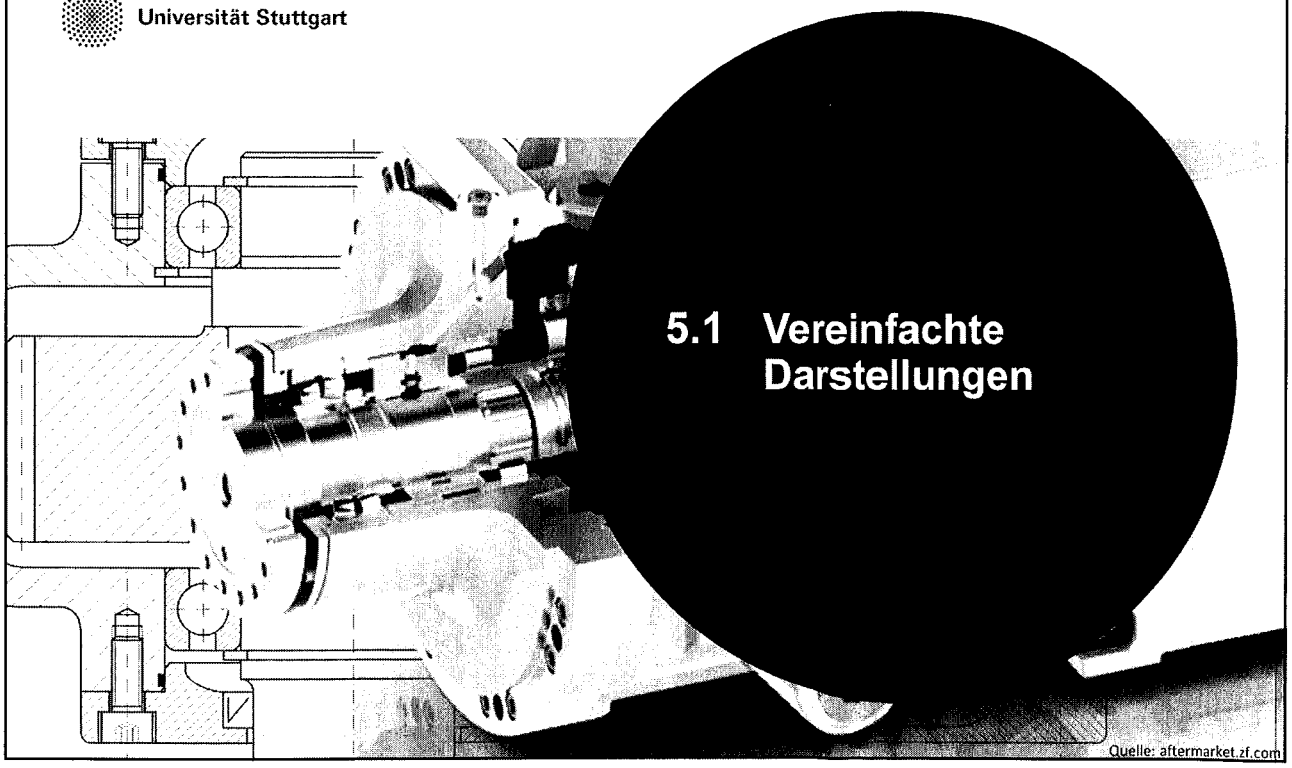
Universität Stuttgart



5 Darstellung von Ansichten und Schnitten

5.1 Vereinfachte Darstellungen
5.2 Schraffuren
5.3 Schnittarten
5.4 Schnittlinien

Universität Stuttgart

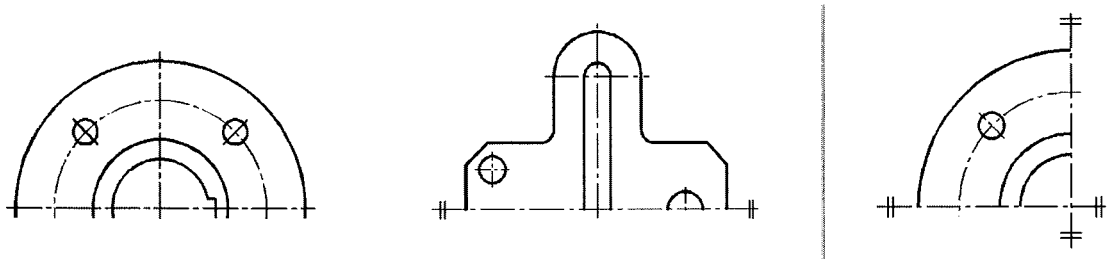


5.1 Vereinfachte Darstellungen

5.1 Vereinfachte Darstellungen

Teilansicht

- **Werkstücke dürfen abgebrochen oder unterbrochen** dargestellt werden, wenn sie damit eindeutig und vollständig bestimmt werden können.
- Bei **symmetrischen** Werkstücken kann anstelle einer Gesamtansicht eine **Halb- oder eine Viertelansicht** gezeichnet werden.

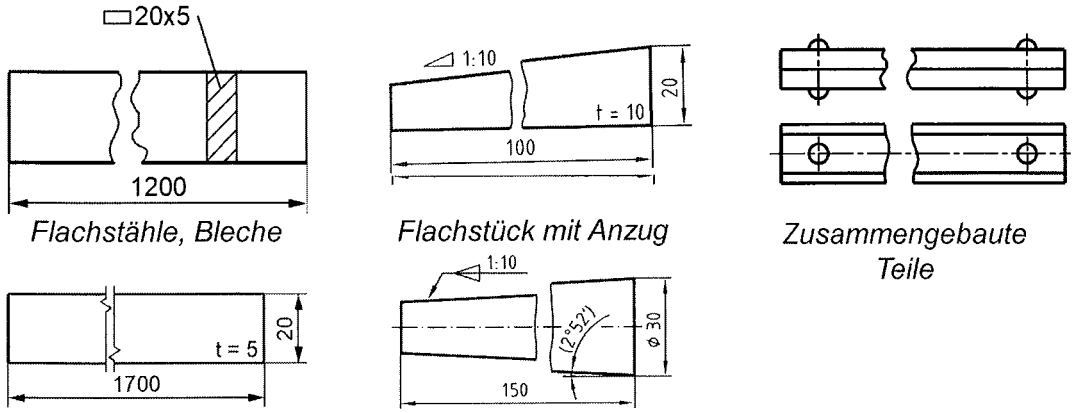


Halbansicht *Viertelansicht*

5.1 Vereinfachte Darstellungen

Unterbrochene Ansichten nach DIN ISO 128-34

- **Verkürzte Darstellung** zum Platz sparen
- Verwendung von **Bruchkanten** (schmale Freihandlinie oder Zickzacklinie)



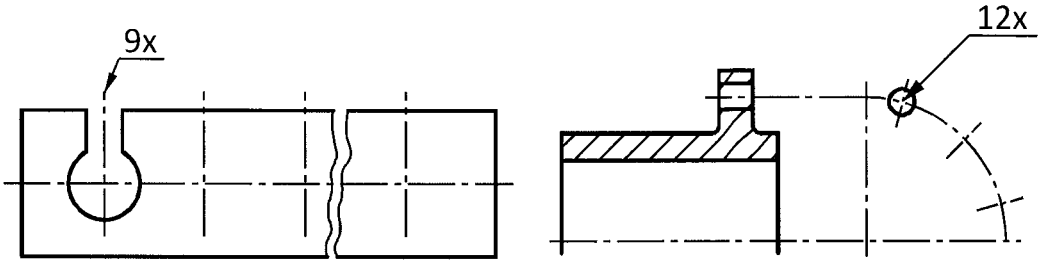
Flachstähle, Bleche *Flachstück mit Anzug* *Zusammengebaute Teile*

Flachstücke *Kegelstumpf*

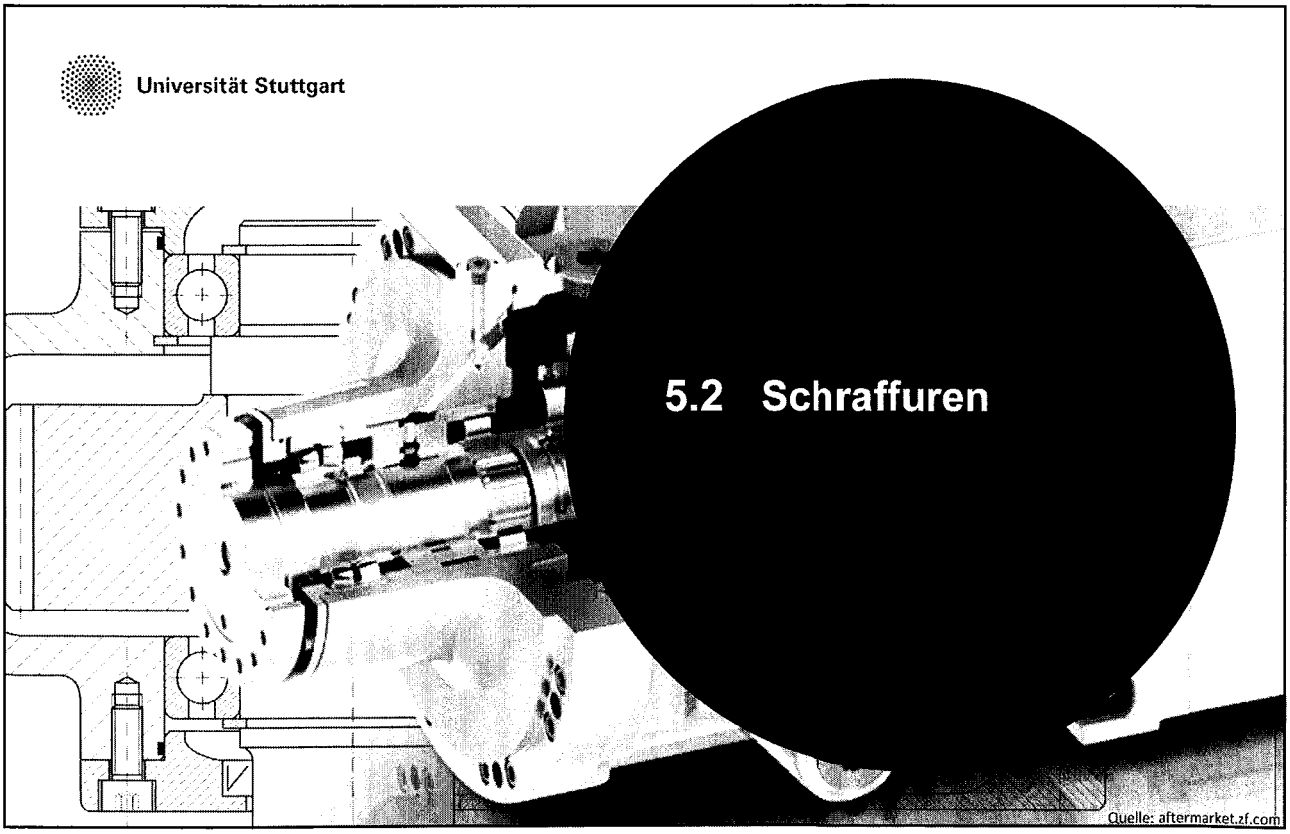
5.1 Vereinfachte Darstellungen

Wiederholungen nach DIN ISO 128-34

- Sich regelmäßig wiederholenden Formelementen müssen so oft dargestellt werden, dass eindeutige Bestimmung möglich ist
- Anzahl der Formelemente muss immer angegeben werden.



Universität Stuttgart



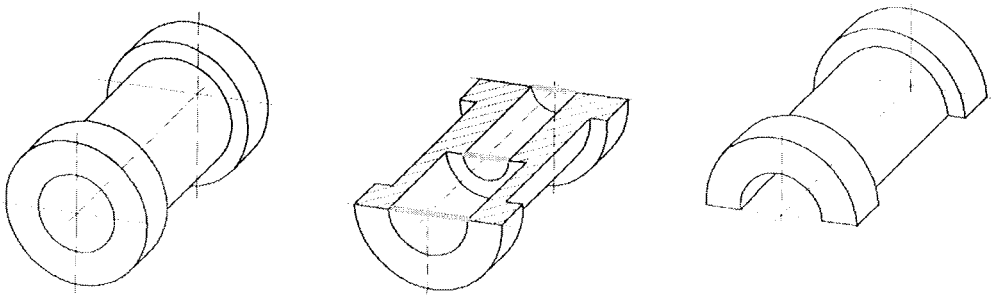
5.2 Schraffuren

Quelle: aftermarket.zf.com

5.2 Schraffuren

Schnittdarstellung nach DIN ISO 128-40 und DIN ISO 128-50

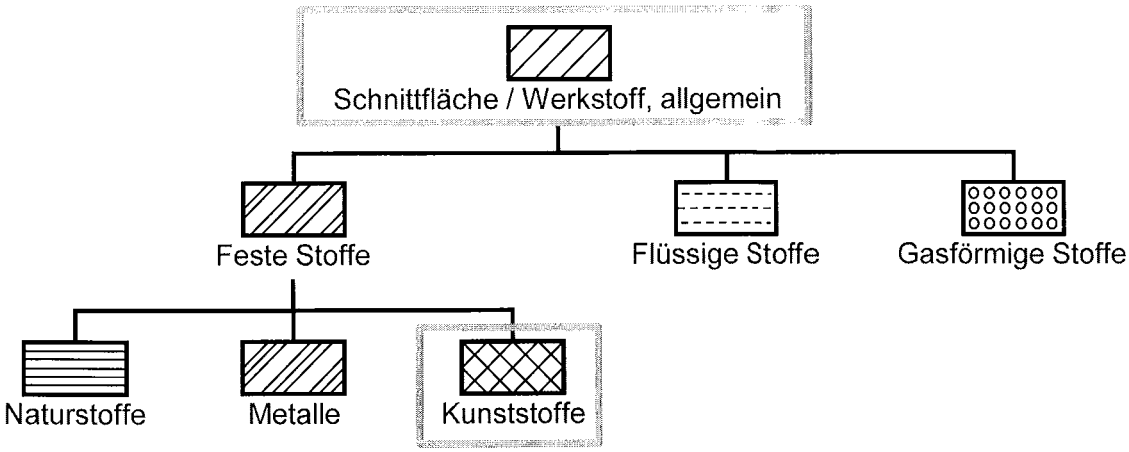
- Darstellung von Hohlkörpern im Schnitt → **innere Form sichtbar** machen
- gedanklich Werkstückteil wegschneiden
- sichtbar werdende innere **Körperkanten** mit **breiten Volllinien** zeichnen
- mit Material gefüllte Schnittflächen mit **schmalen Volllinien schraffieren**
- Hohlräume werden nicht schraffiert



Quelle: IKTD

5.2 Schraffuren

Schraffurarten

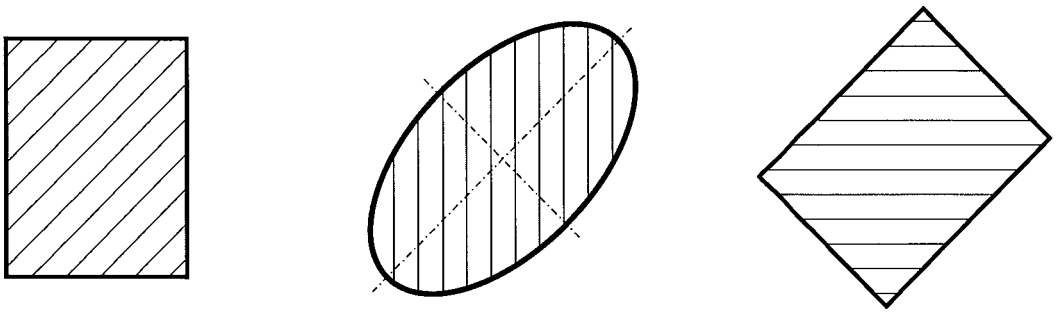


Weitere Schraffurarten sind der Norm zu entnehmen.

5.2 Schraffuren

Anordnung der Schraffurlinien

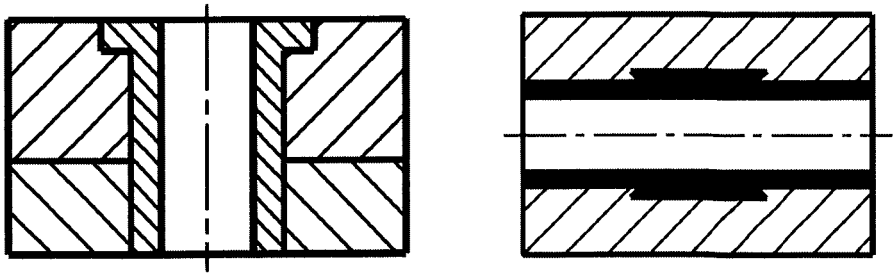
- Linienart: **schmale Volllinien**
- Lage: **unter 45°** zu Hauptumrissen oder Symmetrieachse
- Abstand: **gleichmäßiger Abstand** (nicht zu eng), abhängig von Werkstückgröße und Maßstab



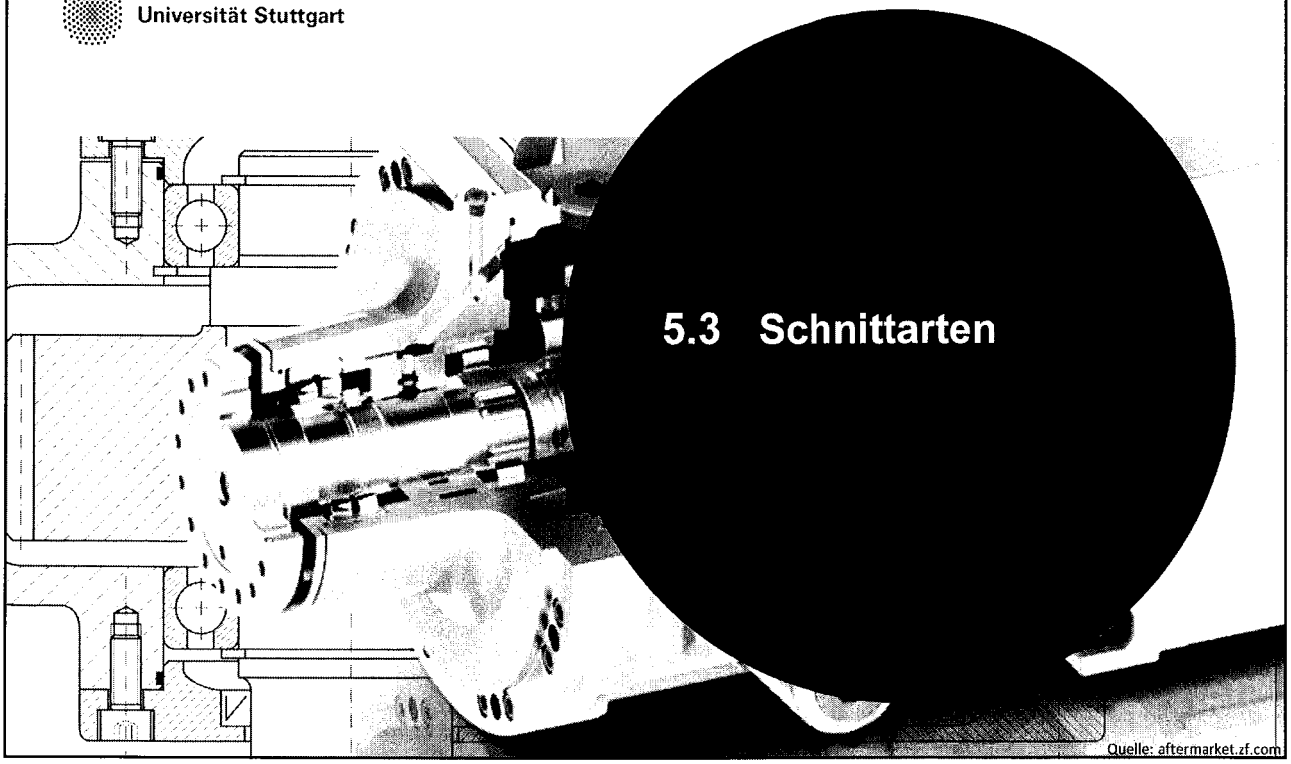
5.2 Schraffuren

Zusammentreffen mehrerer Schnittflächen

- verschiedene Schnittflächen entgegengesetzt unter **45°** bzw. **135°** schraffieren
- mehrere Teile, insbesondere mit unterschiedlicher Größe
  → **Schraffurlinien-Abstand** entsprechend enger bzw. weiter
- schmale Schnittflächen werden **voll geschwärzt** gezeichnet, z. B. dünne Buchsen, Walzprofile, dünne Bleche



Universität Stuttgart

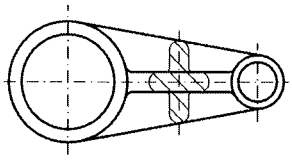


5.3 Schnittarten

Quelle: aftermarket.zf.com

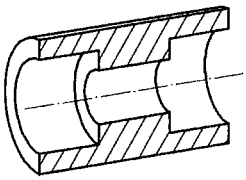
5.3 Schnittarten

Unterscheidung der Schnittarten

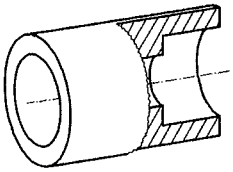


Profilschnitt

Vollschnitt

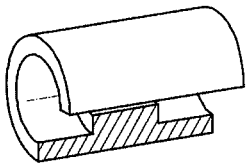


Schnittarten



Teilschnitt (Ausbruch)

Halbschnitt

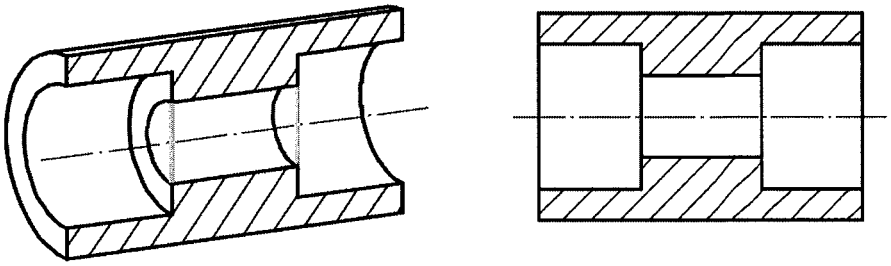


Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

5.3 Schnittarten

Vollschnitt

- **komplettes Durschneiden**, Schnitte können beliebig gelegt werden, bevorzugt in Richtung der Längsachse oder senkrecht dazu
- gedanklich die **vordere Werkstückhälfte herausschneiden**
- nur die hintere Hälfte zeichnen

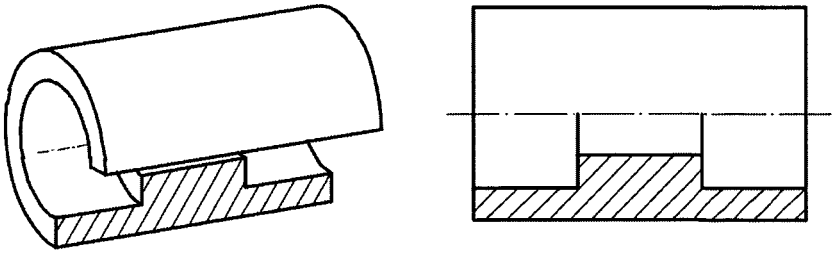


Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

5.3 Schnittarten

Halbschnitt

- Zeigt sowohl **Schnitt als auch Ansicht**: gedanklich ein Viertel des Hohlkörpers herausschneiden
- **vereinfachte Darstellung** von spiegelbildlichen Hohlkörpern
- Halbschnitt bevorzugt rechts bzw. unten anordnen
- **keine verdeckten Körperkanten** zeichnen

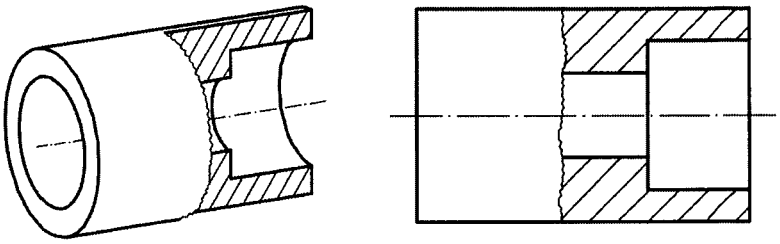


Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

5.3 Schnittarten

Teilschnitt (Ausbruch)

- zeigt **Innenkonturen in einem festgelegten Bereich**
- wird durch **Freihandlinie bzw. Zickzacklinie** begrenzt
- diese dürfen nicht mit Umrissen, Kanten oder Hilfslinien zusammenfallen
- dient zur Verdeutlichung eines Teils am Werkstück

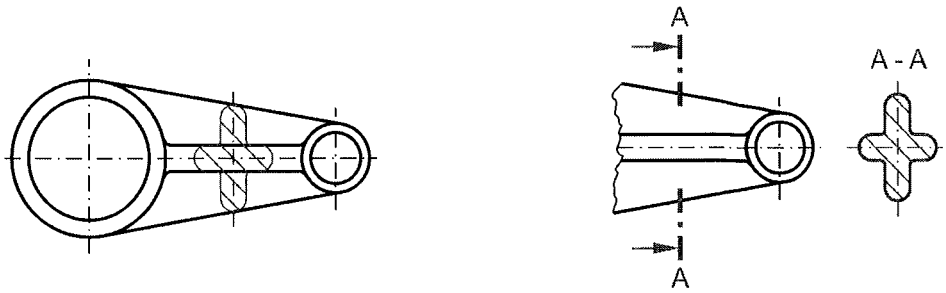


Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

5.3 Schnittarten

Profilschnitt

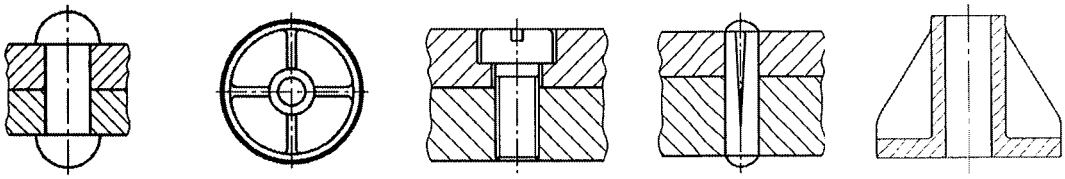
- zeigt den **Querschnitt des Profils** ohne weitere Ansicht
- darf in die **zugehörige Ansicht gedreht** oder neben der Ansicht dargestellt werden
- in der Ansicht werden die Umrisse des Profilschnitts in **schmalen Volllinien** gezeichnet
- neben der Ansicht sind die Umrisse in **breiten Volllinien** darzustellen



5.3 Schnittarten

Volle Werkstücke

- Schnitte sind notwendig, um Innenkonturen sichtbar zu machen.
- Weisen Bauteile keine Hohlräume oder Hinterschneidungen auf, wird grundsätzlich nicht geschnitten.
- **Wellen, Bolzen, Niete, Stifte, Schrauben, Passfedern, Keile, Wälzlagerkörper, Rippen** von Gussstücken und **Arme von Handrädern** werden nicht geschnitten.
- **Rippen, Stege und Zapfen** werden nicht geschnitten, um ein Erkennen der Bauteilform zu erleichtern.

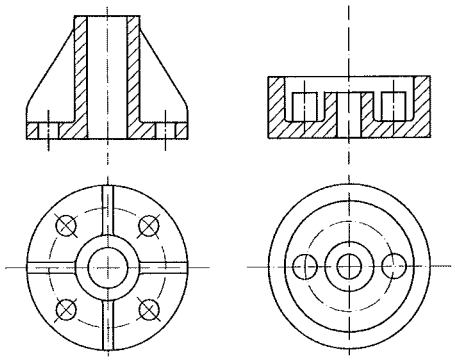


Niete *Handrad* *Schraube* *Stift* *Rippen*

5.3 Schnittarten

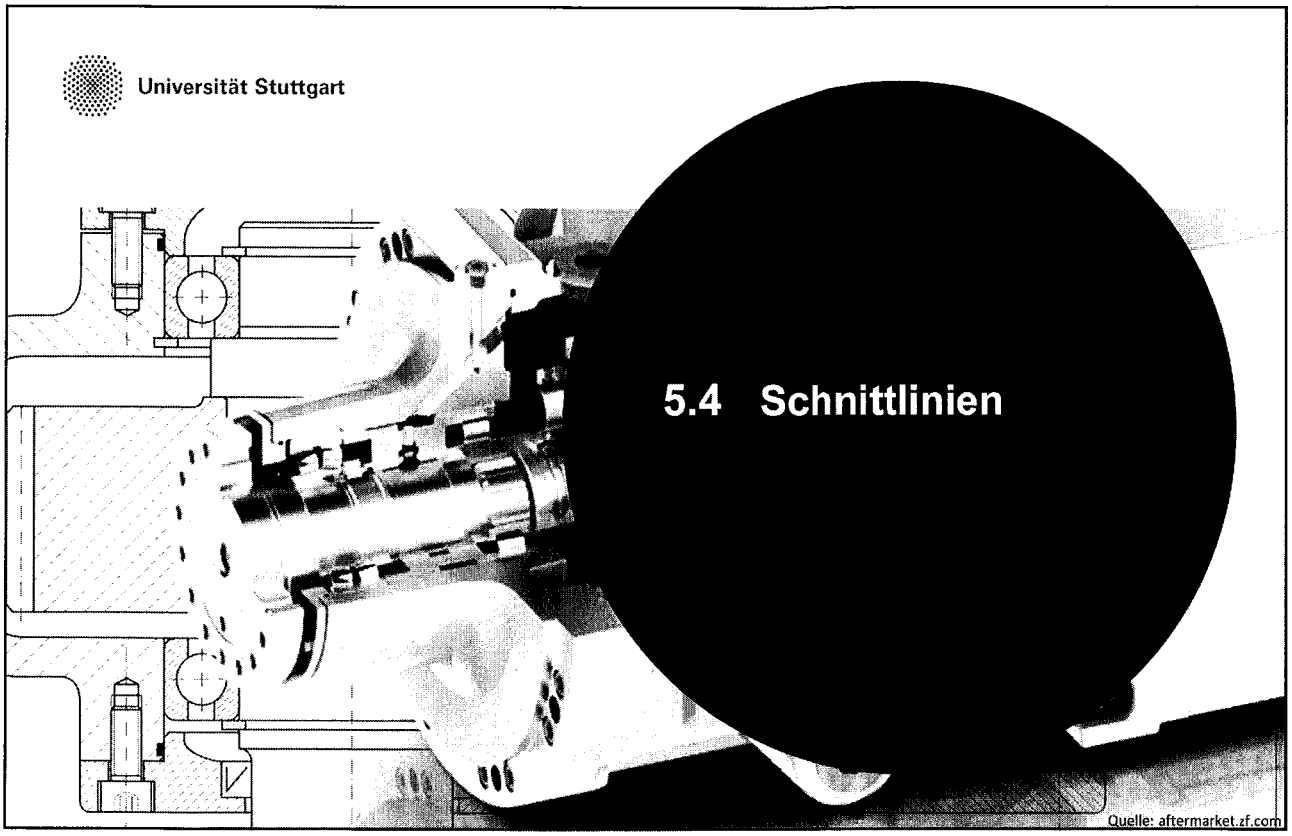
Verschraubung

- **Schraubenlöcher** und **Verschraubungen** runder Teile dürfen stets so dargestellt werden, als seien sie **in die Schnittfläche gedreht**
- Sie werden unabhängig von ihrer tatsächlichen Winkellage im Schnitt dargestellt



Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

Universität Stuttgart

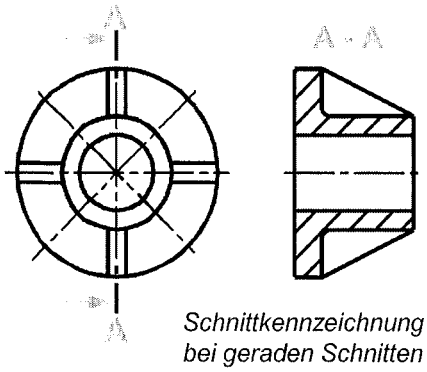


5.4 Schnittlinien

5.4 Schnittlinien

Kennzeichnung des Schnittverlaufs nach DIN ISO 128-44

- **Voll- und Halbschnitt:**
  - Schnittverlauf ist eindeutig und wird nicht besonders gekennzeichnet
- **Schnittverlauf nicht eindeutig erkennbar:**
  - breite, kurze strichpunktierte Linien
  - Linien ragen leicht in das Zeichnungsbild hinein
  - Pfeile für die Blickrichtung auf den Schnitt sind mit der Spitze auf die Strichpunktlinie des Schnittes zu setzen

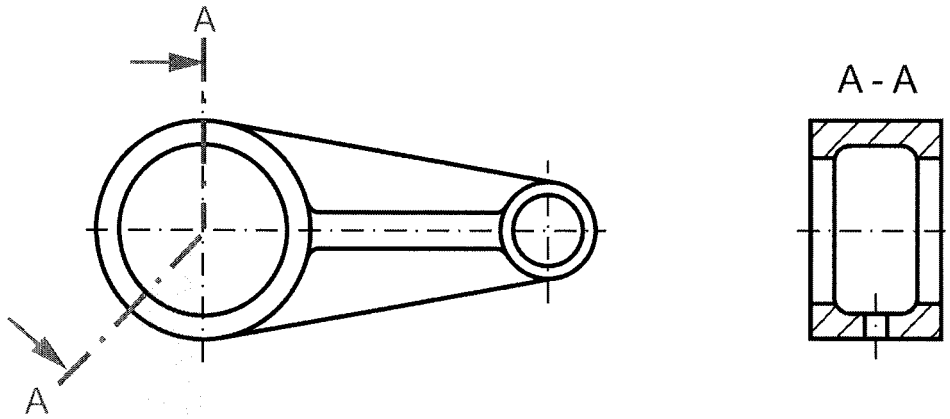


Schnittkennzeichnung bei geraden Schnitten

5.4 Schnittlinien

Schnittkennzeichnung bei abgewinkelten Schnitten

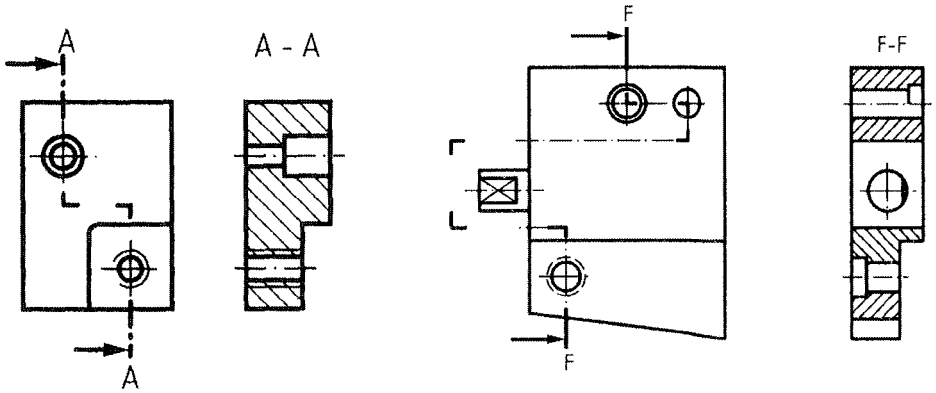
- Ein Schnitt in zwei sich schneidenden Ebenen wird so dargestellt, als lägen die **Schnittflächen in einer Ebene**.



5.4 Schnittlinien

Geknickte Schnittverlaufslinien

- Ein Schnitt durch zwei parallele Ebenen wird so dargestellt, als lägen die **Schnittflächen in einer Ebene**
- Schnittebene auch außerhalb des Bauteils möglich

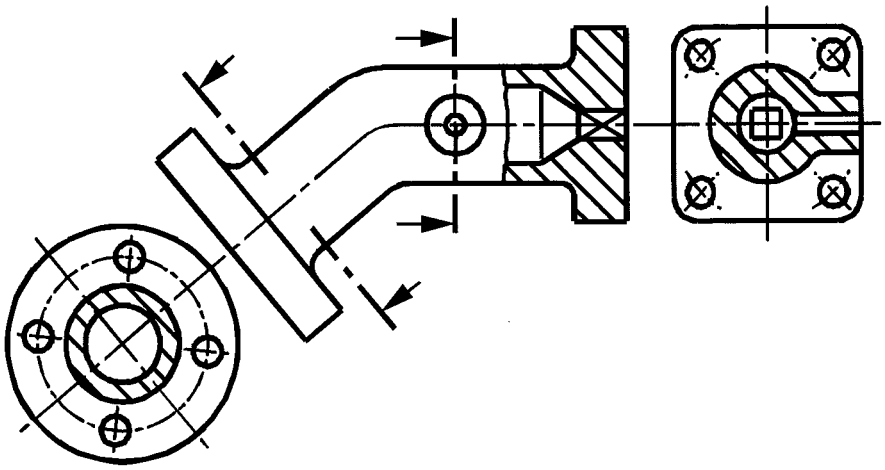


Quelle: Hoischen

5.4 Schnittlinien

Klappung um schrägliegende Kanten

- **Klappung** um schrägliegende Kanten, um schiefe Projektion zu vermeiden



Universität Stuttgart

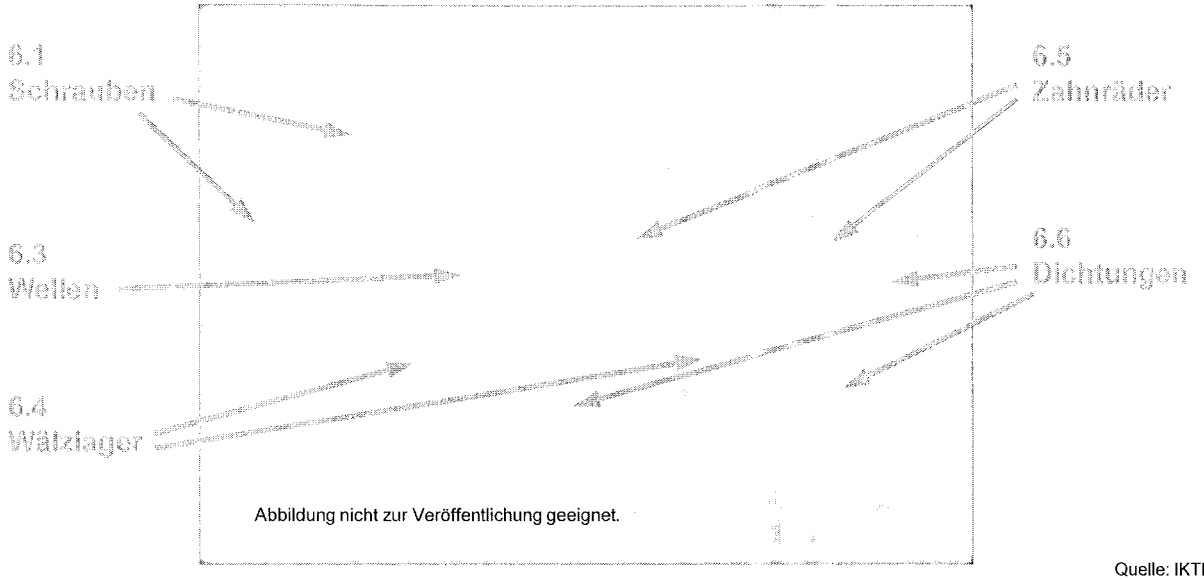
6 Maschinenelemente

6.1 Gewinde und Schrauben
6.2 Niete, Stifte und Bolzen
6.3 Achsen und Wellen
6.4 Wälzlager
6.5 Zahnräder
6.6 Dichtungen
6.7 Federn

Quelle: tedata.de

6 Maschinenelemente

Zusammenbauzeichnung Getriebe



Quelle: IKTD

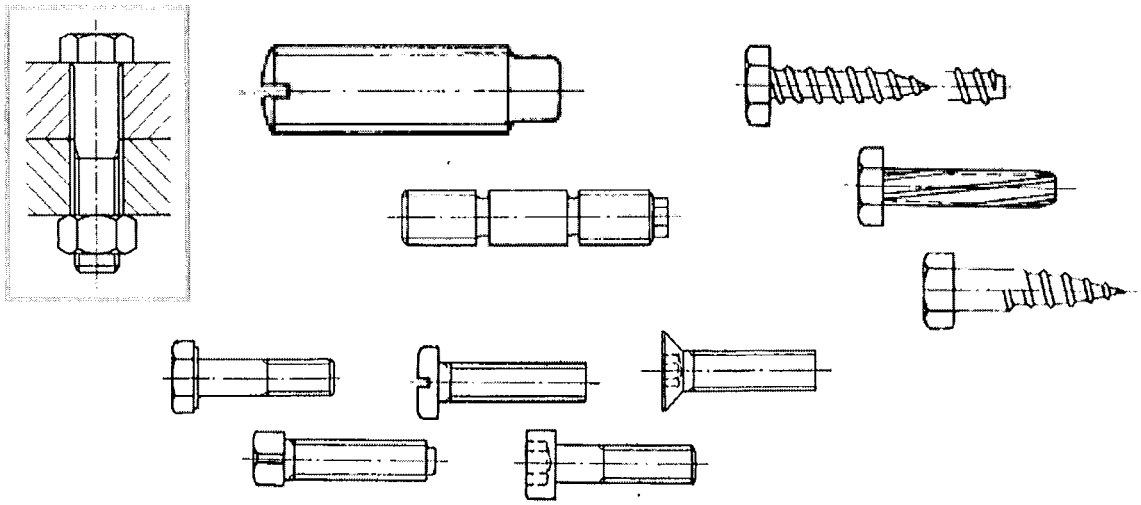
Universität Stuttgart

6.1 Gewinde und Schrauben

Quelle: tedata.de

6.1 Gewinde und Schrauben

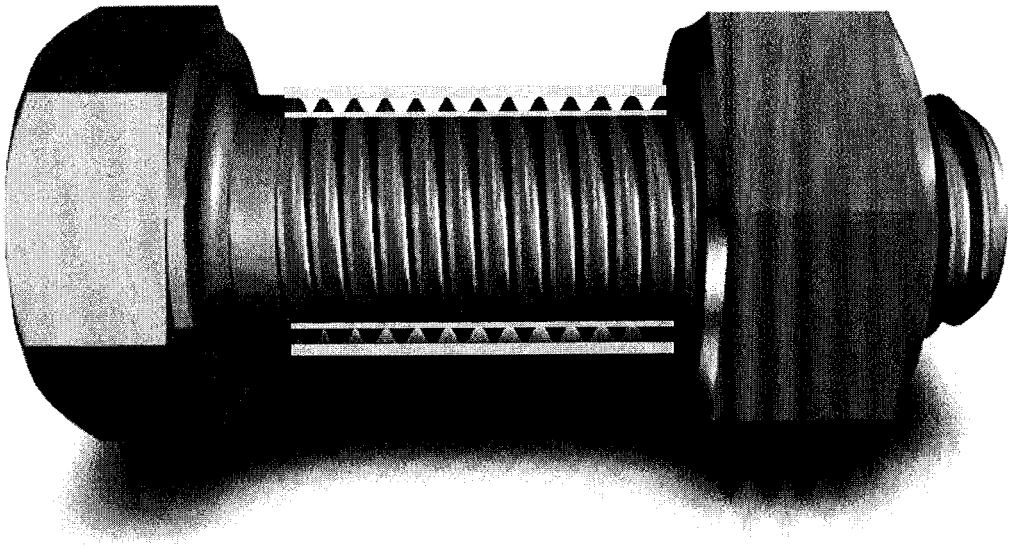
Übersicht



Quellen:
Haberhauer, H.; Albers, A.

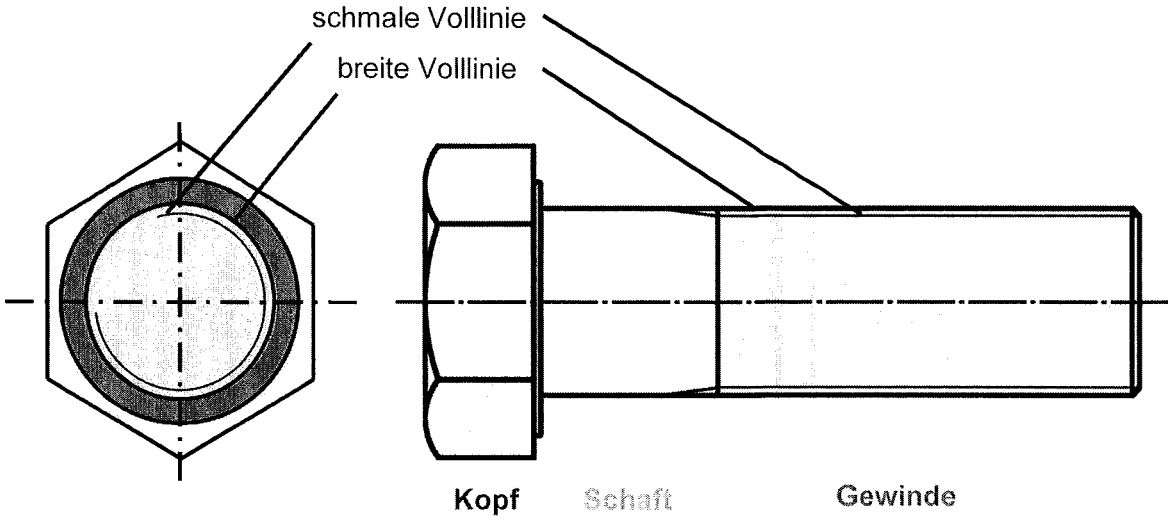
6.1 Gewinde und Schrauben

Darstellen von Gewinden nach DIN ISO 6410-1



6.1 Gewinde und Schrauben

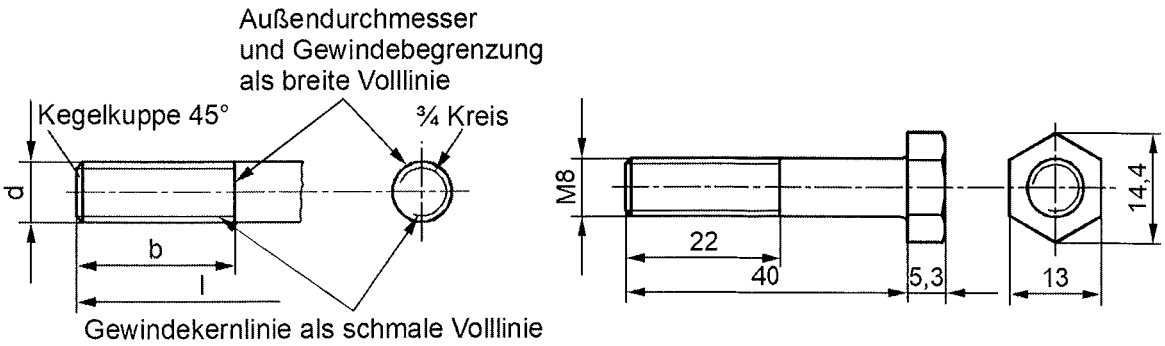
Zeichnen einer Schraube



6.1 Gewinde und Schrauben

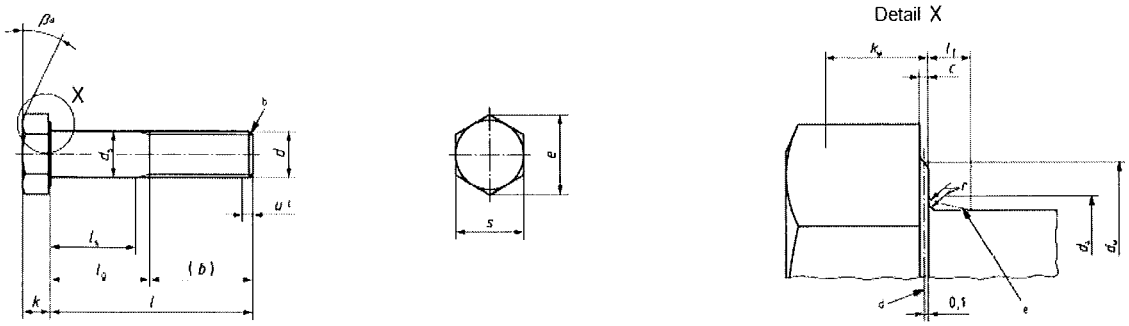
Bolzen- und Außengewinde

- vereinfachte Darstellung nach **ISO 6410-1**
- Lage und Öffnung des **¾-Kreises** nicht vorgeschrieben



6.1 Gewinde und Schrauben

Sechskantschraube mit Schaft nach DIN EN ISO 4014

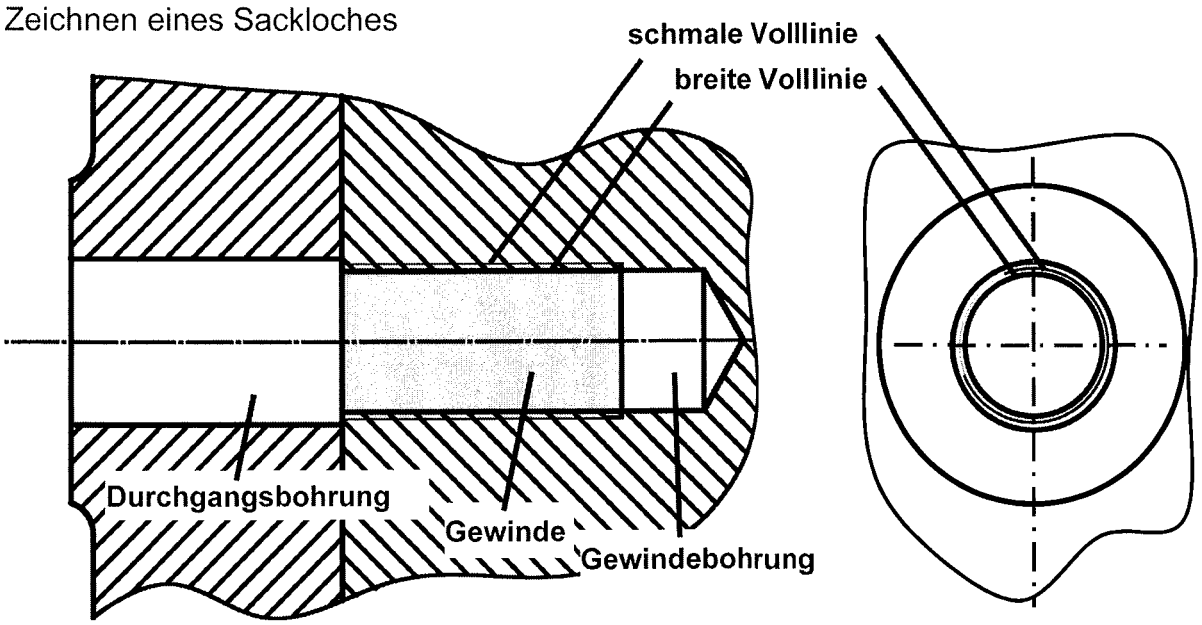


d	b		e	k	d_a	d_w		l		S (SW)
	min	max				min	max	min	max	
M6	18	37	11,05	4	6,8	8,74	8,88	29,58	61,5	10
M8	22	41	14,38	5,3	9,2	11,47	11,63	39,5	81,5	16

Quelle: DIN EN ISO 4014

6.1 Gewinde und Schrauben

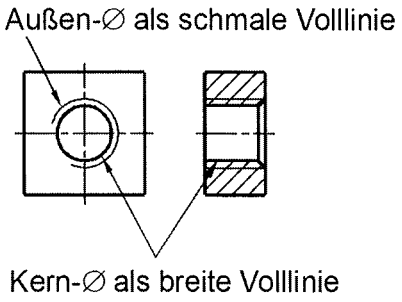
Zeichnen eines Sackloches

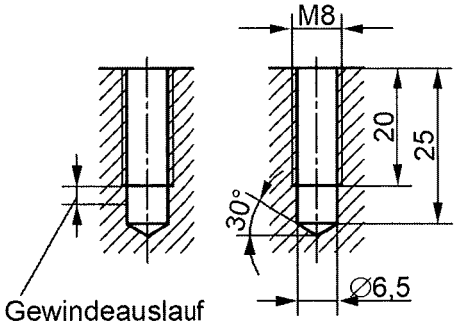


6.1 Gewinde und Schrauben

Gewindesacklöcher und Innengewinde

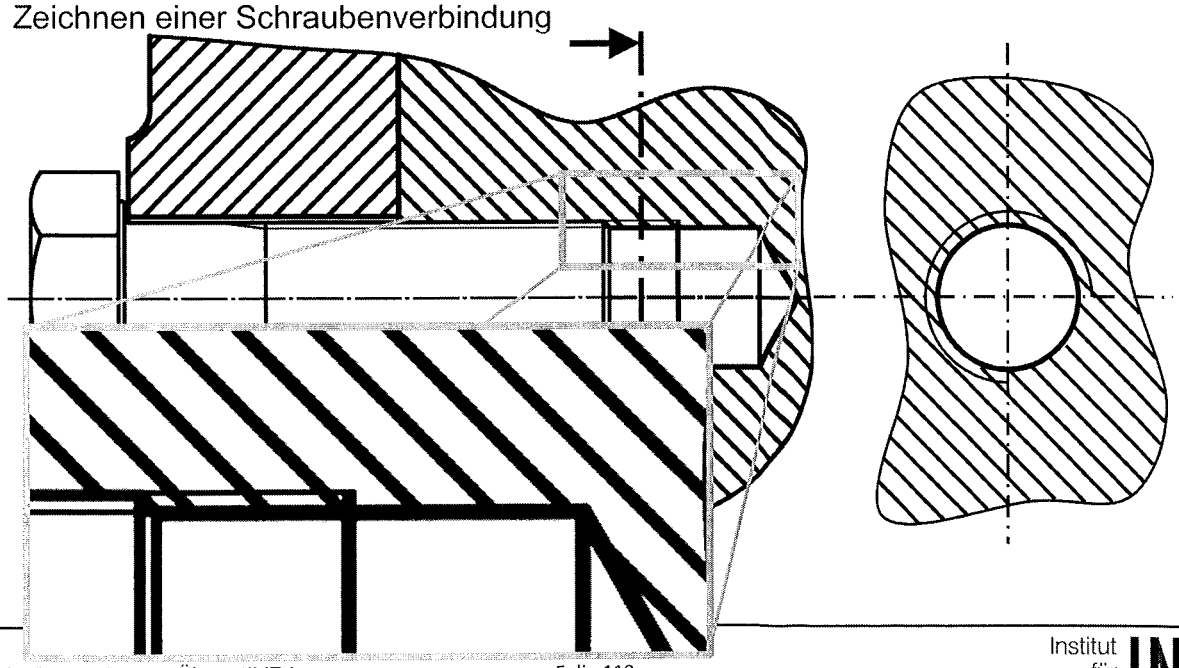
- **Gewindelochsenkung** bis auf den Kerndurchmesser wird **in Draufsicht nicht gezeichnet**
- **Gewindeauslauf** wird außer bei Sacklöchern für Stiftschrauben nicht gezeichnet





6.1 Gewinde und Schrauben

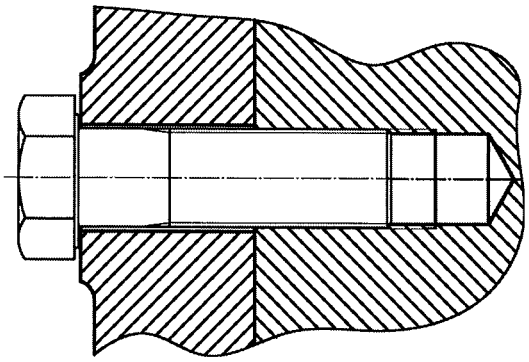
Zeichnen einer Schraubenverbindung



6.1 Gewinde und Schrauben

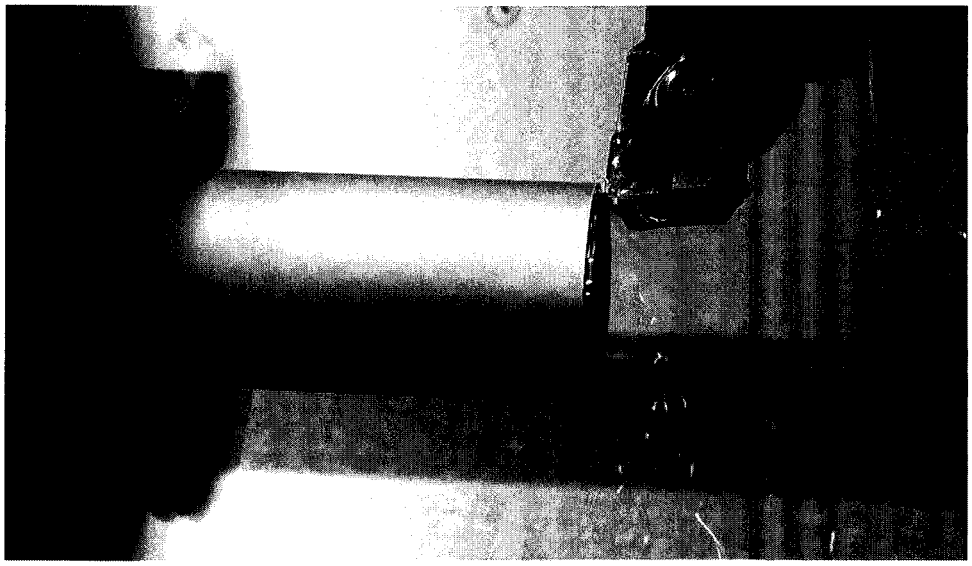
Merkregel für Gewindedarstellungen

1. **Bolzengewinde** (Außengewinde) **verdeckt Muttergewinde** (Innengewinde)
2. **breite Volllinie** entspricht **erstem Fertigungsgang**
3. **schmale Volllinie** am Gewindegrund entspricht **zweitem Fertigungsgang**



6.1 Gewinde und Schrauben

Fertigung eines Gewindebolzens

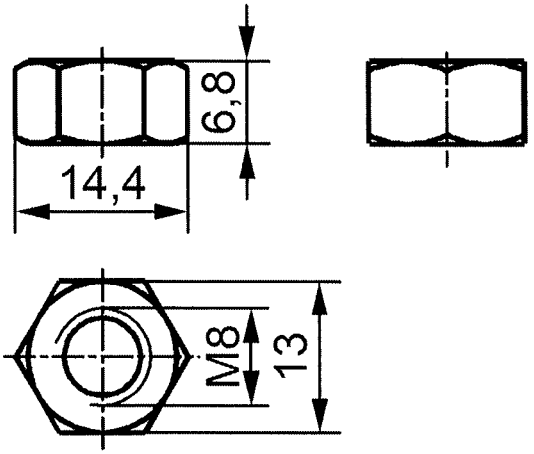


Quelle: youtube.de

6.1 Gewinde und Schrauben

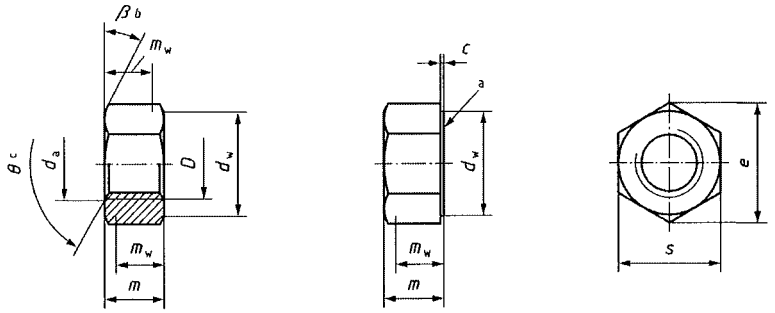
Mutter- und Innengewinde

- **in Vorder- und Seitenansichten** der Mutter wird **kein Gewinde gezeichnet**, auch nicht in verschraubten Muttern



6.1 Gewinde und Schrauben

Sechskantmuttern nach DIN EN ISO 4032



Es gilt:

β = 15° bis 30°

θ = 90° bis 120°

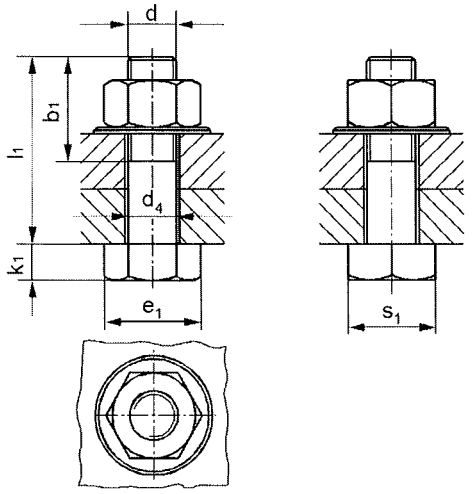
D	p_a	c		d_a		d_w	e	m		s (SW)
		min.	max.	min.	max.	min.	min.	min.	max.	
M6	1	0,15	0,5	6,00	6,75	8,88	11,05	4,90	5,20	10
M8	1,25	0,15	0,60	8,00	8,75	11,63	14,38	8,04	8,40	13

Quelle: DIN EN ISO 4032

6.1 Gewinde und Schrauben

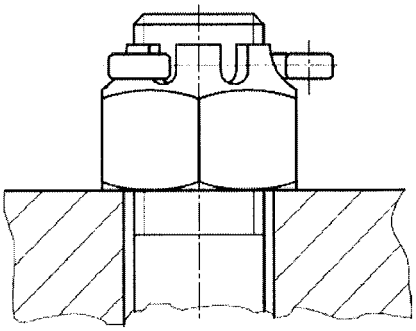
Durchsteckverbindung mit Sechskantschrauben und -muttern

- Darstellung mit **Fasenkreisen, -kanten und Kuppen**

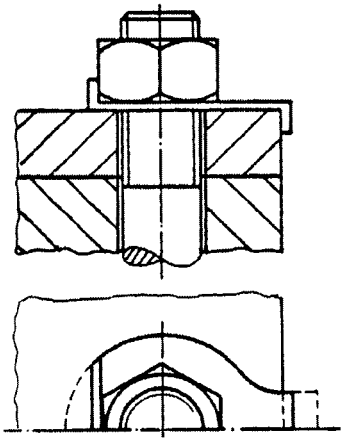


6.1 Gewinde und Schrauben

Formschlüssige Schraubensicherung



Kronenmutter mit Splint

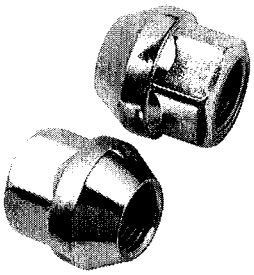


Umgelegtes Sicherungsblech

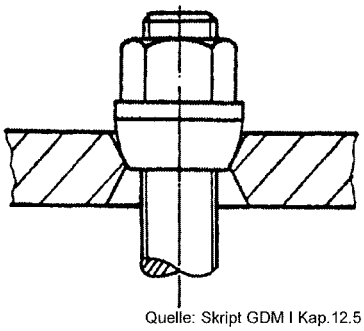
Quelle: Hoischen

6.1 Gewinde und Schrauben

Kraftschlüssige Schraubensicherungen

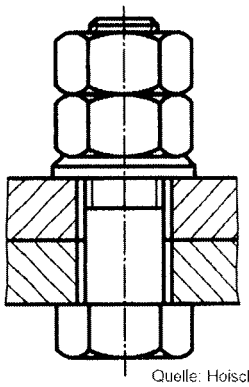


Quelle: rennsportshop.com



Quelle: Skript GDM I Kap.12.5

Radmutter

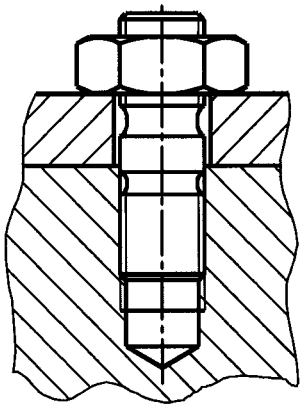


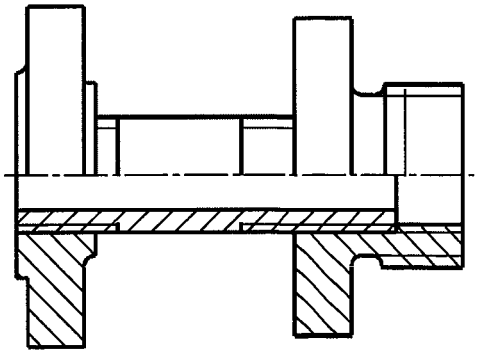
Quelle: Hoischen

Sechskantschraube mit Doppelmutter

6.1 Gewinde und Schrauben

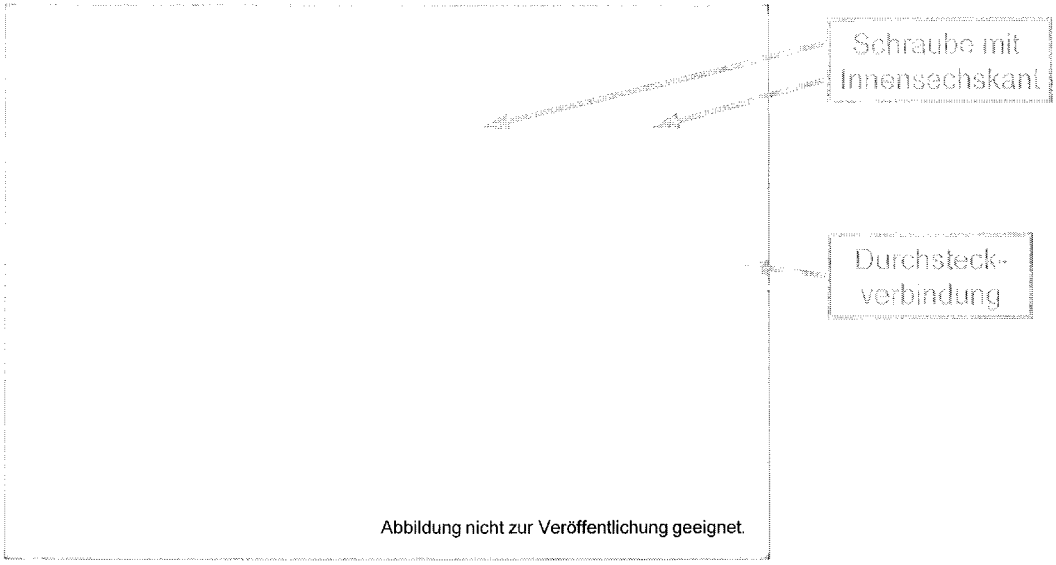
Stiftschraube und Rohrverschraubung



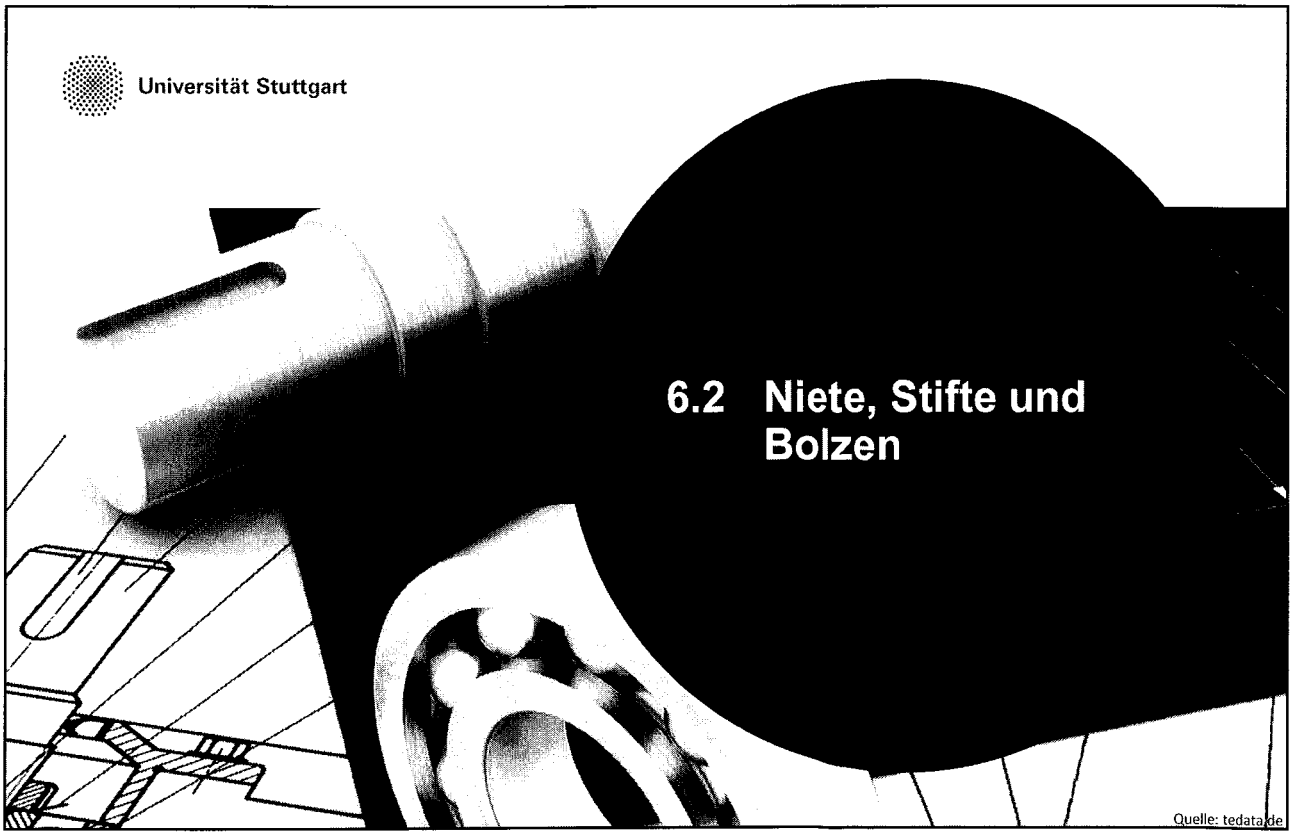


6.1 Gewinde und Schrauben

Zusammenbauzeichnung Getriebe



Universität Stuttgart



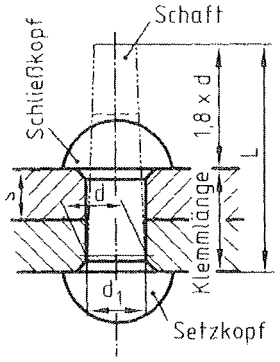
6.2 Niete, Stifte und Bolzen

Quelle: tedata.de

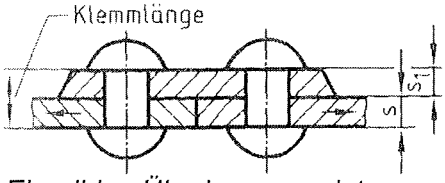
6.2 Niete, Stifte und Bolzen

Nieten und Nietverbindungen

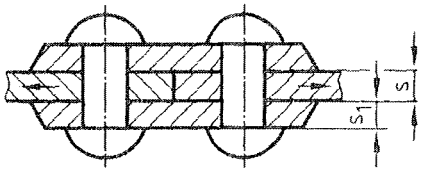
- unlösbare Verbindungen
- nur durch Zerstören der Niete lösbar



Normzeichnung einer Niete



Einreihige Überlappungsnietung



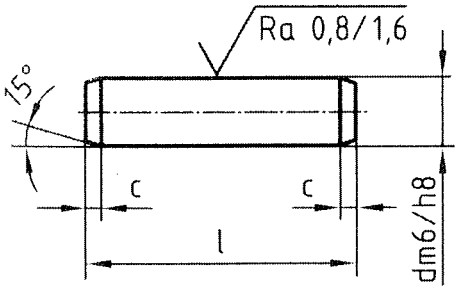
Einreihige Doppellaschennietung

Quelle: Hoischen

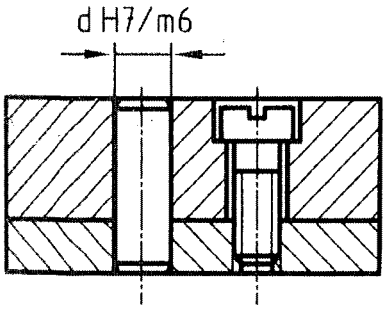
6.2 Niete, Stifte und Bolzen

Stifte und Stiftverbindungen

- sichern die gewünschte Lage der Teile zueinander
- nehmen Scherkräfte auf



Normzeichnung eines Zylinderstifts



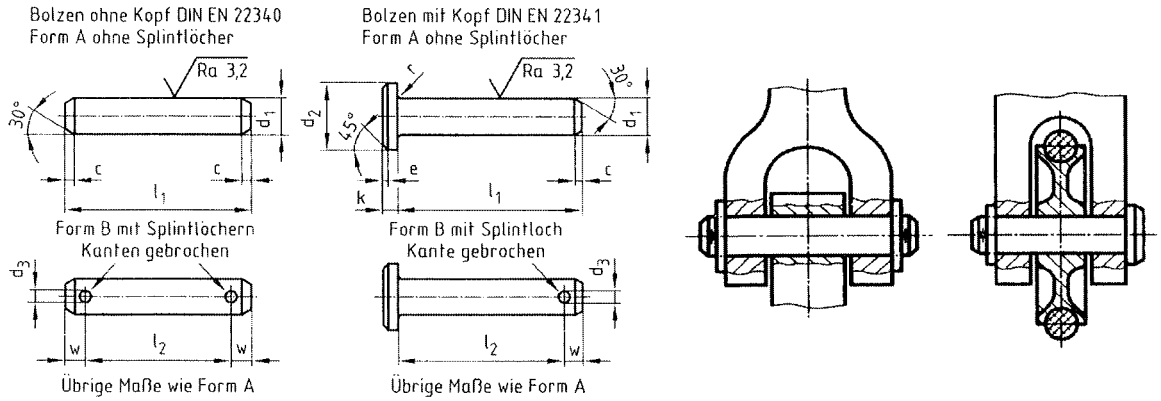
Beispiel einer Schrauben-Stift-Verbindung

Quelle: Hoischen

6.2 Niete, Stifte und Bolzen

Bolzen und Bolzenverbindungen

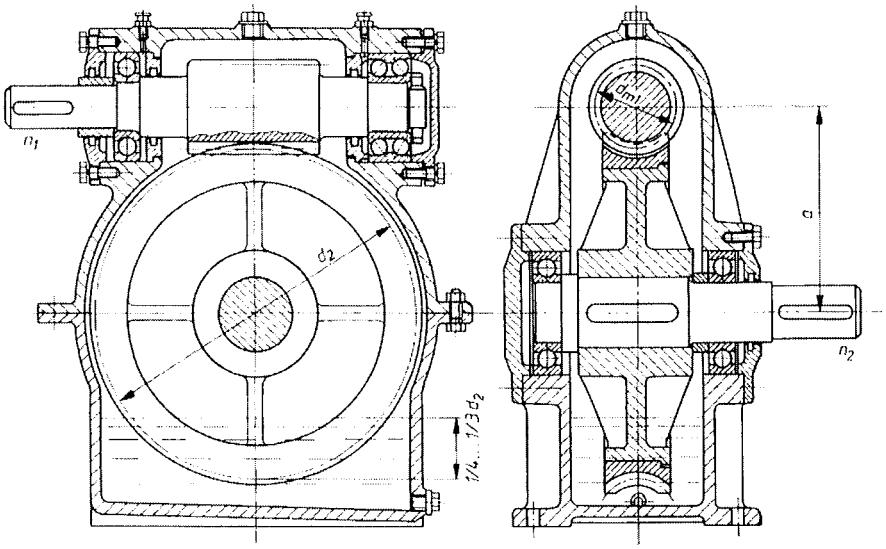
- sichern die gewünschte Lage der Teile zueinander
- nehmen Scherkräfte auf



Quelle: Hoischen

6.3 Achsen und Wellen

Getriebe mit zwei Wellenenden

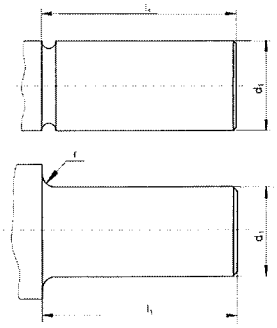


Quelle: Hoischen

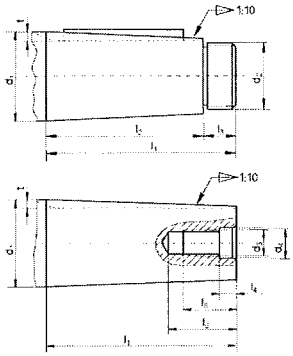
6.3 Achsen und Wellen

Wellenenden

- Teile von Wellen, die beispielsweise aus einem Getriebe austreten
- dienen als Anschlusselement
- Hauptfunktion: Drehmomentübertragung



Einfache Wellenenden



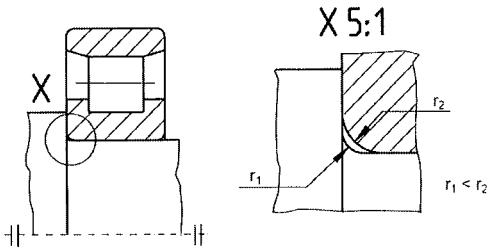
Wellenenden mit Gewinden

Quelle: Technisches Zeichnen

6.3 Achsen und Wellen

Freistiche nach DIN 509

- Durchmesserübergänge sind notwendig, damit Maschinenelemente wie z. B. Lager einen Anschlag besitzen, gegen den sie verspannt werden können.
- Damit die Elemente an den Absätzen anliegen können, muss der Radius des Wellenabsatz kleiner als der Radius des Bauelements gewählt werden.
- Weiterhin sind ein **definierter Werkzeugauslauf** und eine **geringe Kerbwirkung** zu beachten.
- Aufgrund der **kleinen Abmessungen** werden Freistiche wenn nötig als **Detailansicht** angegeben.

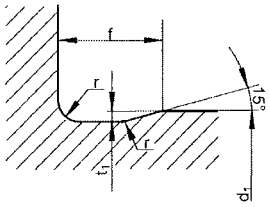


Quelle: Technisches Zeichnen

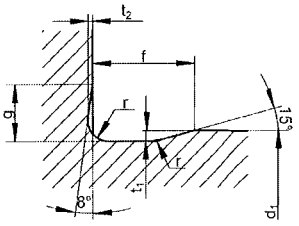
6.3 Achsen und Wellen

Freistiche nach DIN 509

- Unterschiedliche Anforderungen an die Funktion und Fertigung machen verschiedene Formen von Freistichen nötig.

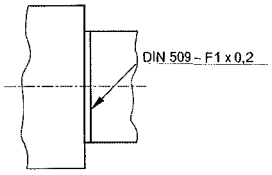


Freistich DIN 509 Form E



Freistich DIN 509 Form F

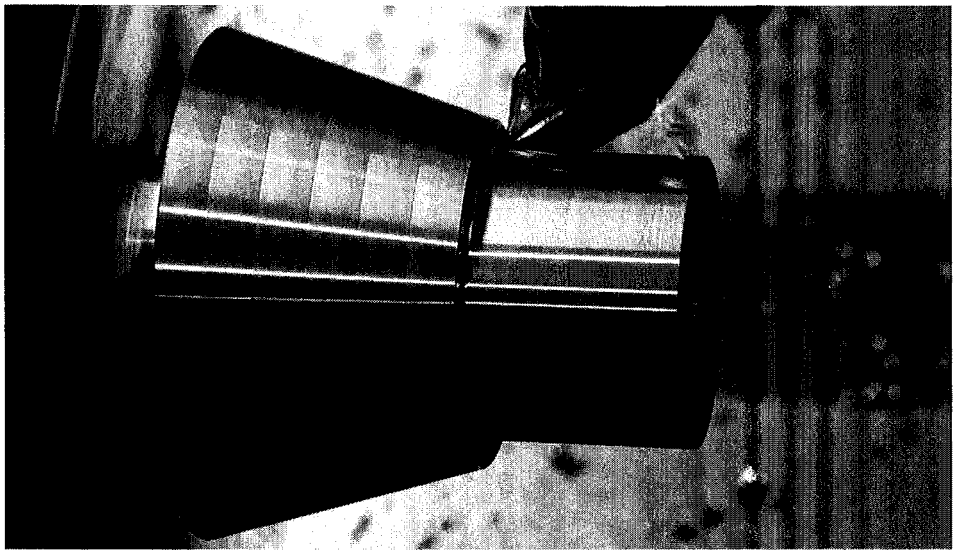
In Zeichnungen werden vollständig genormte **Freistiche vereinfacht** angegeben und bemaßt.



Quelle: Technisches Zeichnen

6.3 Achsen und Wellen

Freistiche nach DIN 509

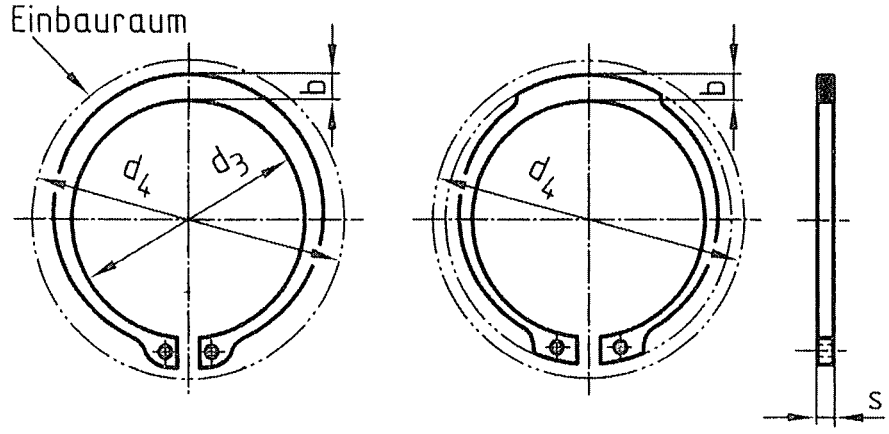


Quelle: youtube.de

6.3 Achsen und Wellen

Sicherungsringe nach DIN 471 und DIN 472

- sichern gegen Längsverschiebung
- nehmen Längskräfte auf

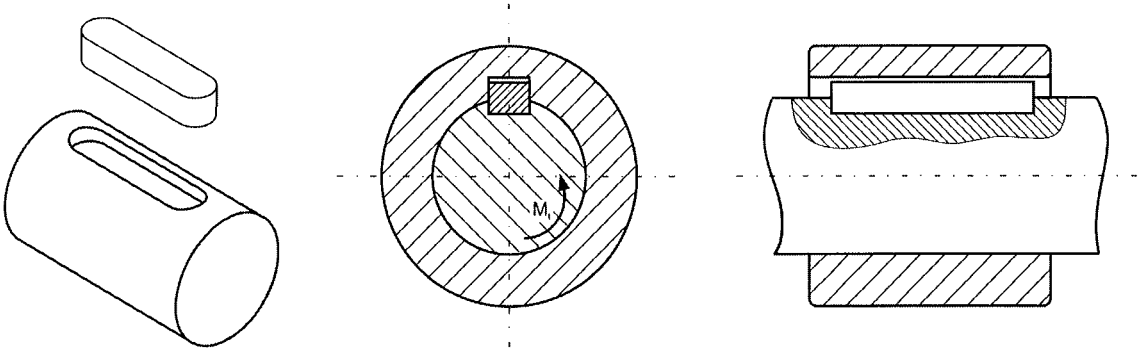


Quelle: Hoischen

6.3 Achsen und Wellen

Passfedern und Passfederverbindungen

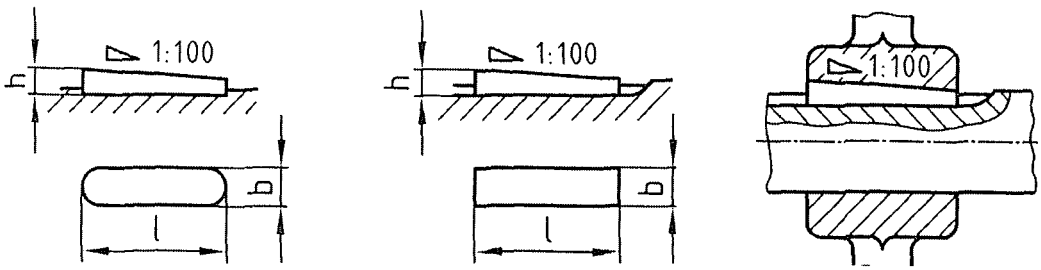
- formschlüssige Welle-Nabe-Verbindungen
- Drehmoment- und Kraftübertragung



6.3 Achsen und Wellen

Keile und Keilverbindungen

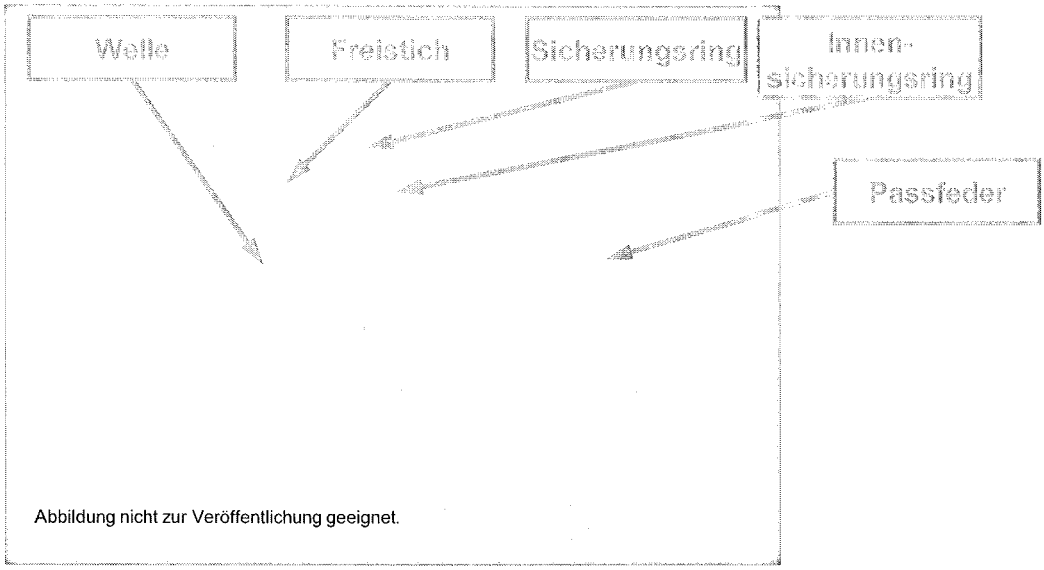
- erzeugen durch Neigung feste, lösbare Spannungsverbindungen
- geringe Neigung der Keile erzeugt Selbsthemmung



Quelle: Hoischen

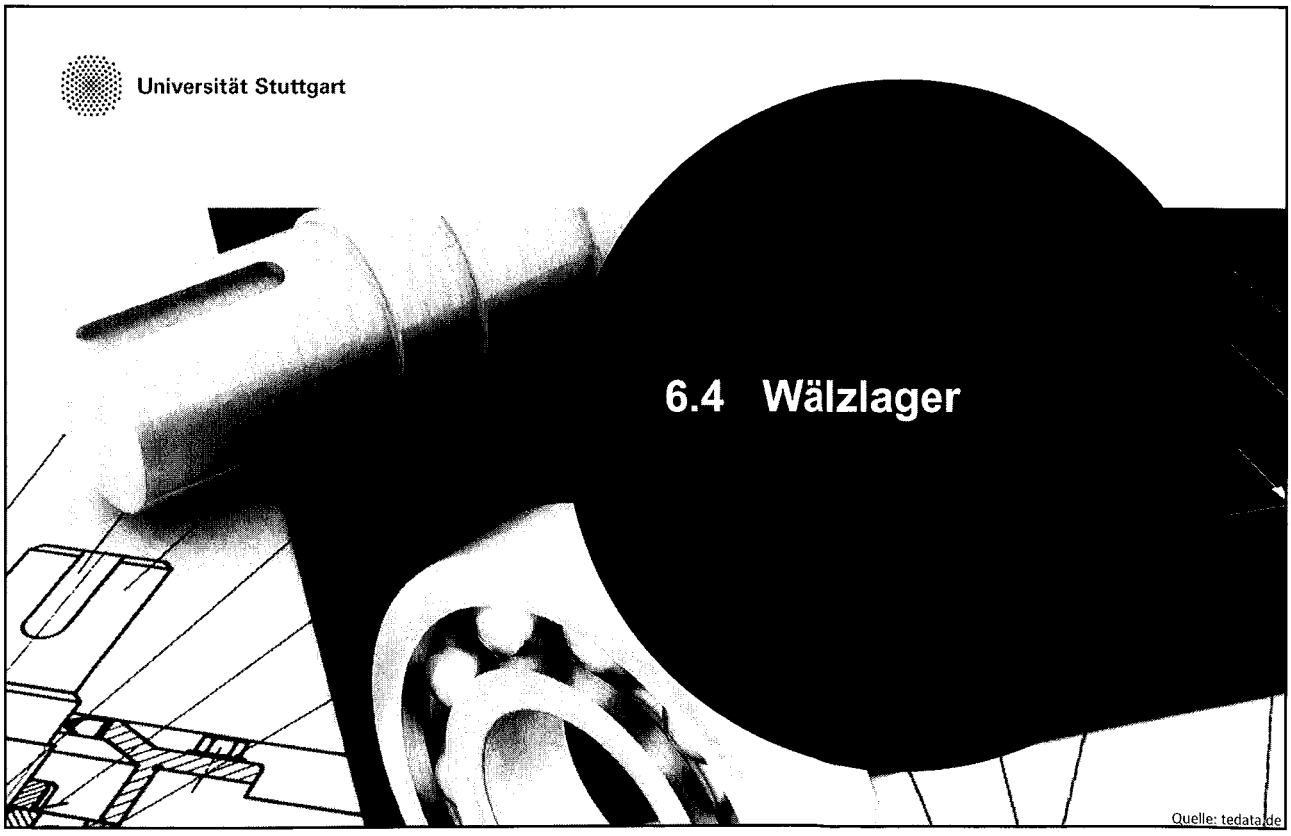
6.3 Achsen und Wellen

Zusammenbauzeichnung Getriebe



Quelle: IKTD

Universität Stuttgart



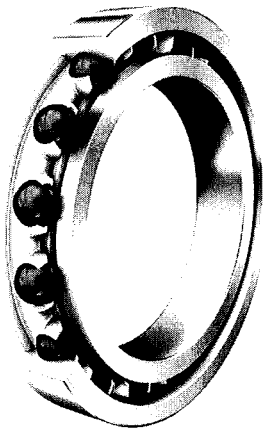
6.4 Wälzlager

Quelle: tedata.de

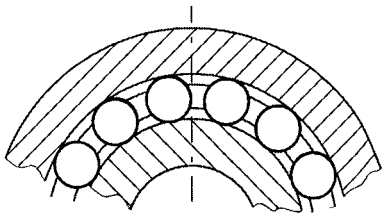
6.4 Wälzlager

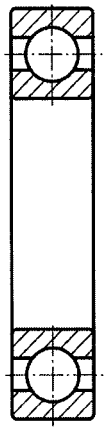
Aufbau und Funktion

- Übertragung von Kräften (axial und / oder radial) zwischen bewegten Bauteilen



Quelle: www.schaeffler.com

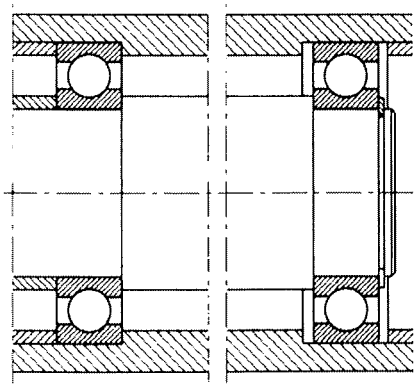


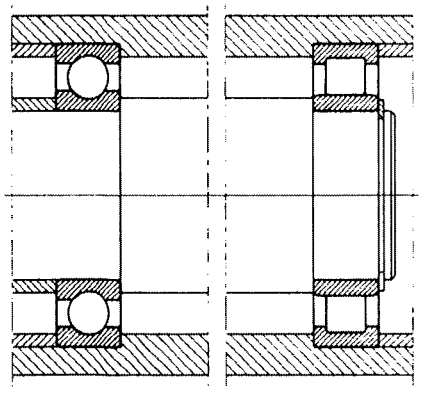


6.4 Wälzlager

Fest-Loslagerung

- **Festlager** übernimmt neben **Radiallastanteil** alle auftretenden **Axialkräfte**
- **Loslager** überträgt **nur Radiallastanteil**



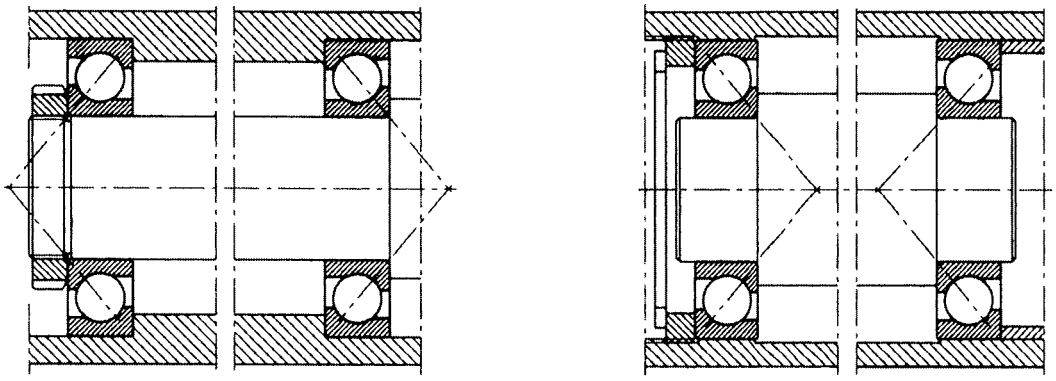


Quelle: FAG

6.4 Wälzlager

Angestellte Lagerung

- beide Lager übernehmen neben Radiallast auch Axialkräfte
  - jedes Lager nimmt Axialkraft nur in eine Richtung auf
- Vorspannung notwendig (oder sehr geringes Axialspiel)

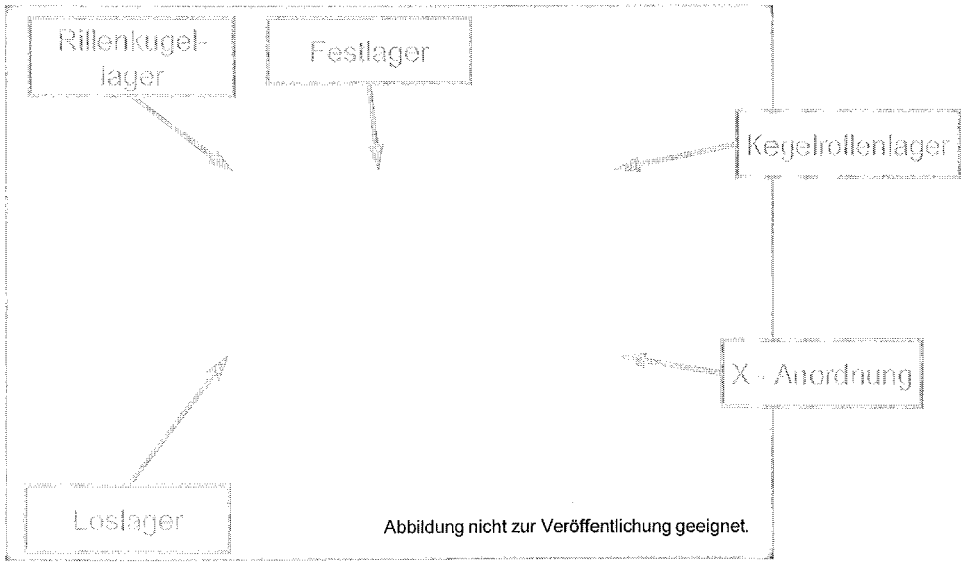


O-Anordnung X-Anordnung

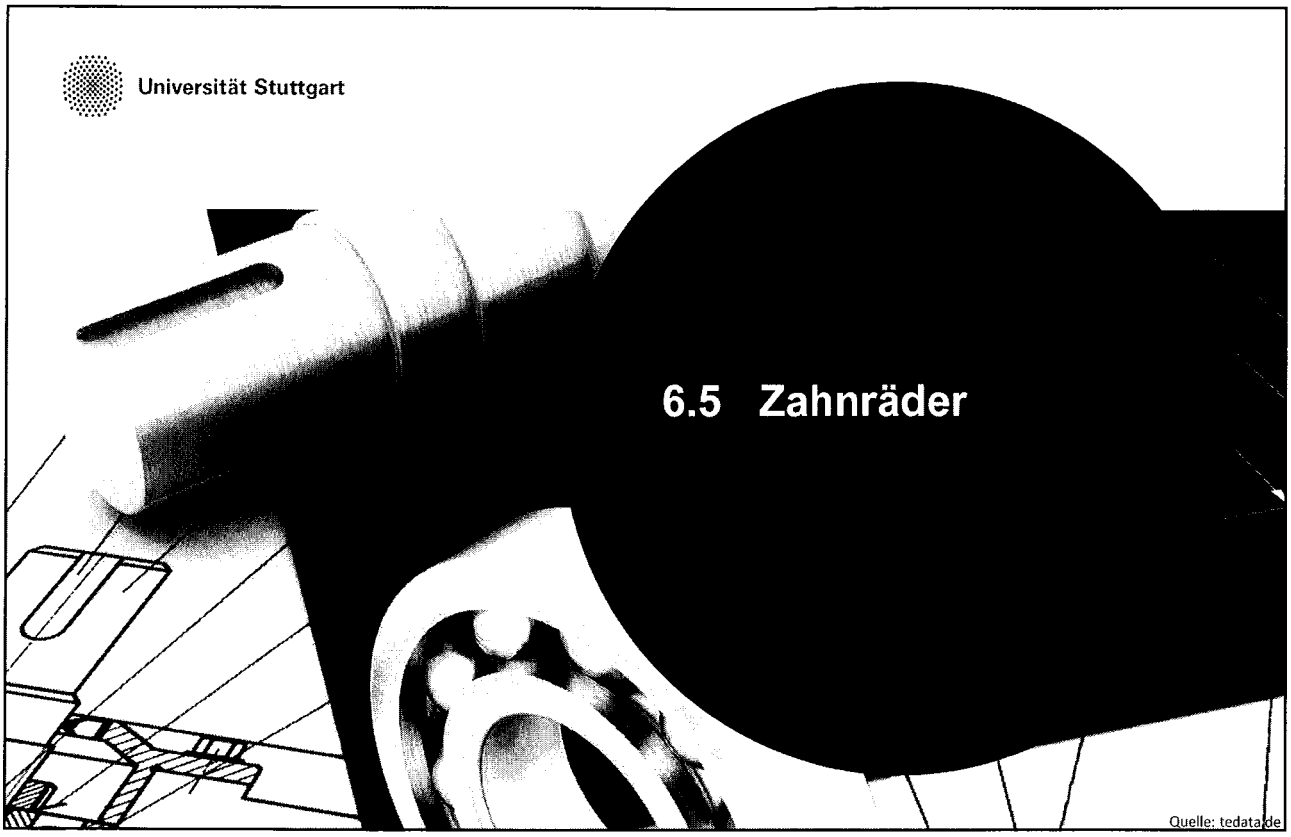
Quelle: FAG

6.4 Wälzlager

Zusammenbauzeichnung Getriebe



Universität Stuttgart



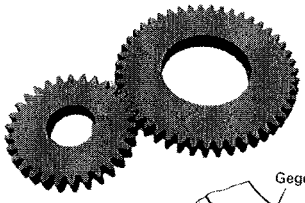
6.5 Zahnräder

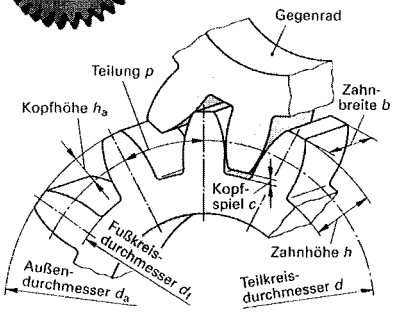
Quelle: tedata.de

6.5 Zahnräder

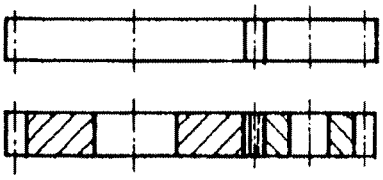
Stirnräder

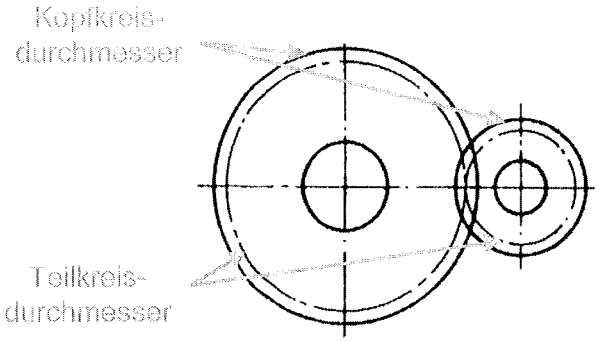
- Darstellung der Zahnräder nach DIN ISO 2203





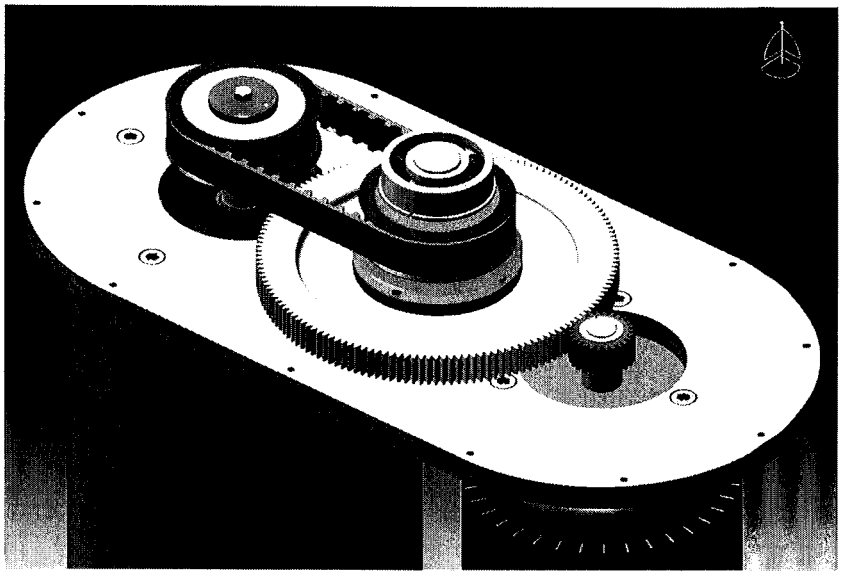
Quelle: is-mueller.de





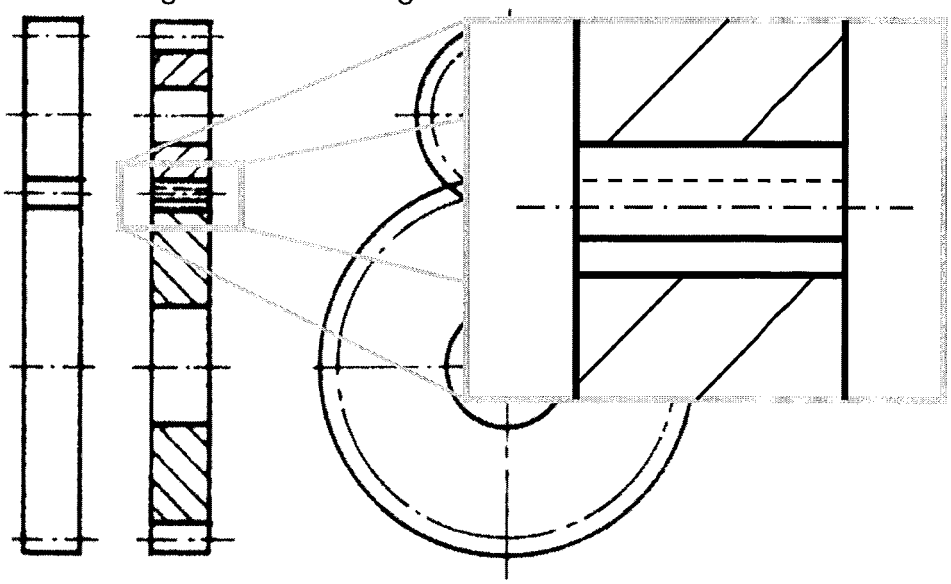
6.5 Zahnräder

Antrieb Rührbehälter



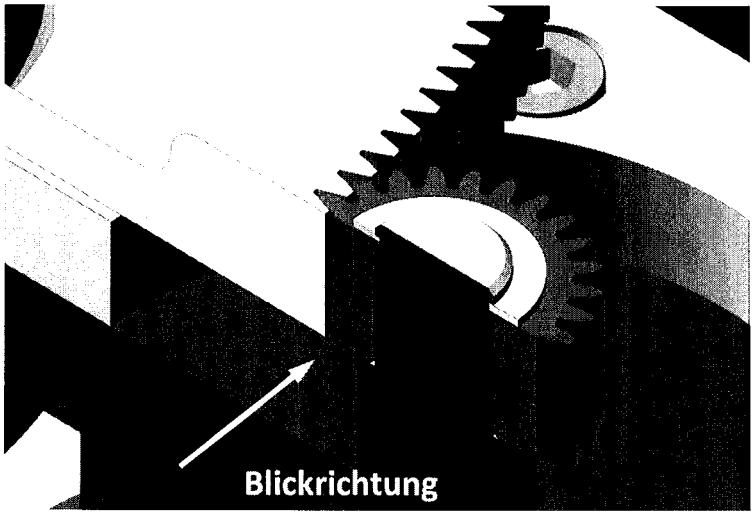
6.5 Zahnräder

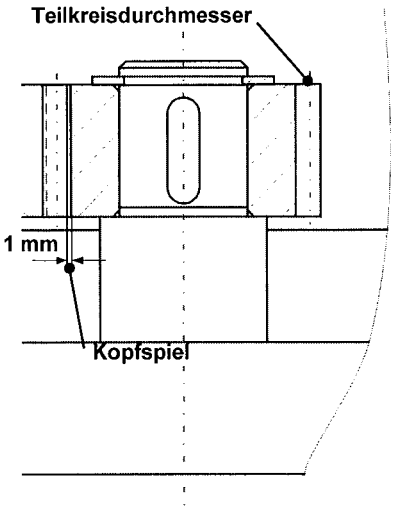
Darstellung der Verzahnung



6.5 Zahnräder

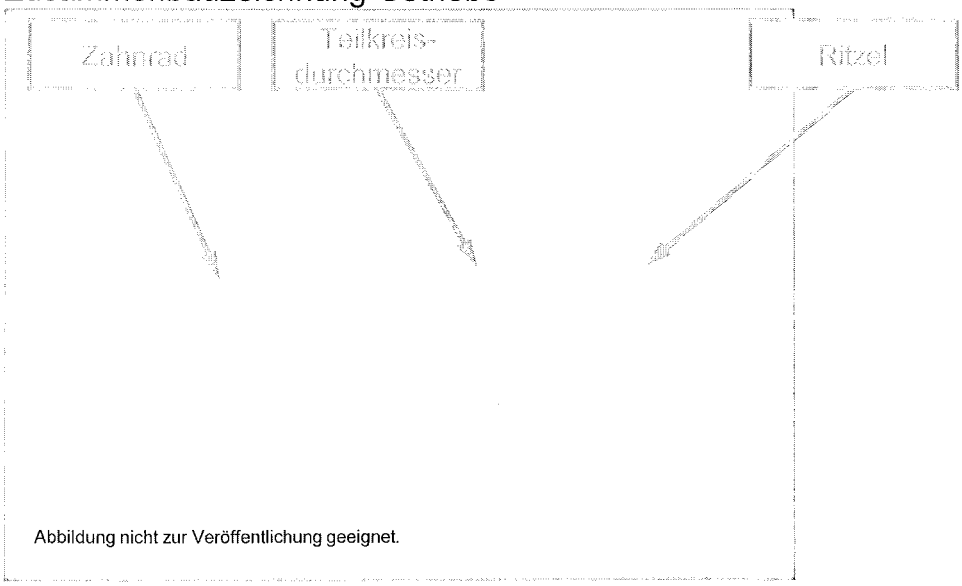
Zahnradpaarung





6.5 Zahnräder

Zusammenbauzeichnung Getriebe



Universität Stuttgart

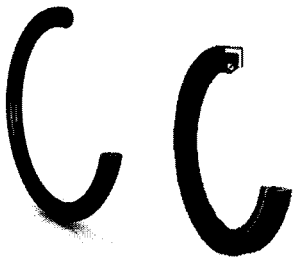
6.6 Dichtungen

Quelle: tedata.de

6.6 Dichtungen

Aufgaben und Arten

- **Abdichtung von ruhenden oder beweglichen Trennflächen**
  - Vermeidung von Stoffverlusten
  - Vermeidung einer Vermengung verschiedener Betriebsstoffe
  - Vermeidung eines erhöhten Verschleißes aufgrund von Staub, Schmutz oder Feuchtigkeit
- **Berührungsdichtungen statisch**
  - Flachdichtungen, O-Ringe, weitere Profildichtungen
- **Berührungsdichtungen dynamisch**
  - Wellendichtringe, Filzringe, Gleitringdichtungen, Stoffbuchsen
- **Berührungsfreie Dichtungen**
  - Spaltdichtungen, Labyrinthdichtungen



Quellen:
tss.trelleborg.de

6.6 Dichtungen

O-Ringe nach DIN 3771

- Abdichtung von flüssigen und gasförmigen Medien
- sehr gute Dichtwirkung
- Konstruktion: ausreichend vorpressen, Extrusion vermeiden, Einfahrschräge vorsehen

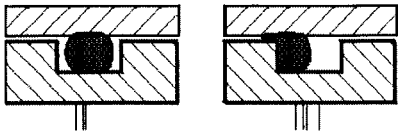


Abbildung 9.4
a) O-Ring in Ruhestellung - b) O-Ring während der Extrusion

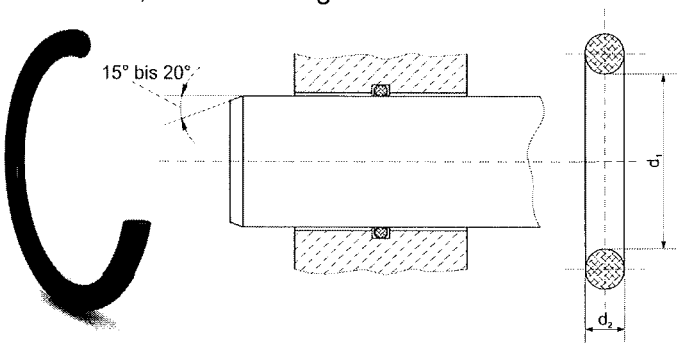


Abbildung 9.5
Durch Extrusion beschädigter O-Ring

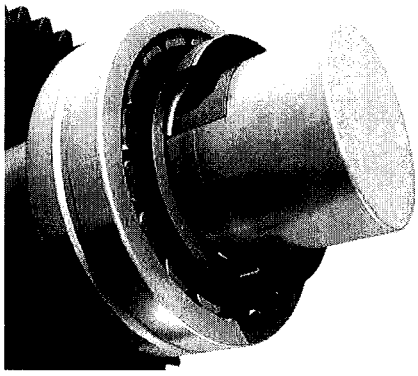
Quelle: www.tss.trelleborg.com

Quelle: elastotechgaskets.com

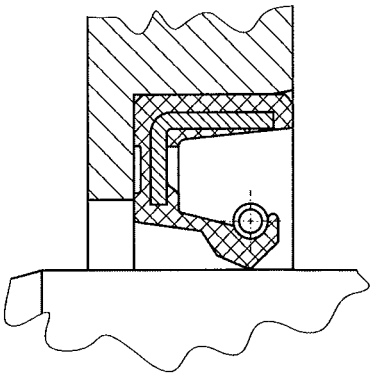
6.6 Dichtungen

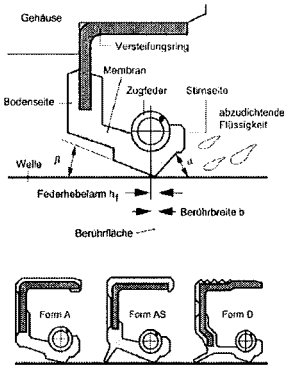
Radial-Wellendichtring nach DIN 3760

- zum **Abdichten** von **drehenden Wellen** und Räumen mit geringem Druckunterschied
- abzudichtende **Flüssigkeit** auf der Seite mit dem **größeren Dichtkantenwinkel** α



Quelle: Skf-radialwellendichtring.de



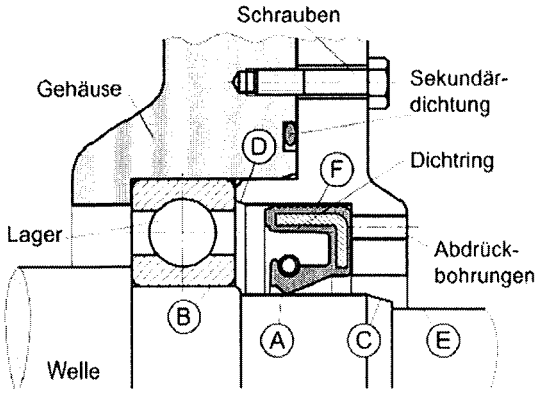


Quelle: IMA Uni Stuttgart

6.6 Dichtungen

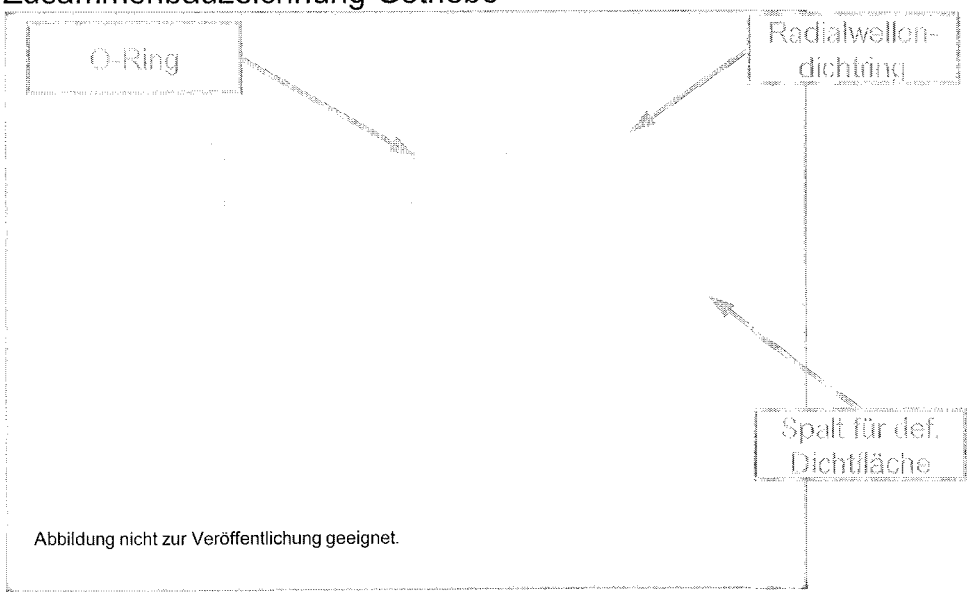
Radial-Wellendichtring nach DIN 3760

- **A:** Gegenlauffläche mit ∅ **A** kleiner als **B** (mindestens 0,2 mm), damit auf der Gegenlauffläche bei der Lagermontage keine Krater entstehen
- **C:** Einfahrschräge: ∢ 15° - 25°, Kanten gerundet
- **D:** Montagefase: ∢ 15° - 20°
- **E:** Wellendurchmesser bei **E** kleiner als **A**, damit Dichtring bei Montage nicht streift
- **F:** Aufnahmebohrung

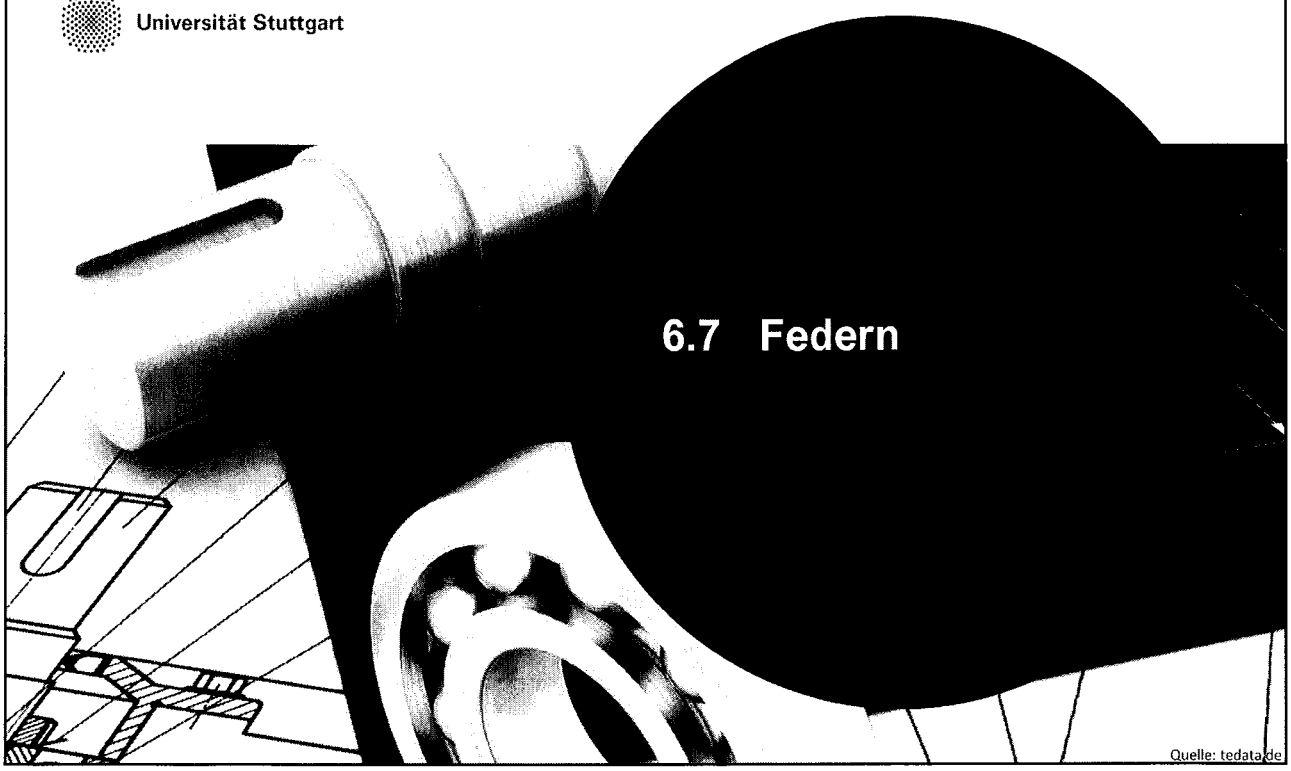


6.6 Dichtungen

Zusammenbauzeichnung Getriebe



Universität Stuttgart



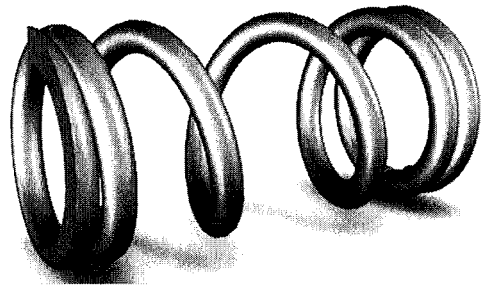
6.7 Federn

Quelle: tedata.de

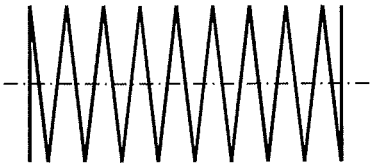
6.7 Federn

Darstellung von Federn nach DIN ISO 2162-1

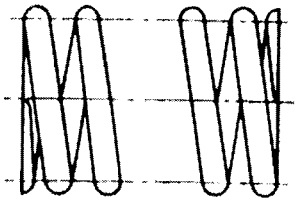
Druckfedern



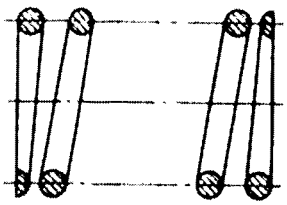
Vereinfachte Darstellung



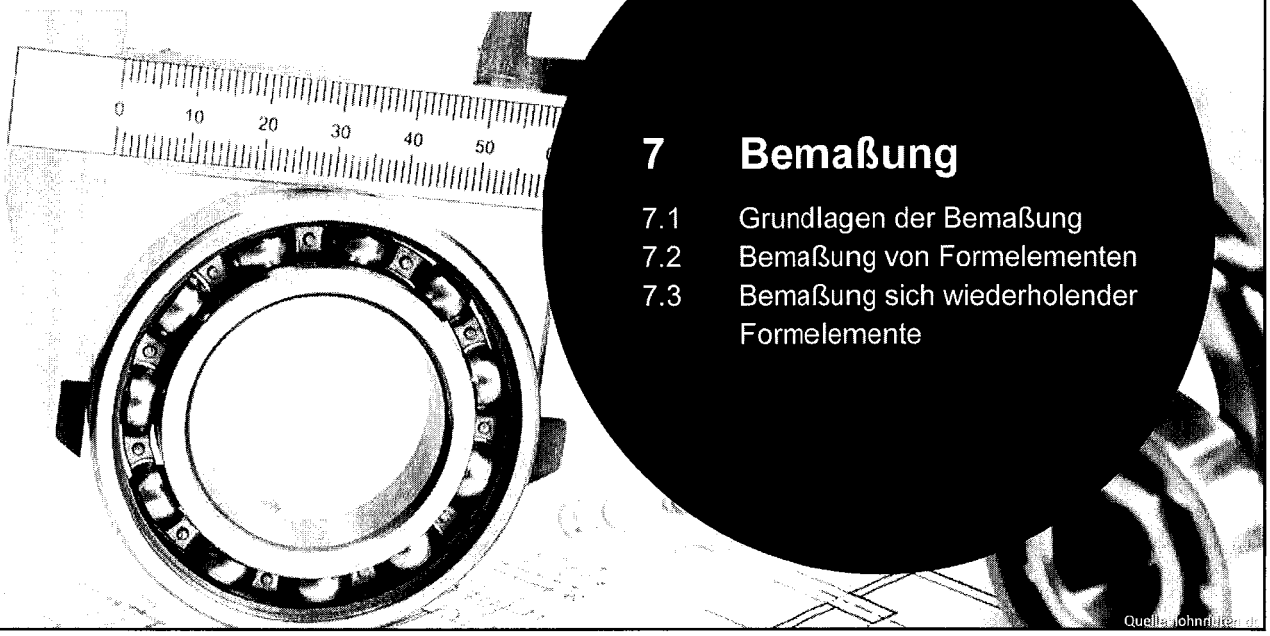
Ansicht



Schnitt



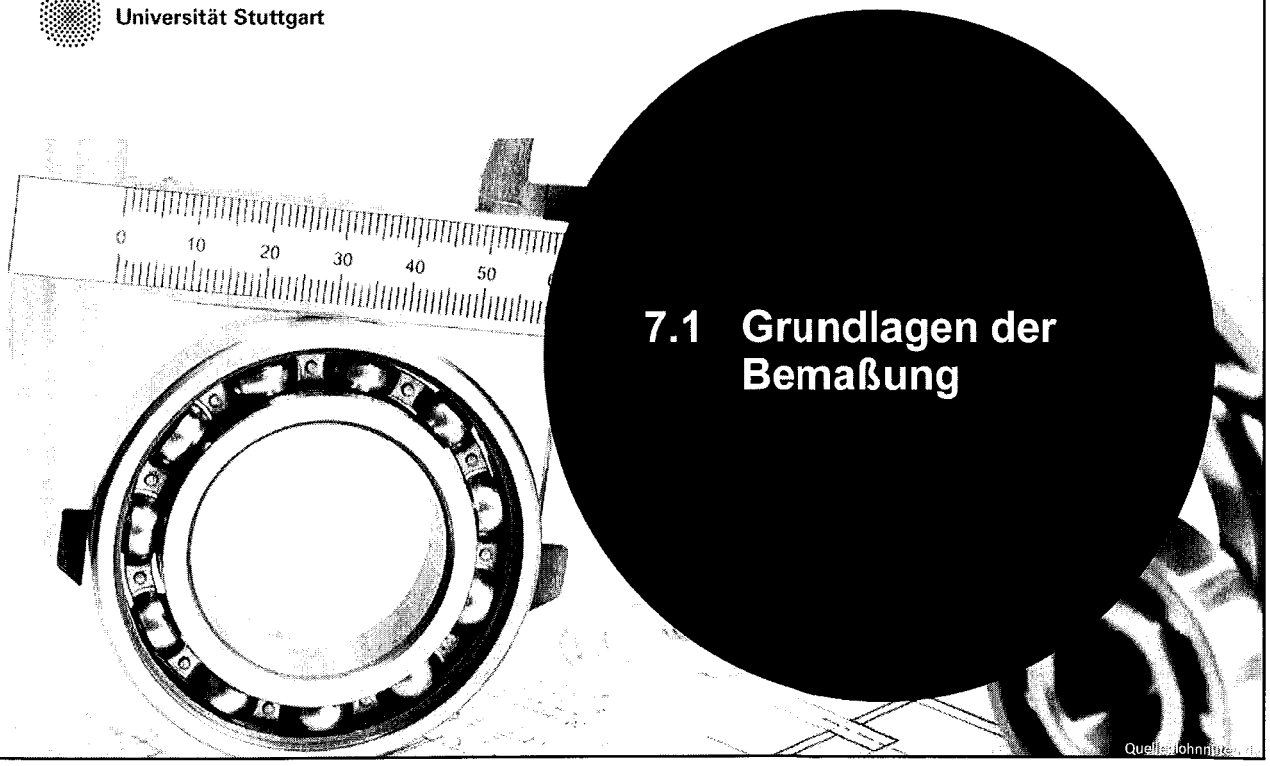
Universität Stuttgart



7 Bemaßung

7.1 Grundlagen der Bemaßung
7.2 Bemaßung von Formelementen
7.3 Bemaßung sich wiederholender Formelemente

Universität Stuttgart



7.1 Grundlagen der Bemaßung

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Einzutragende Maße in Zeichnungen

- **Hauptmaße**
  - größte Länge, Breite und Höhe des dargestellten Gegenstandes (umhüllende Form)
- **Funktions- und Anschlussmaße**
  - für das Zusammenwirken mehrerer Teile erforderliche Maße
- **Fertigungsmaße**
  - alle für einen Arbeitsgang notwendigen Maße, abhängig vom jeweiligen Fertigungsverfahren
- **Prüfmaße**
  - Maße und Maßtoleranzen für vorgesehene Prüfung

7.1 Grundlagen der Bemaßung

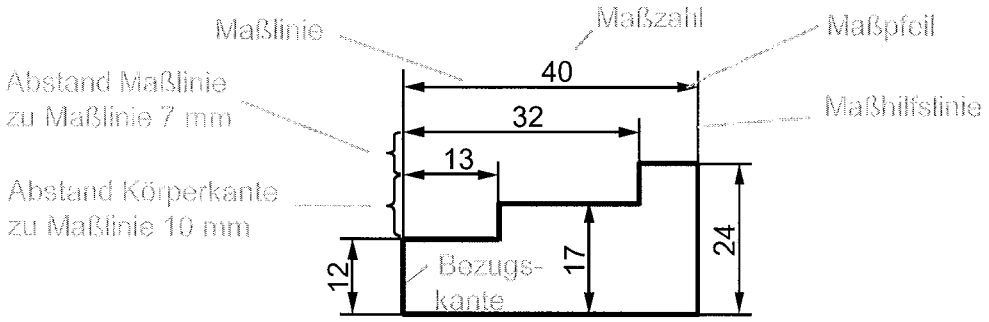
Grundregeln für die Bemaßung

- Maßangaben in technischen Zeichnungen gelten für den Endzustand des Teils
- Bemaßungen nur dort, wo die Gestalt des Gegenstandes eindeutig erkennbar ist
- von **sinnvollen Bezugslinien** ausgehen
- **keine Kettenmaße** (geschlossene Maßketten) bei fertigungsgerechter Bemaßung
  - Summe der Abweichung aller Kettenmaße wirkt sich auf Gesamtlänge aus (Fehlerfortpflanzung)

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Grundlagen der Maßeintragung nach DIN 406-11

- Ein **Maß** besteht aus einer **Maßzahl** und einer **Maßeinheit**.
- Bei Millimeterangaben wird auf die Maßeinheit verzichtet, bei Abweichungen ist die Längeneinheit hinter die Maßzahl einzusetzen (z.B. m)
- **Maß- und Maßhilfslinien** als **schmale Volllinien** der für die Zeichnung gewählten Liniengruppe nach DIN EN ISO 128-20



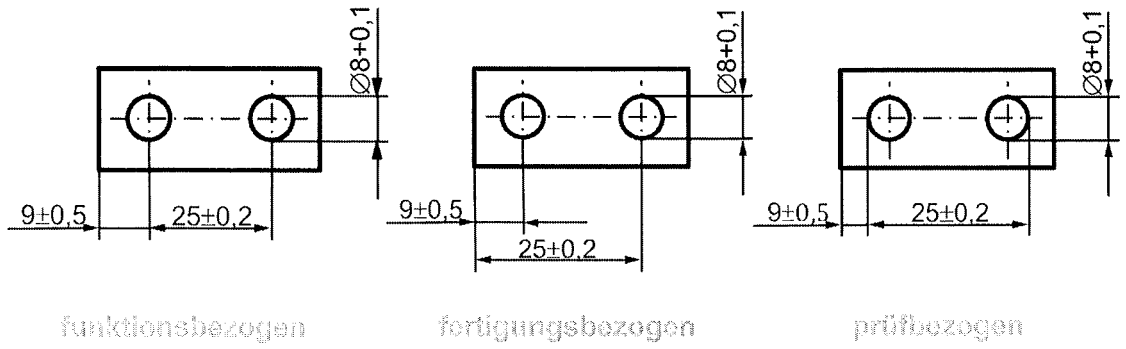
7.1 Grundlagen der Bemaßung

Systeme der Maßeintragung DIN 406-10

- **funktionsbezogen:**
  - Auswahl, Eintragung und Tolerierung der Maße erfolgen nach Gesichtspunkten des funktionellen Zusammenwirkens aller Teile
  - Fertigungs- und Prüfbedingungen bleiben unberücksichtigt.
- **fertigungsbezogen:**
  - Abhängig vom jeweiligen Fertigungsverfahren, z. B. spanend oder spanlos
  - Maße werden aus funktionsbezogenen Maßen berechnet und eingetragen.
  - Berücksichtigung von fertigungsgerechte Toleranzen
- **prüfbezogen:**
  - Maße und Maßtoleranzen werden für die Prüfung des Teils eingetragen

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Systeme der Maßeintragung DIN 406-10



7.1 Grundlagen der Bemaßung

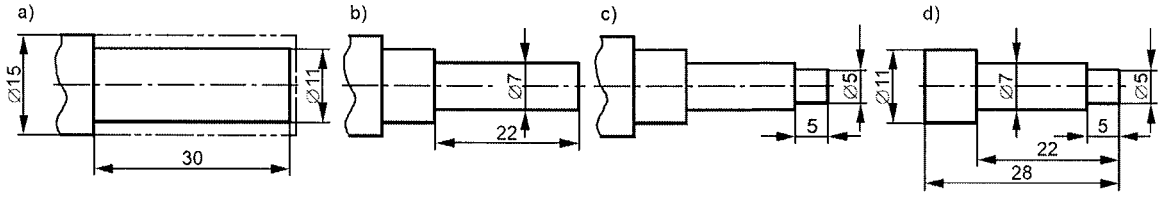
Fertigungsgerechte Bemaßung

- Ablauf der **Fertigung gedanklich nachvollziehen** und nur die benötigten Maße eintragen
- Maße, die sich bei der Fertigung ergeben, weglassen
- **doppelte Bemaßungen vermeiden**
  - Werden diese zur besseren Anschaulichkeit oder Lesbarkeit der technischen Zeichnung trotzdem eingezeichnet, dann das Maß in Klammern setzen.

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Fertigungsgerechte Bemaßung

Bemaßung eines Bolzens vom Rohteil bis zum Fertigkeit



Ablauf der Fertigung:

a) Rundstahl ∅15 plandrehen und auf ∅11 abdrehen Länge: 30 mm

b) Abdrehen auf den nächst kleineren Durchmesser (∅7) auf einer Länge von 22 mm

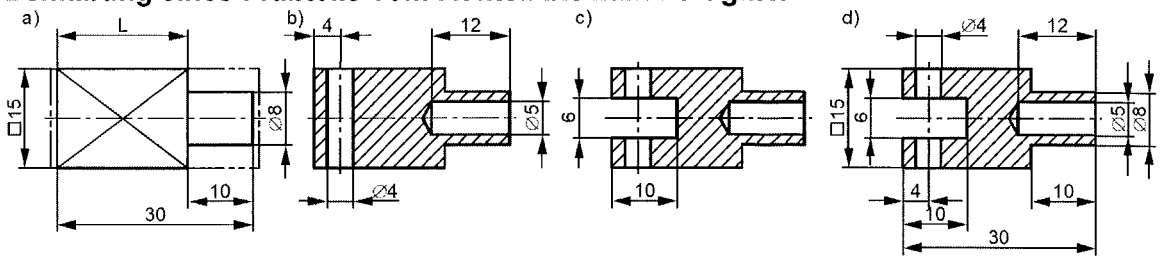
c) Abdrehen auf den kleinsten Durchmesse (∅5), Länge: 5 mm

d) Abstechen auf Gesamtlänge 28 mm

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Fertigungsgerechte Bemaßung

Bemaßung eines Fräßteils vom Rohteil bis zum Fertigkeit



Ablauf der Fertigung:

a) Vierkant □15 absägen und auf beiden Seiten plandrehen, Länge 30 mm; Andrehen eines Zapfens ∅8, Länge: 10 mm

b) Bohren eines Sacklochs mit ∅5, 12 mm tief; Durchgangsbohrung mit ∅4 im Abstand von 4 mm von linker Werkstückkante

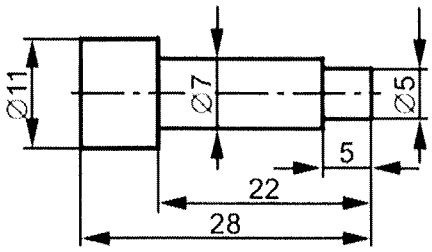
c) Fräsen eines 6 mm breiten und 10 mm tiefen Schlitzes

d) Gesamtbemaßung

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßlinien

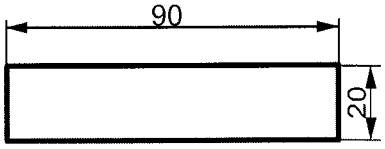
- **Maßlinien durchgezogen zeichnen**, auch bei unterbrochen dargestellten Teilen
- Maßzahl muss auf Maßlinie stehen
- Mittellinien, Maßhilfslinien und Schraffuren **im Bereich der Maßzahlen unterbrechen**
- **Mittellinien und Körperkanten** nicht als Maßlinien verwenden
- bei kleinen Maßen Maßlinien **von außen** an Maßhilfslinien heranführen



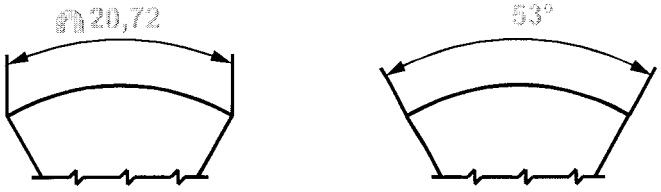
7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßlinien

- **Längenmaßen**: im Allgemeinen **parallel** zum anzugebenden Maß und **rechtwinklig zu Körperkanten**



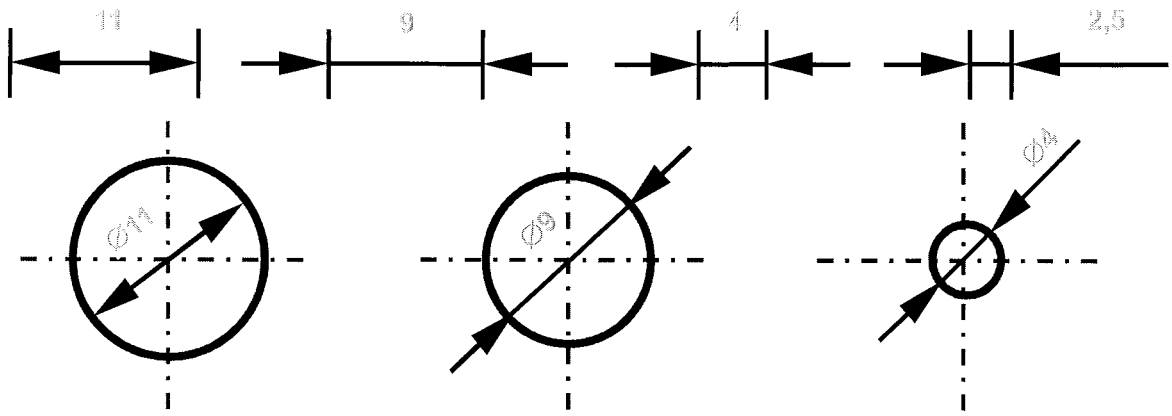
- **Winkel- & Bogenmaße**: sind als **Kreisbögen** um den Scheitelpunkt des Winkels bzw. Mittelpunkt des Bogens ausgeführt.



7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßlinien

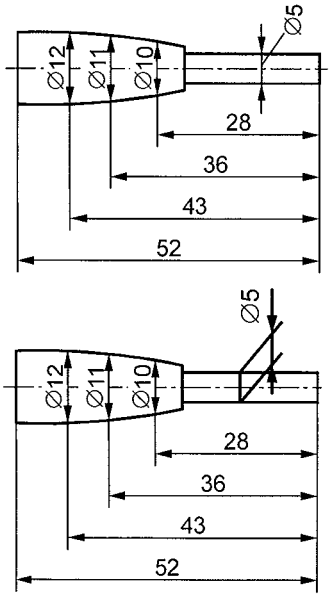
- Maßlinien abhängig von der Maßgröße: je nach verfügbarem Platz muss von der Standardbemaßung (links) abgewichen werden.



7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßhilfslinien

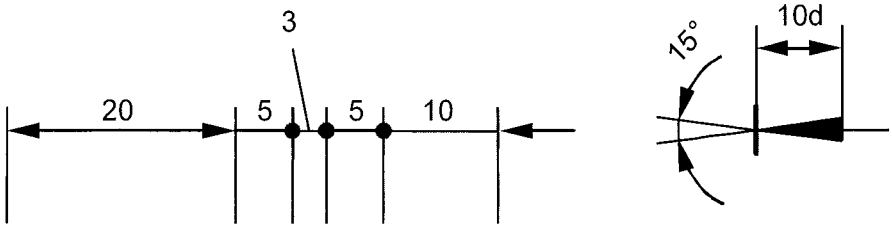
- in der Regel **rechtwinklig zu den Maßlinien**
- Bei Verwendung von **Mittellinien** als Maßhilfslinien → außerhalb der Körperkanten als schmale Volllinien
- nur bei Platzmangel unter einem Winkel von 60° zur Maßlinie zulässig
- nicht von einer zur anderen Ansicht durchziehen
- nicht parallel zu Schraffurlinien
- **Maßhilfslinienüberstand** beträgt im Allgemeinen 2 mm
- Maßhilfslinien dürfen Maßlinien nicht schneiden → Unterbrechung der Maßhilfslinie
- dürfen unterbrochen werden, wenn Weiterführung eindeutig



7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßpfeile

- begrenzen die Maßlinien
- ausgefüllte Pfeile verwenden
- bei Platzmangel Pfeile durch Punkte ersetzen
- in Zeichnung einheitliche Pfeile verwenden, evtl. in Kombination mit Punkten



mit: d = Linienbreite der Körperkante

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßzahlen

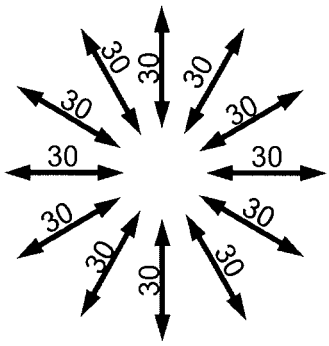
- Größe der Maßzahlen nach DIN ISO 6428 und Schriftform nach DIN EN ISO 3098
- wegen Lesbarkeit bei Verkleinerungen: **mind. 3,5 mm** hohe Schrift
- bei von Millimeter abweichenden Maßeinheiten ist Maßeinheit hinter Maßzahl hinzuzusetzen
- Maßzahl **auf** Maßlinie und **von unten oder von rechts lesbar**
- Schreibrichtung verläuft wie zugehörige Maßlinie
- Winkelmaße stehen tangential zur Maßlinie
- bei Platzmangel: Eintragen an Bezugslinie in gleicher Richtung die sie an Maßlinie hätte
- **nicht durch Linien trennen oder kreuzen**
- nicht ohne Maßlinien direkt an Kanten, Umrissen oder Eckpunkten
- nicht maßstäbliche Maße werden unterstrichen; bei CAD nicht zulässig

7.1 Grundlagen der Bemaßung

Maßzahlen

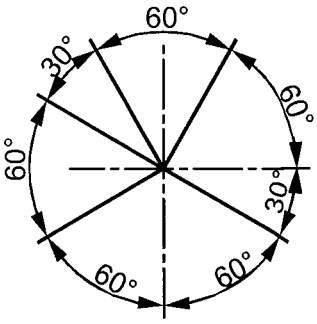
- Maßeintragung in zwei Hauptleserichtungen:

Parallelbemaßung



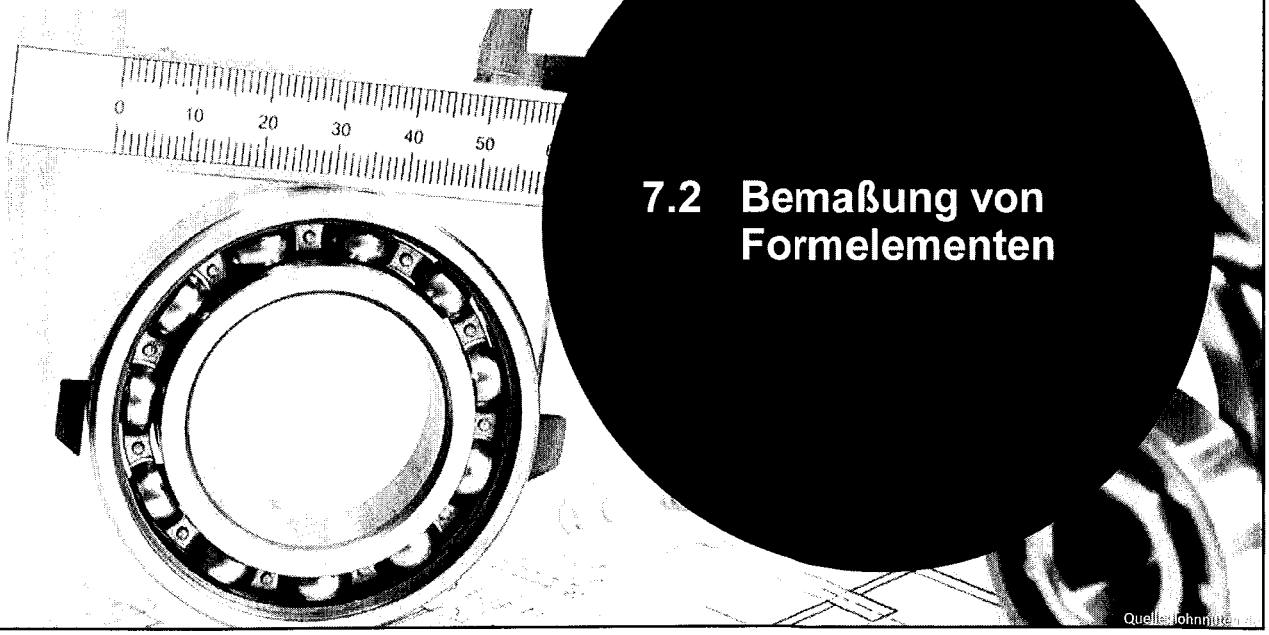
Ausrichten der Maße
parallel zur Maßlinie

Winkelbemaßung



Ausrichten der Maße
tangential zur Maßlinie

Universität Stuttgart

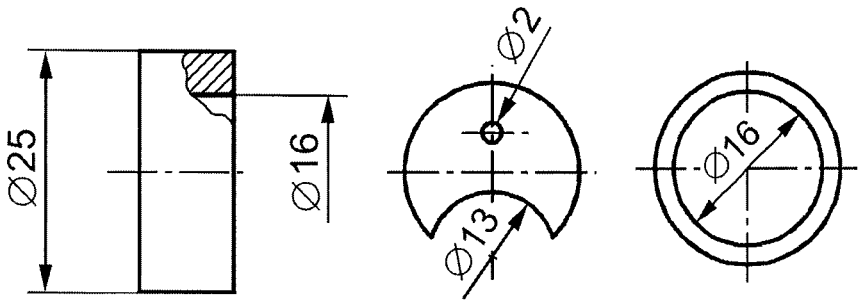


7.2 Bemaßung von Formelementen

7.2 Bemaßung von Formelementen

Durchmesser

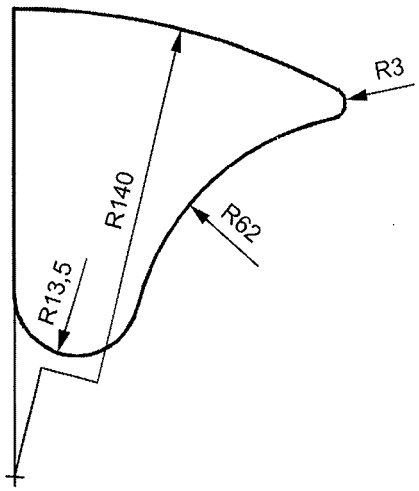
- Durchmesserzeichen kennzeichnet die Kreisform
- grafisches Symbol **dem Maßwert voranstellen**
- bei Darstellung mit nur einem Maßpfeil muss die Maßlinie über den Mittelpunkt hinausgehen



7.2 Bemaßung von Formelementen

Radienbemaßung

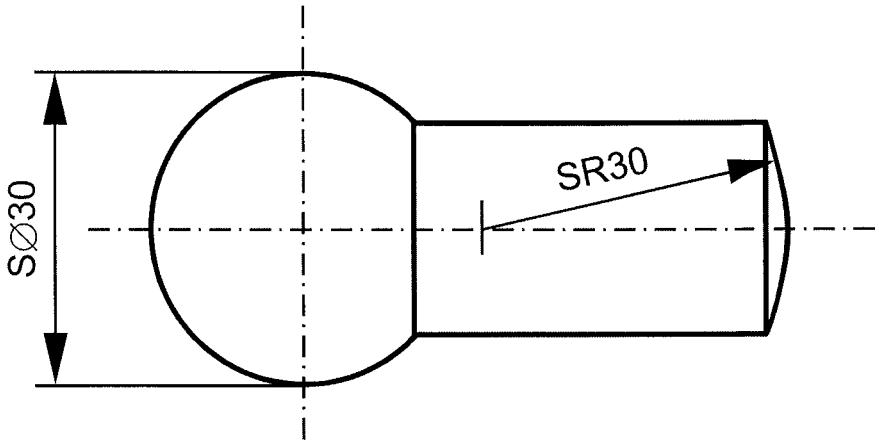
- Buchstabensymbol **R ist dem Maßwert voranzustellen**
- **nur einen Maßpfeil** am Schnittpunkt der Maßlinie und des Bogens
- Pfeilspitze innerhalb oder außerhalb des Umrisses zulässig
- Mittelpunkt eines Radius außerhalb des vorhandenen Platzes: Maßlinie des Radius abbrechen oder rechtwinklig abknicken (wenn Lokalisierung des Mittelpunkts erforderlich)



7.2 Bemaßung von Formelementen

Kugeln

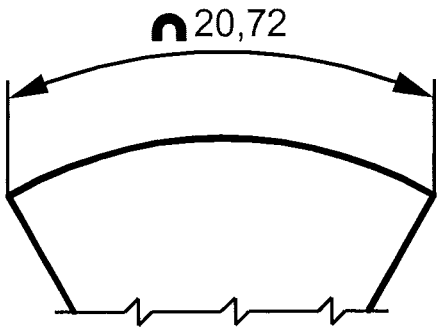
- einer kugelförmigen Gestalt wird bei Durchmesserangaben **S⚫ vorangestellt**
- bei **Radienbemaßung SR**



7.2 Bemaßung von Formelementen

Bögen

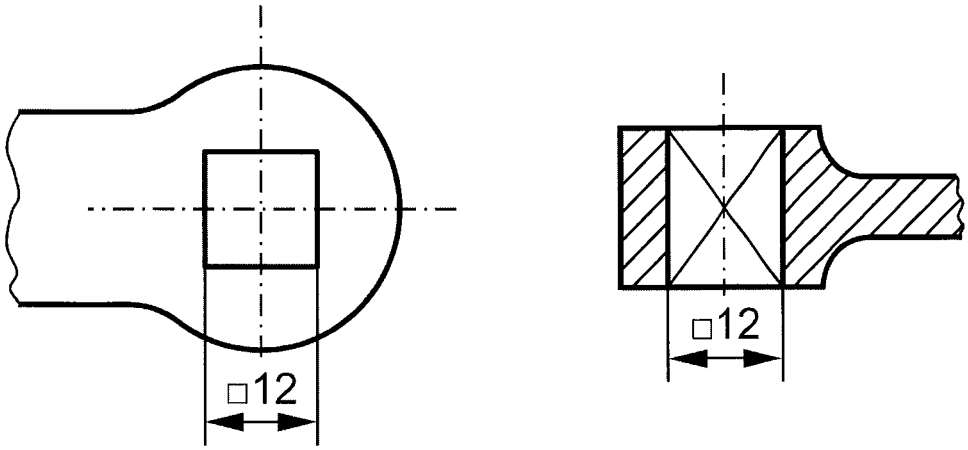
- einem Bogenmaß ist das Symbol **⌒ voranzustellen**



7.2 Bemaßung von Formelementen

Quadrate

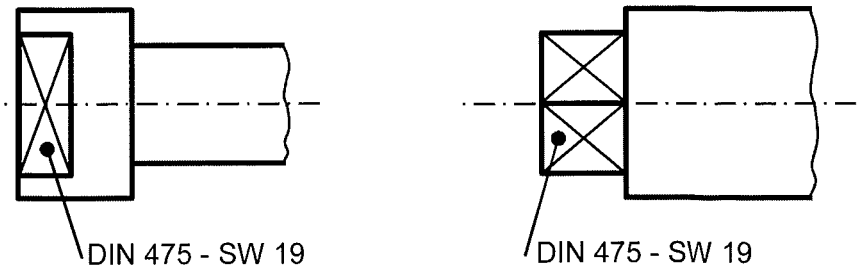
- Das grafische Symbol ■ **wird dem Maßwert vorangestellt**, wenn nur eine Seite eines Quadrats bemaßt wird.



7.2 Bemaßung von Formelementen

Schlüsselweiten

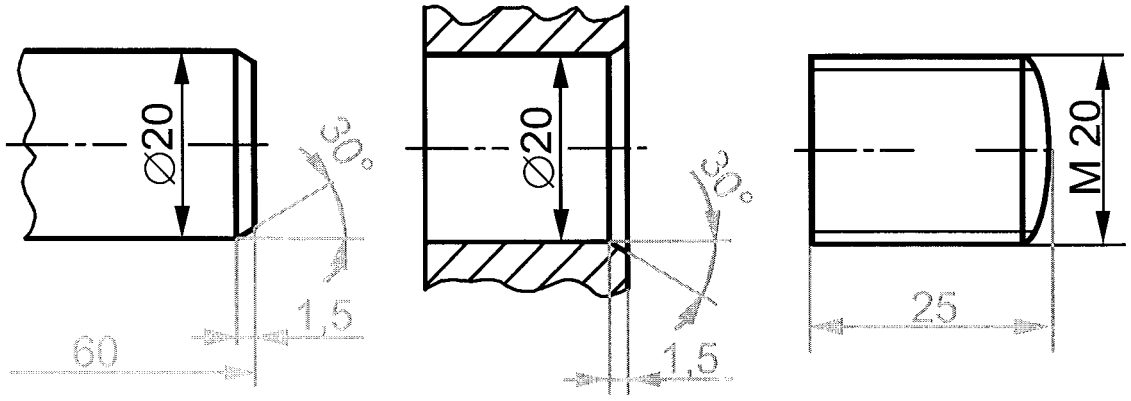
- kennzeichnen den Abstand zweier gegenüberliegender Flächen
- Großbuchstaben **SW werden vor Maßzahl** gesetzt
- **Diagonalkreuz** kennzeichnet **ebene vierseitige Flächen**
  - muss gezeichnet werden, wenn **Seitenansicht oder Ansicht von oben fehlt**



7.2 Bemaßung von Formelementen

Fasen und Senkungen

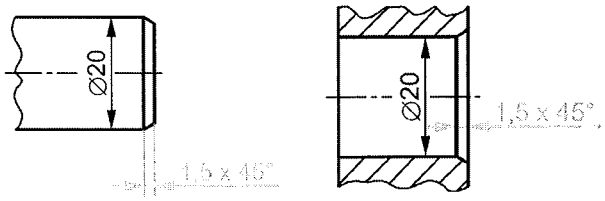
- bei Drehteilen sind Kegel- und Linsenkuppen in das Maß der Zapfenlänge mit einzubeziehen
- Maße von Fasen mit einem von 45° abweichenden Winkel mit Maßlinien und Maßhilfslinien eintragen



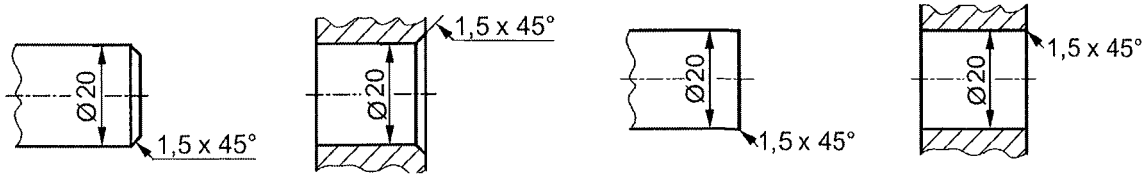
7.2 Bemaßung von Formelementen

Fasen und Senkungen

- Bei 45° Fasen oder Senkungen: Vereinfachung durch Angabe der Fasenbreite **x 45°**

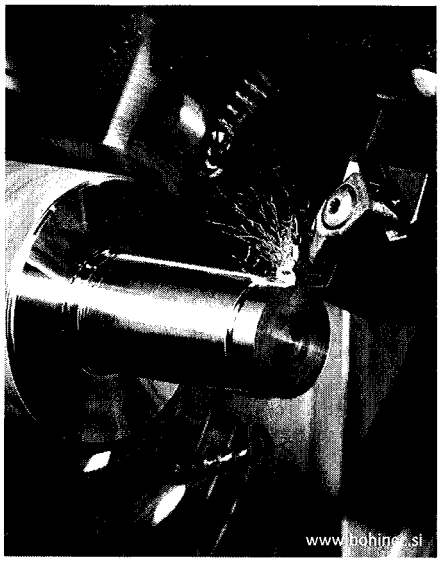


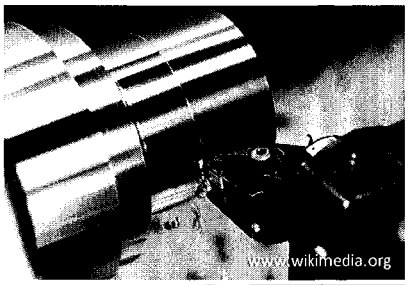
- Maße der Fasen dürfen bei dargestellten und nicht dargestellten Fasen mittels einer Hinweislinie eingetragen werden

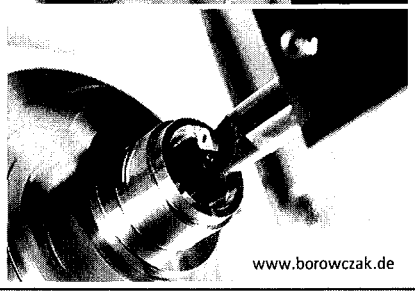


7.2 Bemaßung von Formelementen

Beispiel Fasen



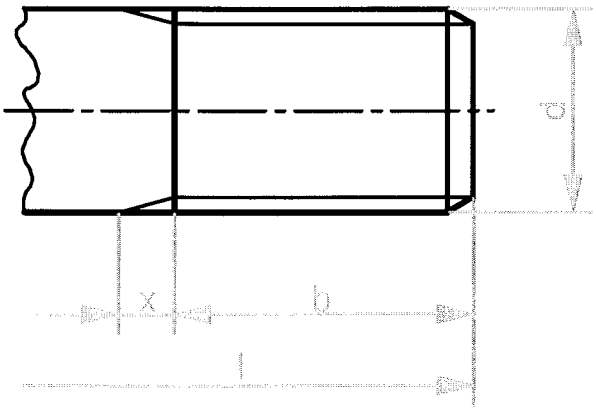




7.2 Bemaßung von Formelementen

Gewindebemaßung

- Der eingetragene **Nenndurchmesser d** bezieht sich immer auf die **Gewindespitze des Außengewindes** oder auf den **Gewindegrund des Innengewindes.**

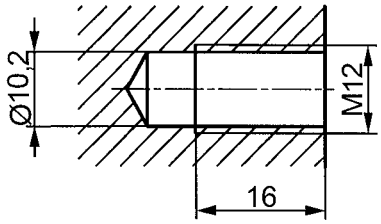


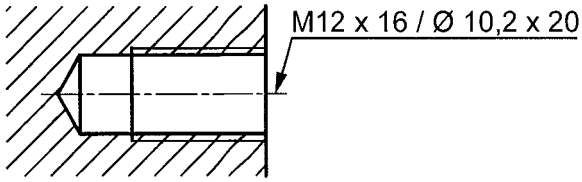
x: Gewindeauslauf
b: Gewindelänge
l: Schraubenschaftlänge
d: Schrauben-Nenndurchmesser

7.2 Bemaßung von Formelementen

Gewindebemaßung

- Das **Maß der Gewindelänge b** beschreibt i.d.R. die Länge der vollen Gewindetiefe.
  - Ausnahme wenn der Gewindeauslauf funktionell notwendig ist und deshalb besonders gezeichnet wird
- Die **Tiefe des Grundlochs** darf i.d.R. weggelassen werden.
  - Die Notwendigkeit der Angabe der Tiefe hängt meist vom Teil selbst oder vom eingesetzten Werkzeug ab.

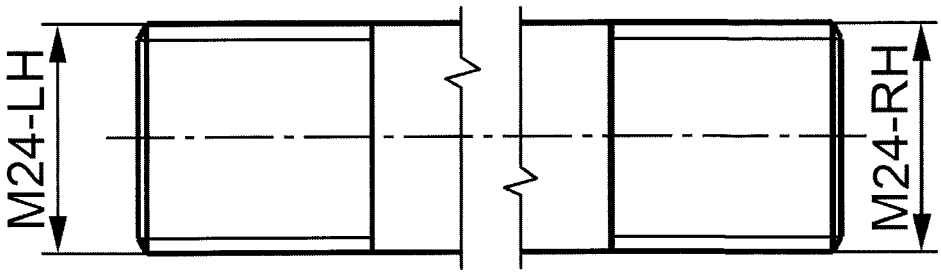




7.2 Bemaßung von Formelementen

Gewindebemaßung

- **Rechtsgewinde** müssen **nicht gekennzeichnet** werden.
- Bei **Linksgewinden** ist die **Abkürzung LH** der Gewindebezeichnung hinzuzufügen.
- Rechts- und Linksgewinde **am selben Teil** müssen auf jeden Fall **gekennzeichnet** werden



7.2 Bemaßung von Formelementen

Gewindebezeichnung

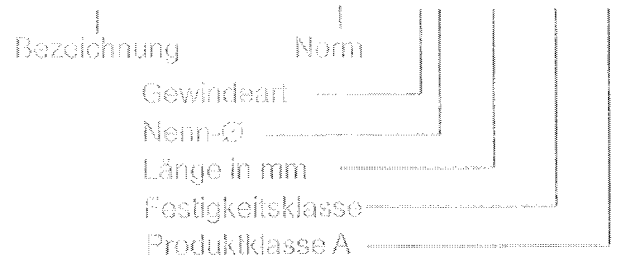
- Abkürzung der **Gewindeart** durch genormte **Kennbuchstaben**
- **Nenndurchmesser** oder Größe
- Falls notwendig wird diese Bezeichnung ergänzt durch:
  - Gewindesteigung (L), bei eingängigen Gewinden auch mit (P) bezeichnet in mm
  - Richtung der Gewindesteigung
- evtl. zusätzliche Angaben:
  - Toleranzklasse nach gültiger internationaler Norm
  - tragende Gewindelänge: S = kurz, L = lang, N = normal
  - Anzahl der Gänge

7.2 Bemaßung von Formelementen

Gewindebezeichnung

Beispiel:

Sechskantschraube ISO 4014 - M8 x 50 - 8.8 - A

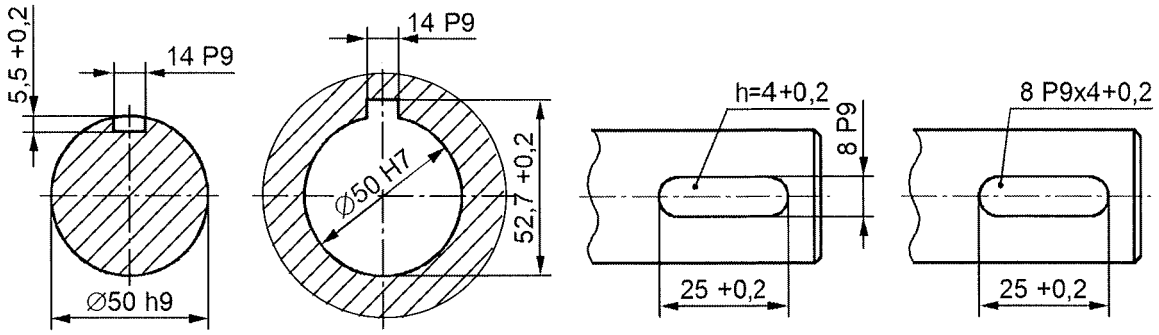


- Festigkeitsklasse: Zugfestigkeit R_m
  - $R_m = 8 \times 100\ N/mm^2 = 800\ N/mm^2$
- Produktklasse A: Streckgrenze R_e
  - $R_e = R_m \times 0{,}8$
    $R_e = 640\ N/mm^2$

7.2 Bemaßung von Formelementen

Nuten

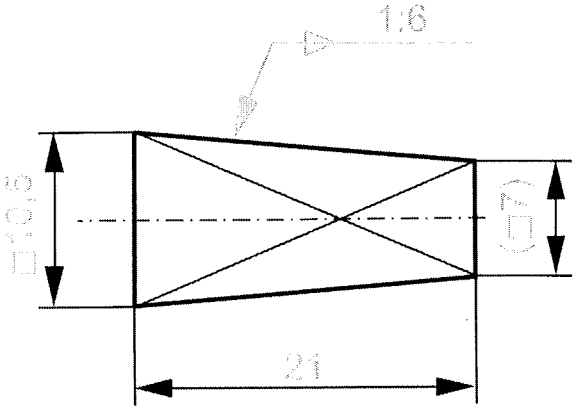
- Bemaßung von Nuten für Passfedern und Keile nach DIN 6881
- Bei Nuten und Langlöchern in der Ansicht von oben genügt die Angabe von Breite und Länge.



7.2 Bemaßung von Formelementen

Verjüngung

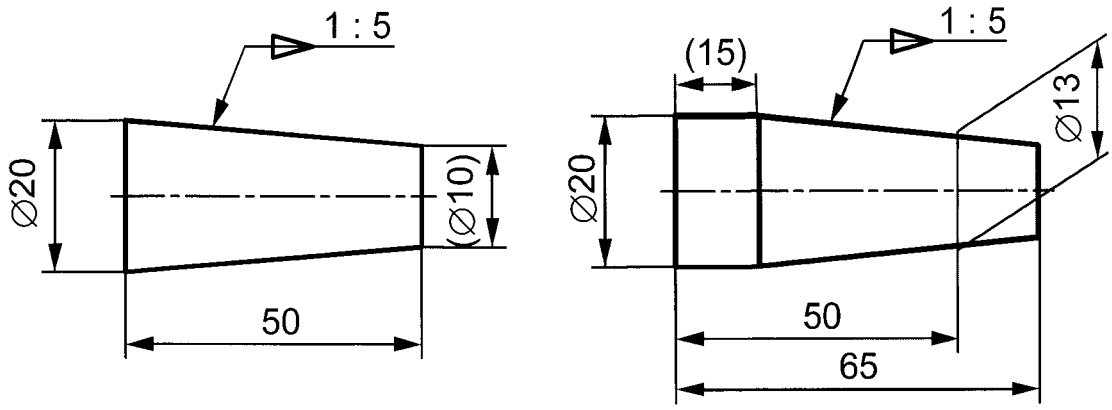
- **gleichmäßige Querschnittsänderung** bei **quadratischem Querschnitt** (kegelige und pyramidenförmige Formelemente)



7.2 Bemaßung von Formelementen

Kegelverjüngung

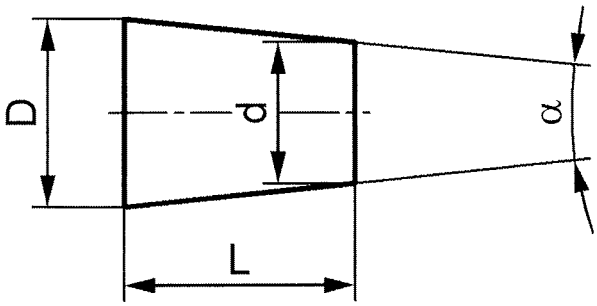
- **gleichmäßige Querschnittsänderung** bei **Kreisquerschnitten**
- verschiedene Maßkombinationen, um Größe, Form und Lage von Kegeln festzulegen



7.2 Bemaßung von Formelementen

Kegelverjüngung

- Angabe einer dimensionslose Größe C wird i.d.R. als **Verhältnis C = 1 : x**

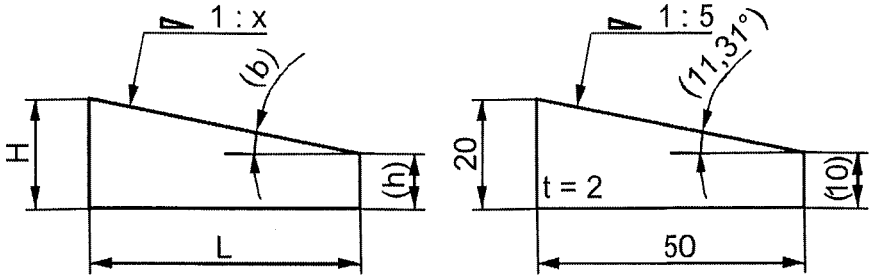


$$C = \frac{D-d}{L} = 2 \cdot \tan\frac{\alpha}{2} = 1 : \frac{1}{2} \cdot \cot\frac{\alpha}{2}$$

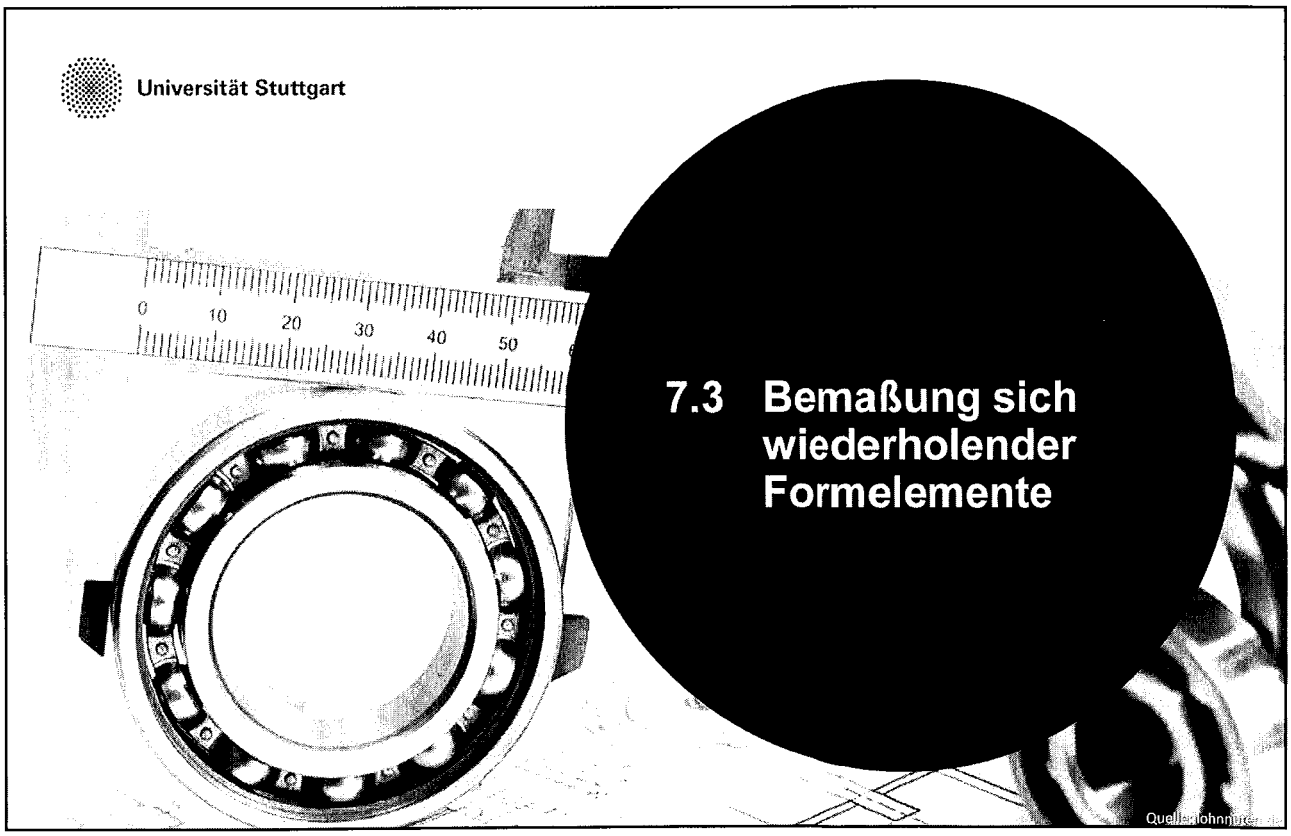
7.2 Bemaßung von Formelementen

Neigung

- **einseitige Querschnittsänderung**
- Kennzeichnung durch vorangestelltes Symbol mit Richtungsangabe der Neigung



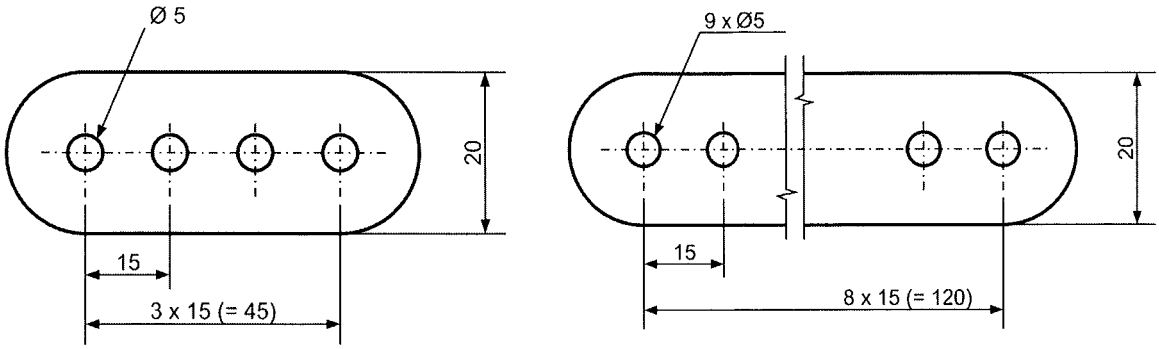
$$\text{Neigung} = \frac{H - h}{L} = \tan b$$



7.3 Bemaßung sich wiederholender Formelemente

Teilungen

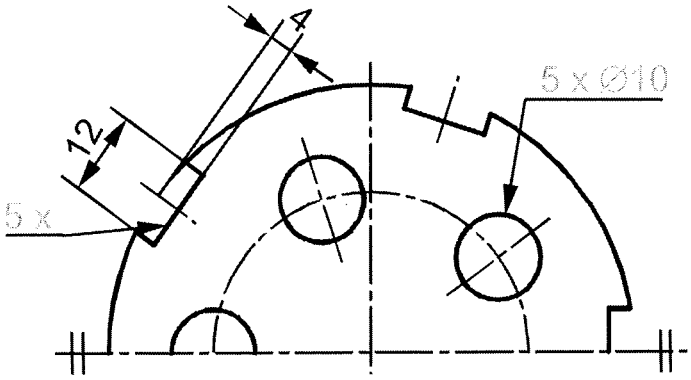
- **Wiederholte lineare Abstände und Winkelabstände** dürfen mit der Anzahl der Abstände und ihrem **Maßwert oder Winkel** angegeben werden.
- **Trennzeichen: x**



7.3 Bemaßung sich wiederholender Formelemente

Kreisteilungen

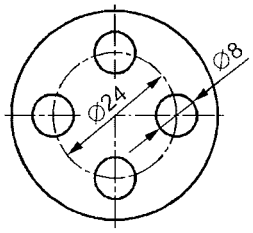
- Elemente mit demselben Maßwert, gleichmäßig verteilt: Hinweislinie mit **Anzahl der Elemente x Maßwert**

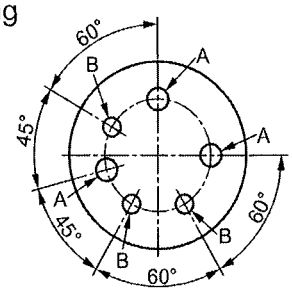


7.3 Bemaßung sich wiederholender Formelemente

Kreisteilungen

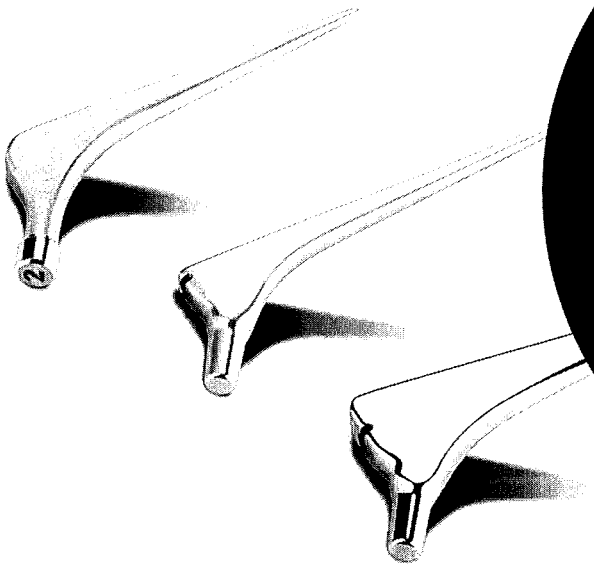
- **Winkel der Abstände** dürfen **weggelassen** werden, wenn sie **selbsterklärend** sind und die **Angabe zu keiner Verwechslung** führt (gleichmäßige Verteilung)
- Geht eindeutig hervorgeht, dass **wiederholte Elemente dieselben Maße** besitzen, ist es zulässig, das **Maß nur einmal anzugeben**.
- Bezugsbuchstaben bei unterschiedlichen, sich wiederholenden Formelementen; Angabe in der Nähe der Darstellung





A = Ø6
B = Ø4,5

Universität Stuttgart

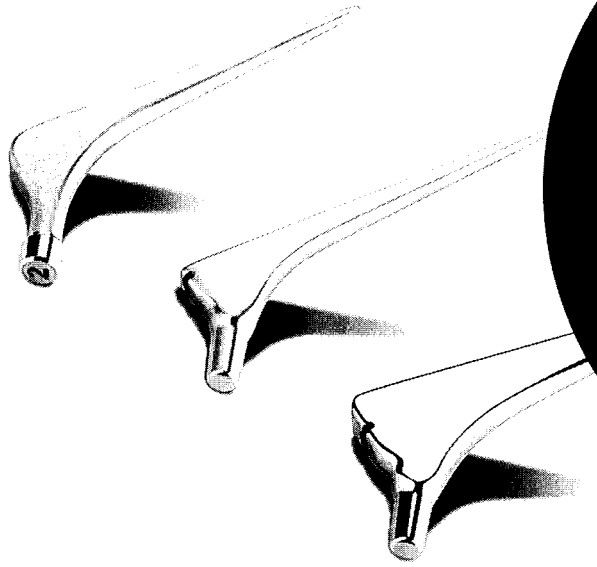


8 Oberflächen

8.1 Angabe von Werkstückkanten
8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Quelle:walther-trowal.com

Universität Stuttgart



8.1 Angabe von Werkstückkanten

Quelle:walther-trowal.com

8.1 Angaben von Werkstückkanten

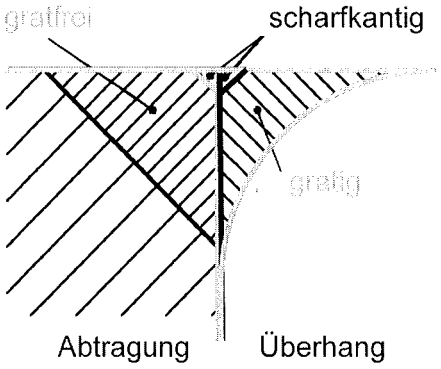
Werkstückkanten

- Verschiedene Normen für verschiedene Kanten:
  - Kanten mit **bestimmter geometrischen Form:** DIN 406-11
  - Kanten mit **unbestimmter Form:** DIN ISO 13715
  - **Rundungen** an speziellen Elementen wie Wellenenden, Rillen, Schraubenkuppen usw.: DIN 250
- Sind **alle Kanten** einer Zeichnung **gleich** → Eintragung der Angaben in der **Nähe des Schriftfeldes** ausreichend (Sammelangabe)
- Überwiegend gleichet Kantenzustand → Angabe eines **abweichenden Kantenzustands in Klammern** hinter das allgemein gültige Symbol

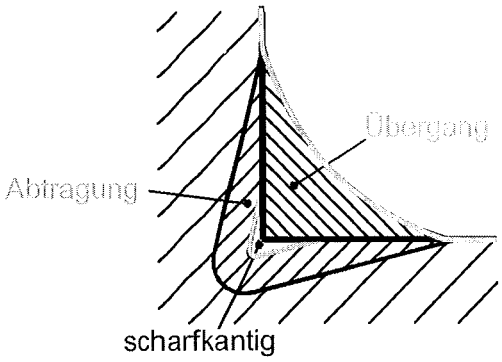
8.1 Angaben von Werkstückkanten

Werkstückkanten

Werkstück-Außenkante



Werkstück-Innenkante

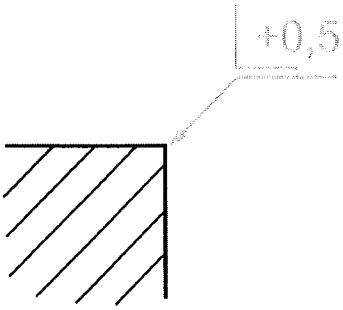


8.1 Angaben von Werkstückkanten

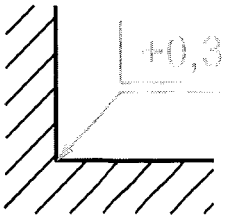
Kantenzustände nach DIN ISO 13715

- Kennzeichnung:

Werkstück-Außenkante



Werkstück-Innenkante



8.1 Angaben von Werkstückkanten

Kantenzustände nach DIN ISO 13715 Außenkanten

Beispiel	Bedeutung	Erklärung
L±0,1		Außenkante gratig bis 0,1 Gratrichtung beliebig
L±		Außenkante gratig Grathöhe und Gratrichtung beliebig
+0,1 L		Außenkante gratig bis 0,1 Gratrichtung vorgegeben
L-0,1		Außenkante gratfrei, Abtragung bis 0,1 Form der Abtragung beliebig
-0,5 L-0,1		Außenkante gratfrei im Bereich von 0,1 - 0,5 Form der Abtragung beliebig
L-		Außenkante gratfrei Form der Abtragung beliebig

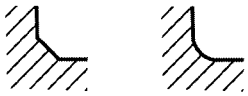
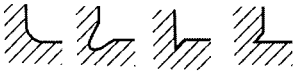
8.1 Angaben von Werkstückkanten

Kantenzustände nach DIN ISO 13715 Außenkanten

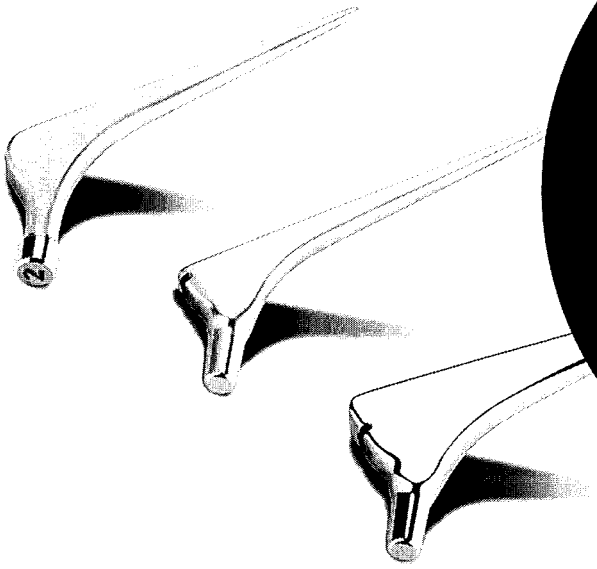
Beispiel	Bedeutung	Erklärung
L±0.05		Außenkante wahlfrei gratig bis 0,05 oder gratfrei bis 0,05 (scharfkantig) Gratrichtung beliebig
+0,3 L-0,1		Außenkante wahlfrei gratig bis 0,3 oder gratfrei bis 0,1 (scharfkantig) Gratrichtung beliebig

8.1 Angaben von Werkstückkanten

Kantenzustände nach DIN ISO 13715 Innenkanten

Beispiel	Bedeutung	Erklärung
		Innenkante mit Abtragung bis 0,5 Abtragungsrichtung beliebig
		Innenkante mit Abtragung von 0,1 bis 0,3 Abtragungsrichtung beliebig
		Innenkante mit Übergang bis 0,5 Form des Übergangs beliebig
		Innenkante mit Übergang von 0,1 bis 0,5 Form des Übergangs beliebig
		Innenkante wahlweise mit Abtragung bis 0,05 oder Übergang bis 0,05 (scharfkantig) Form Abtragung / Übergangs beliebig
		Innenkante wahlweise mit Übergang bis 0,1 oder Abtragung bis 0,3 Abtragungsrichtung beliebig

Universität Stuttgart

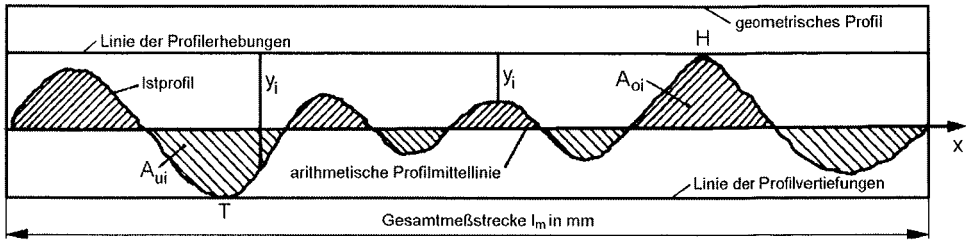


8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Quelle:walther-trowal.com

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

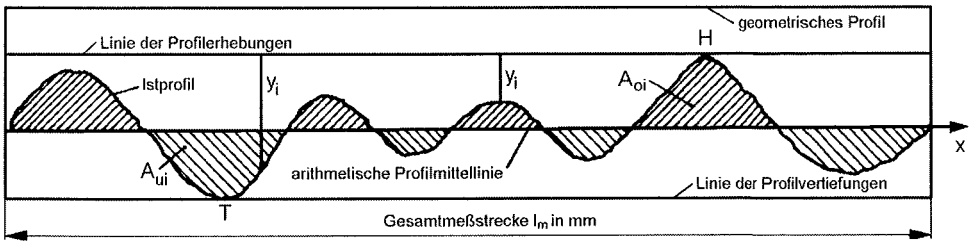
Oberflächenschnitt



- **Geometrisches Profil:** Profil des geometrisch vollkommen gedachten Körpers
- **Istprofil:** Profil der messtechnisch erfassten Oberfläche
- **Linie der Profilerhebung:**
  - Parallele zum geometrischen Profil
  - berührt das Istprofil im höchsten Punkt

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Oberflächenschnitt



- **Arithmetische Profilmittellinie:**
  - Parallele zum geometrischen Profil
  - Summe der darüberliegenden werkstofferfüllten Flächen ist gleich der Summe der darunterliegenden werkstofffreien Flächen: $\sum A_{oi} = \sum A_{ui}$
- **Linie der Profilvertiefungen:**
  - Parallele zum geometrischen Profil
  - berührt das Istprofil im tiefsten Punkt T

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Eigenschaften technischer Oberflächen

- **Eigenschaften technischer Oberflächen** und deren Tauglichkeit für den vorgesehenen Einsatz nach VDI / VDE-Richtlinie 2601 bestimmt durch:
  - **chemische** Eigenschaften (Zusammensetzung, Reaktionsvermögen)
  - **physikalische** Eigenschaften (Gefüge, Härte, Spannungen)
  - **geometrische** Eigenschaften (Rauheit, Welligkeit, Maßtoleranzen, Form- und Lagetoleranzen, Risse, Kristallform)

- Unterscheidung der Gestaltabweichung in:
  - Feingestaltabweichung: Rauheit, Welligkeit
  - **Grobgestaltabweichung:** Maßabweichungen, Form- und Lageabweichung

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Oberflächenmessgrößen

- Beispiele für die Gestaltabweichung nach DIN 4760:

Gestaltabweichung (als Profilschnitt überhöht dargestellt)	Beispiele für die Art der Abweichung	Beispiele für die Entstehungsursache
1. Ordnung: Formabweichungen	Geradheits-, Ebenheits-, Rundheits-Abweichung, u.a.	Fehler in den Führungen der Werkzeugmaschine, Durchbiegung der Maschine oder des Werkstückes, falsche Einspannung des Werkstückes, Härteverzug, Verschleiß
2. Ordnung: Welligkeit	Wellen (siehe DIN 4761)	außermittige Einspannung, Form- oder Laufabweichungen eines Fräsers, Schwingungen der Werkzeugmaschine oder des Werkzeuges.
3. Ordnung: Rauheit	Rillen (siehe DIN 4761)	Form der Werkzeugschneide, Vorschub oder Zustellung des Werkzeuges
4. Ordnung: Rauheit	Riefen Schuppen Kuppen (siehe DIN 4761)	Vorgang der Spanbildung (Reißspan, Scherspan, Aufbauschneide), Werkstoffverformung beim Strahlen, Knospenbildung bei galvanischer Behandlung
5. Ordnung: Rauheit Anmerkung: nicht mehr in einfacher Weise bildlich darstellbar	Gefügestruktur	Kristallisationsvorgänge, Veränderung der Oberfläche durch chemische Einwirkung (z. B. Beizen), Korrosionsvorgänge
6. Ordnung: Anmerkung: nicht mehr in einfacher Weise bildlich darstellbar	Gitteraufbau des Werkstoffes	

Istoberfläche ist häufig Überlagerung der Gestaltabweichungen 1. bis 4. Ordnung:

Quelle: DIN 4760

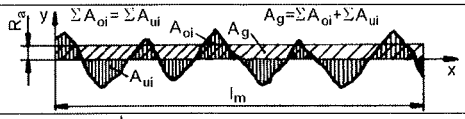
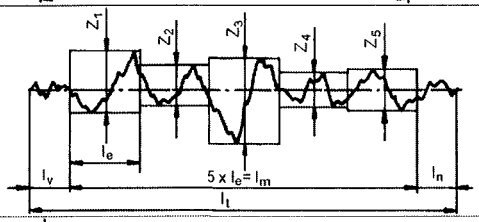
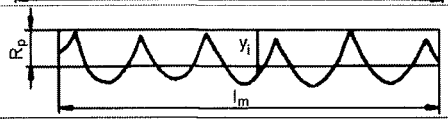
8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Grundbegriffe

- Wahl der Oberfläche eines Werkstücks hinsichtlich seiner Funktion und Fertigung
- Rauheit und Welligkeit zählen zu der Feingestalt der Oberfläche
- **Rauheit:**
  - **regelmäßig oder unregelmäßig** auftretende **kurzwellige** Gestaltabweichungen (Rillen, Riefen)
  - entsteht **bei spanenden Bearbeitungsverfahren** durch Einwirkung der Werkzeugschneide
  - bei **spanlosen Herstellungsprozessen** meist bedingt durch die Kristallstruktur des Werkstoffs oder durch chemische und physikalische Einwirkungen
- **Welligkeit:**
  - **langwellige, meist periodisch** auftretende Gestaltabweichungen
  - entstehen **durch Schwingungen** der am Fertigungsvorgang beteiligten Elemente (Werkstück, Werkzeug, Werkzeugmaschine)

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Rauheitskenngrößen nach DIN 4287

Zeichen	Benennung	Definition	
R_a	Mittenrauhwert	$R_a = \frac{1}{l_m} \cdot \int_{x=0}^{x=l_m} \lvert y \rvert \cdot dx$	
Z_i	Einzelrauhtiefe	$Z_i = Z_1$ bis Z_5	
R_z	Gemittelte Rauhtiefe	$R_z = \frac{1}{5} \cdot (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5)$	
R_{max}	Maximale Rauhtiefe	$R_{max} = Z_{imax}$	
R_p	Glättungstiefe	$R_p = \frac{1}{l_m} \cdot \int_{x=0}^{x=l_m} y_i dx$	

Zwischen den Oberflächenkennwerten Ra und Rz existiert keine mathematische Beziehung. Der Ra-Wert schwankt zwischen 1/3 bis 1/7 des Rz-Wertes.

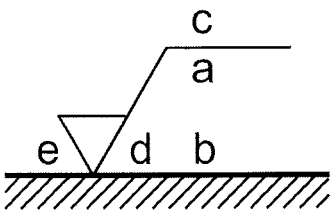
8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Oberflächensymbole nach DIN EN ISO 1302

Grafische Symbole	Bezeichnung	Beschreibung
√	Grundsymbol	nicht allein verwendet, sondern mit zusätzlicher, ergänzender Information versehen
√	erweitertes grafisches Symbol: Materialabtrag gefordert	Materialabtrag gefordert, um die geforderte Oberfläche zu erreichen; sollte nicht ohne zusätzliche Information angewendet werden
√	erweitertes grafisches Symbol: Materialabtrag unzulässig	Materialabtrag ist unzulässig, um die festgelegte Oberfläche zu erreichen
√ √ √ a) b) c)	vollständiges grafisches Symbol	zur Angabe zusätzlicher Anforderungen ist eine horizontale Linie an das Symbol anzufügen a) jedes Fertigungsverfahren zulässig b) Materialabtrag gefordert c) Materialabtrag unzulässig
√	alle Oberflächen rundum die Kontur eines Werkstücks	gleiche Oberfläche für alle Flächen rundum die Kontur eines Werkstücks gefordert

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Vollständiges grafisches Symbol nach DIN EN ISO 1302



Pos.	Angabe zusätzlicher Anforderungen
a	**Anforderung an die Oberflächenbeschaffenheit** Oberflächen-Kenngröße, Zahlenwert und Übertragungscharakteristik / Einzelmessstrecke
a, b	**zwei oder mehr Anf. an Oberflächenbeschaffenheit** zweite Anforderung ist in Position b anzuordnen, bei weiteren Anforderungen Symbol in vertikaler Richtung vergrößern
c	**Fertigungsverfahren** Fertigungsverfahrens, Behandlung, Beschichtung oder andere Anforderungen an den Fertigungsprozess usw. zur Herstellung der Oberfläche, z. B. gedreht, geschliffen, gewalzt
d	**Oberflächenrillen und -ausrichtung** Oberflächenrillen und -ausrichtung z. B. parallel II
e	**Bearbeitungszugabe** erforderlichen Bearbeitungszugabe in mm

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

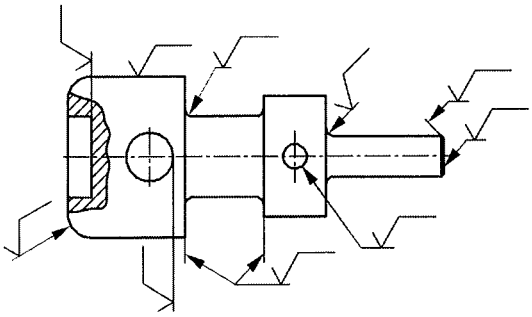
Zeichnungseintragungen nach DIN EN ISO 1302

	Zeichnungsangabe	Erklärung
1	Ra 3,1	Materialabtragende Bearbeitung, obere Grenzen(einseitig), größte Welligkeitstiefe 10 µm, 0,8-25 mm Übertragungscharakteristik: Welligkeitsprofil
2	U Ramax 3,2 L Ra 0,6	Materialabtragende Bearbeitung, obere und untere Grenze (beidseitig), für beide Grenzen Regelübertragungscharakteristik: 3,2 µm gemittelte Rautiefe (obere Grenze), 0,6 µm (untere Grenze), Rauheitsprofil
3	roh	unbearbeitete Oberfläche im Rohzustand oder geputzt
4	Rz 10	keine Materialabtragende Bearbeitung, obere Grenze (einseitig), Regelübertragungs-charakteristik, größte gemittelte Rautiefe 10 µm, Rauheitsprofil
5	0,008- / Wtmax 25	beliebige Bearbeitung, obere Grenze (einseitig), Regelübertragungscharakteristik: λ_s= 0,008 mm, Welligkeitsprofil, Profilgesamthöhe 25 µm, Messstrecke = Werkstücklänge
6	W 1	Materialabtragende Bearbeitung, obere Grenze (einseitig), Übertragungscharakteristik: A = 0,5 mm, B = 2,5 mm, Welligkeitsmotiv-Kenngröße, Welligkeitsmotiv mittlere Tiefe = 1 mm, Messstrecke 16 mm
7	Rzmax 0,5	Beliebige Bearbeitung, obere Grenze (einseitig), Regelübertragungscharakteristik, Rauheitsprofil, größte gemittelte Rautife 0,5 µm
8	-0,8 / Ra3 3,1	Beliebige Bearbeitung, obere Grenze (einseitig), Übertragungscharakteristik: Einzelmessstrecke 0,8 mm (λ_s = 0,0025 mm), Mittenrauwert 3,1 µm, Rauheitsprofil

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

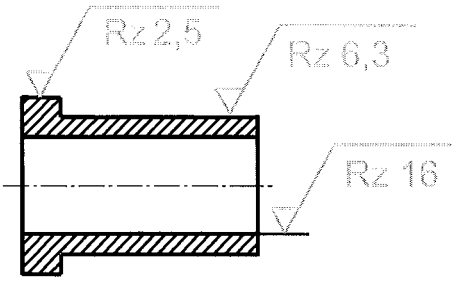
- von unten oder rechts lesbar
- an der Volllinie, die die Oberfläche kennzeichnet und die für die Bemaßung benutzt wird
- bei Platzmangel: auch an Maßlinien (z. B. Radius), Maßhilfslinien oder Hilfslinien oder / und Verbindung mit der entsprechenden Oberfläche durch eine Bezugslinie



8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

- bei **Rotationskörpern**: Oberflächenangaben nur an einer Mantellinie

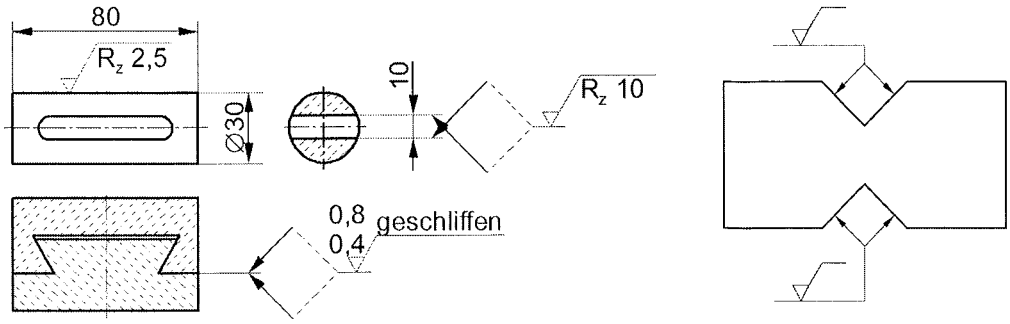


- Sind Teile **in mehreren Ansichten und / oder Schnitten** dargestellt, so erfolgt die Oberflächenangabe dort, wo auch die betreffende Fläche bemaßt ist.

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

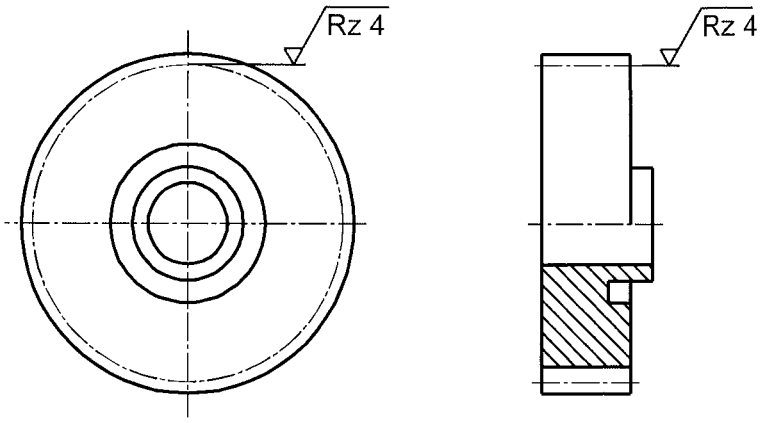
- **Gleichartige Oberflächen** und Fügeflächen zusammengesetzter Teile, die **mit gleicher Oberflächenbeschaffenheit** hergestellt sind, können durch ein Oberflächensymbol und eine sich gabelnde Bezugslinie mit zwei Pfeilen gekennzeichnet werden.



8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

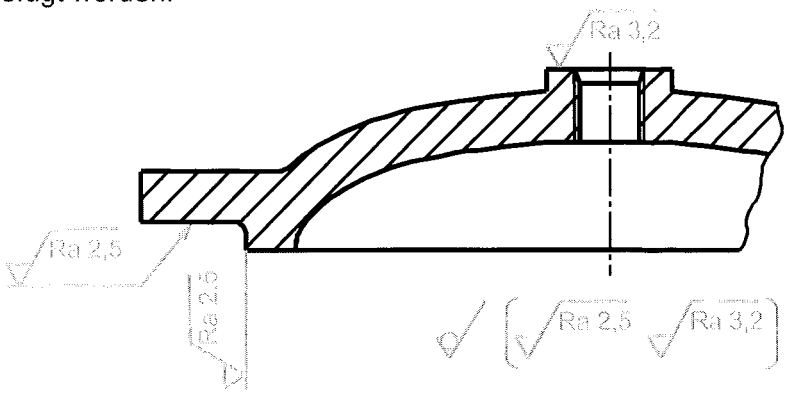
- Bei **Zahnrädern** erfolgen die Oberflächenangaben am **Teilkreis** (entweder in der Ansichts- oder in der Schnittdarstellung)



8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

- Für Teile mit **einheitlicher Oberflächenbeschaffenheit** genügt eine Oberflächenangabe **über dem Schriftfeld.**
- **Sonderanforderungen** für einzelne Oberflächenbereiche müssen dann in Klammern hinzugefügt werden.



8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

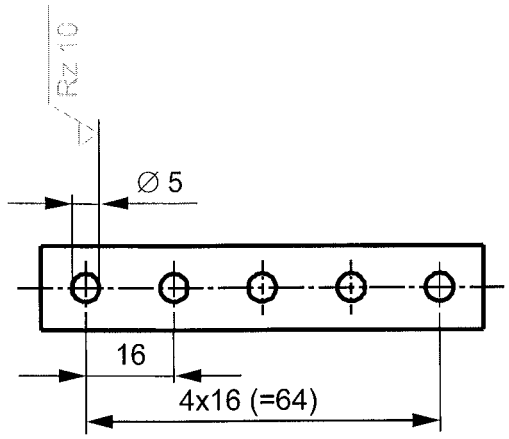
Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

- Ist die Oberflächenbeschaffenheit **aller Rundungen** gleich, so kann in der Nähe des **Schriftfeldes** ein entsprechender Hinweis aufgenommen werden.
- **Ausnahmen** werden in Klammern hinzugefügt.

8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

Regeln für Oberflächenangaben in Zeichnungen

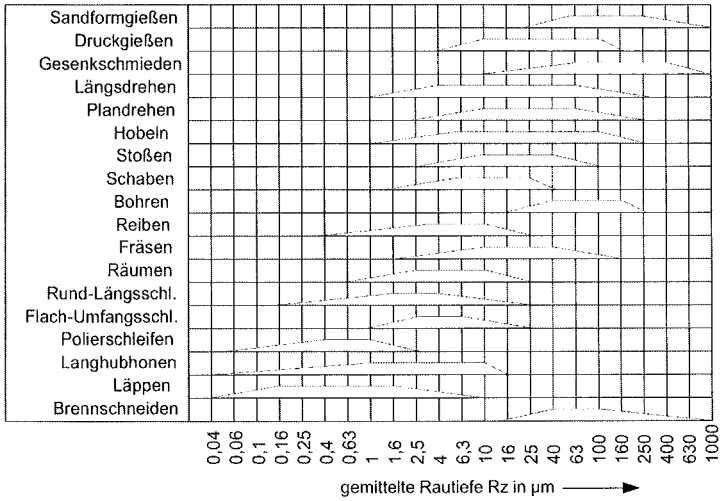
- Die Oberflächenbeschaffenheit **wiederkehrender Formen** ist nur einmal in Zusammenhang **mit der Maßeintragung** anzugeben.



8.2 Rauheit und Welligkeit von Oberflächen

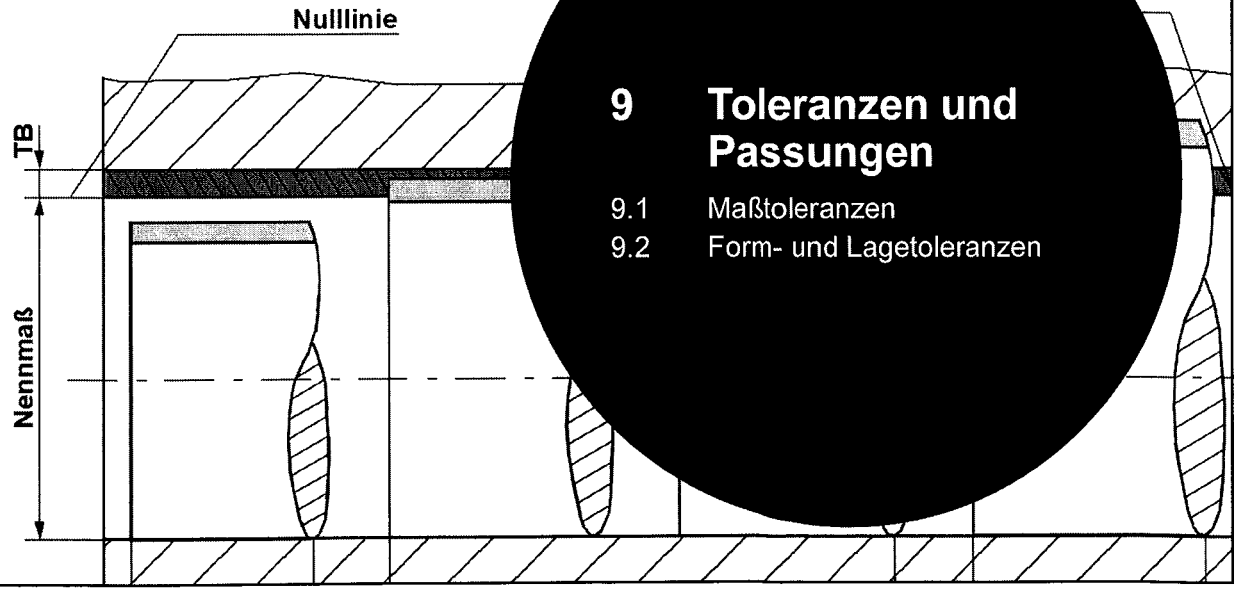
Herstellverfahren und Rauheit von Oberflächen

- Mittenrauheitswert R_z nach DIN 4766-1, zurückgezogen ohne Nachfolge



Quelle: Roloff-Matek

Universität Stuttgart



9 Toleranzen und Passungen

9.1 Maßtoleranzen

9.2 Form- und Lagetoleranzen

9 Toleranzen und Passungen

Eigenschaften technischer Oberflächen

- **Eigenschaften technischer Oberflächen** und deren Tauglichkeit für den vorgesehenen Einsatz nach VDI / VDE-Richtlinie 2601 bestimmt durch:
  - **chemische** Eigenschaften (Zusammensetzung, Reaktionsvermögen)
  - **physikalische** Eigenschaften (Gefüge, Härte, Spannungen)
  - **geometrische** Eigenschaften (Rauheit, Welligkeit, Maßtoleranzen, Form- und Lagetoleranzen, Risse, Kristallform)

- Unterscheidung der Gestaltabweichung in:
  - **Feingestaltabweichung:** Rauheit, Welligkeit
  - Grobgestaltabweichung: Maßabweichungen, Form- und Lageabweichung

9 Toleranzen und Passungen

Geometrische Eigenschaften

- Von der Konstruktion vorgegebenen Maße können bei der Herstellung eines Teils nicht ohne **Abweichungen** eingehalten werden.
- moderne, **wirtschaftliche Fertigung** → zusammengehörige Teile müssen bei Montage zusammenpassen
- **Austauschbarkeit**: Grundprinzip moderner Fertigung
- **Unabhängig voneinander gefertigte Teile** müssen ohne Nacharbeit und Auslese **gepaart** werden können und die vorgegebene **Funktion erfüllen** (Ersatzteile).

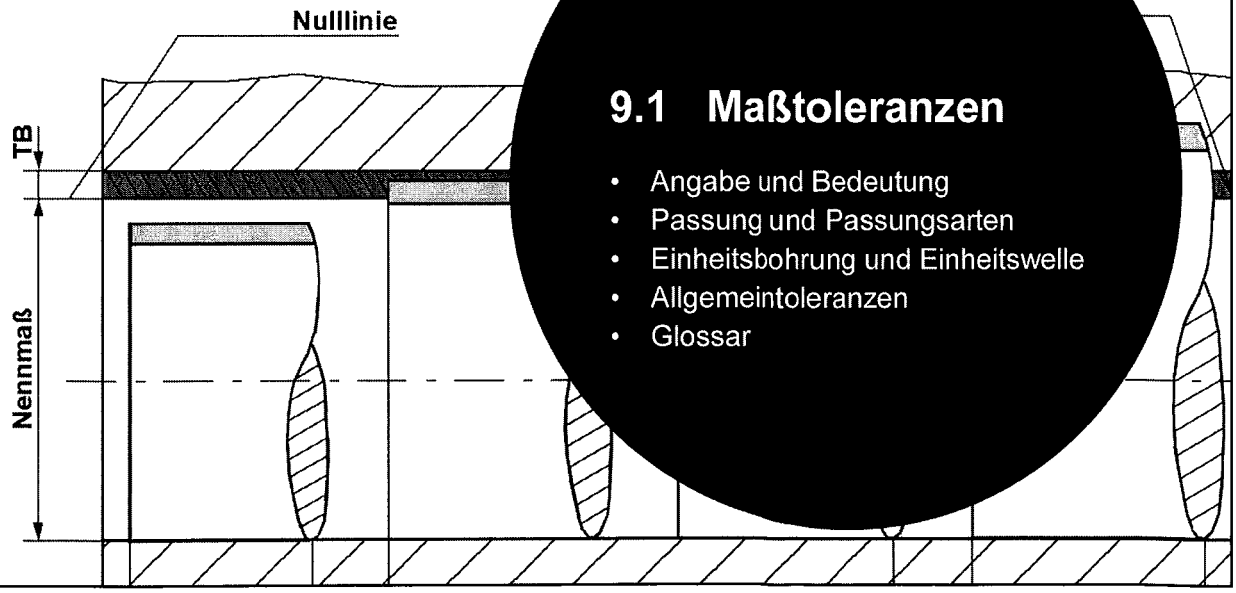
9 Toleranzen und Passungen

Beispiel für Allgemeintoleranzen im Schriftfeld

- Unterscheidung in **Allgemeintoleranzen** und festgelegte **Maß-, Form- und Lagetoleranzen**
- Allgemeintoleranzen gelten für das gesamte Werkstück
- Für spezielle Forderungen an bestimmten Stellen sind weitere Angaben vorzunehmen

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mH	Werkstückkanten ISO 13715	Werkstoff	Maßstab	Gewicht
Verantwortliche Abtl. **IMT - KMT**	techn. Referenz **IMT - MaS**	Genehmigt von **Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter P. Pott**	Erstellt durch **IMT - KMT**	
Institut für Medizingerätetechnik		Dokumentenart Beispielzeichnung	Dokumentenstatus Freigegeben	
		Titel, zusätzlicher Titel Bauteilbezeichnung	Sachnummer TZ_WS_1X/1X_001	
			Änd. A / Ausgabedatum 201X-XX-XX	Spr. de / Blatt 1/1

Universität Stuttgart



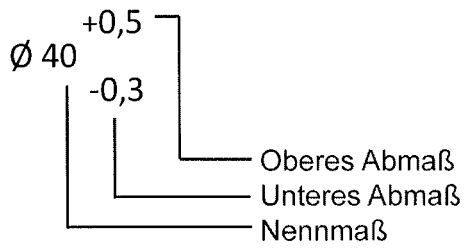
9.1 Maßtoleranzen

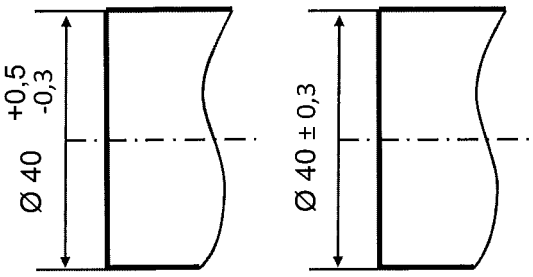
- Angabe und Bedeutung
- Passung und Passungsarten
- Einheitsbohrung und Einheitswelle
- Allgemeintoleranzen
- Glossar

9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben in Zeichnungen mit Abmaßen

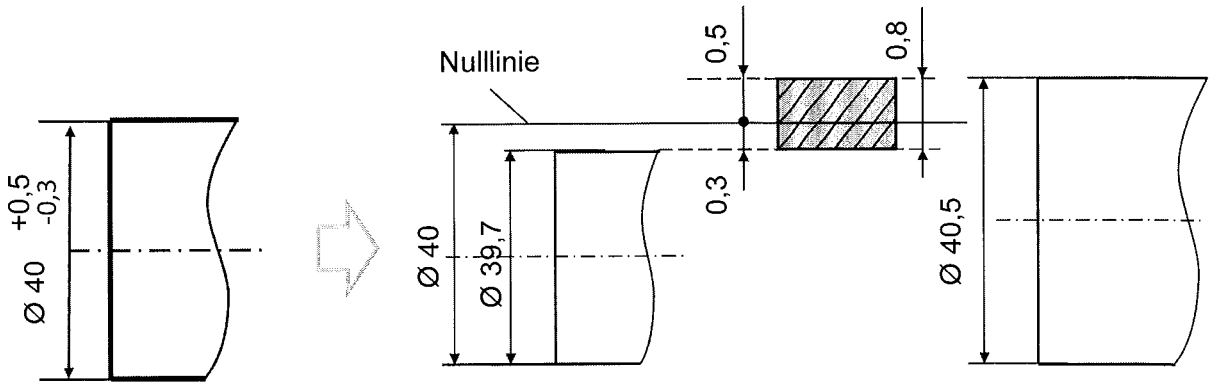
- Eintragung nach DIN 406-12
- **Abmaß** oder **Toleranzklasse** hinter der Maßzahl des Nennmaßes eintragen
- Bei Abmaßen stehen das **obere und das untere Grenzabmaß** über der Maßlinie hinter dem Nennmaß.





9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben in Zeichnungen mit Abmaßen



Ø 40	≙ Nennmaß	Ø 39,7	≙ Mindestmaß
0,5	≙ Oberes Abmaß	Ø 40,5	≙ Höchstmaß
0,3	≙ Unteres Abmaß	- 0,3	≙ Grundabmaß
		0,8	≙ Toleranzfeldbreite

9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System

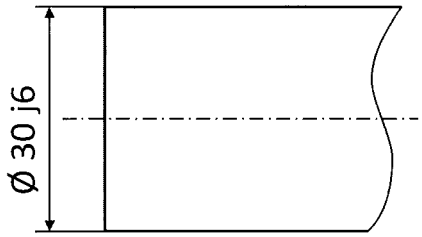
- ISO-System: wird international angewendet, vor allem für Passungen
- Toleranz nach DIN ISO 286: Differenz zwischen dem zugelassenen Größt- und Kleinstwert einer messbaren Eigenschaft
- Nennmaß: Durchmesser des Bauteils (z.B. Welle, Bohrung)

Ø 30 j6

Toleranzfeldbreite

Grundabmaß

Nennmaß



9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System

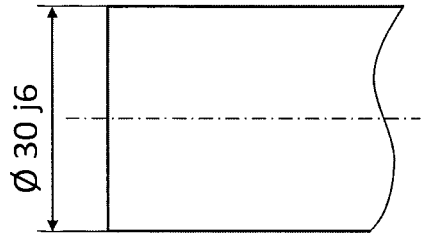
- Die **Toleranzfeldbreite** wird durch den **Toleranzgrad** festgelegt.
- im *Beispiel*: IT 6 → Toleranzfeldbreite = 13 µm
  (IT : ISO Toleranzsystem)

Ø 30 j6

Toleranzfeldbreite

Grundabmaß

Nennmaß



9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System

- Grundtoleranzen nach DIN EN ISO 286-1

Qualität	Grund toleranzen-Reihe	1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 18	über 18 bis 30	über 30 bis 50	über 50 bis 80	über 80 bis 120	über 120 bis 180	über 180 bis 250	über 250 bis 315	über 315 bis 400	über 400 bis 500
0,1	IT 0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
0	IT 0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,3	1,5	2	3	4	5	6
1	IT 1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
2	IT 2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
3	IT 3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
4	IT 4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
5	IT 5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
6	IT 6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
7	IT 7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
8	IT 8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
9	IT 9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
10	IT 10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
11	IT 11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
12	IT 12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
13	IT 13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
14	IT 14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
15	IT 15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500

9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System

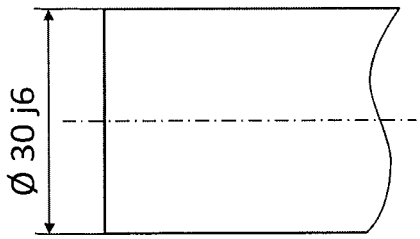
- Das **Grundabmaß** beschreibt die Lage des Toleranzfelds zur Nulllinie
- wird durch Buchstaben gekennzeichnet
  - Innenmaße (Bohrungen) → **Großbuchstaben**
  - Außenmaße (Wellen) → **Kleinbuchstaben**
- im Beispiel: j → Grundabmaß = - 4 µm

Ø 30 j6

Toleranzfeldbreite

Grundabmaß

Nennmaß



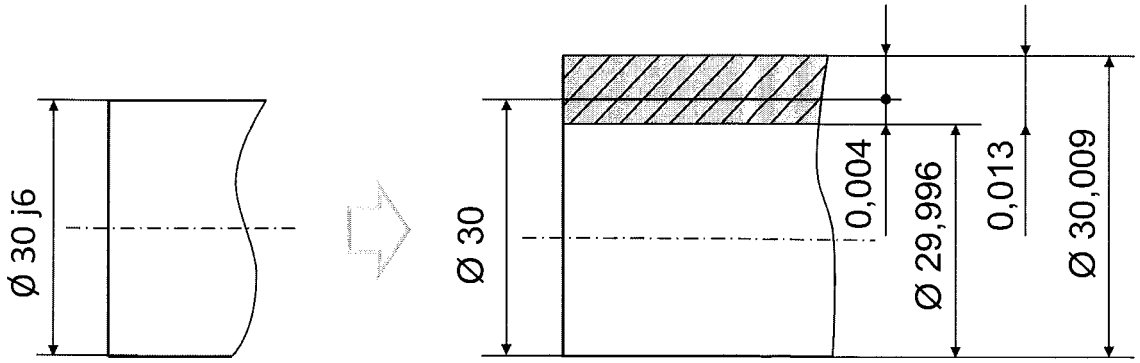
9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System

	Toleranzlage	Toleranzgrad	über	1	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450
			bis	3	6	10	14	18	24	30	40	50	65	80	100	120	140	160	180	200	225	250	280	315	355	400	450	500
			Vz-Zeichen	ISO-Grundabmaße AG (Kleinabstände) in µm (nach DIN ISO 286 T1)																								
Oberes Abmaß	a		-	270	270	280	290		300		310	320	340	360	380	410	460	520	580	660	740	820	920	1050	1200	1350	1500	1650
	b		-	140	140	150	150		160		170	180	190	200	220	240	260	280	310	340	380	420	480	540	600	680	760	840
	c	alle Toleranzgrade	-	60	70	80	95		110		120	130	140	150	170	180	200	210	230	240	260	280	300	330	360	400	440	480
	d		-	20	30	40	50		65		80		100		120		145			170			190		210		230	
	e		-	14	20	25	32		40		50		60		72		85			100			110		125		135	
	f		-	6	10	13	16		20		25		30		36		43			50			56		62		68	
	g		-	2	4	5	6		7		9		10		12		14			15			17		18		20	
	h			0	0	0	0		0		0		0		0		0			0			0		0		0	
	j*	6	-	2	2	2	3		4		5		7		9		11			13			16		18		20	
Unteres Abmaß	j*	7	-	4	4	5	6		8		10		12		15		18			21			26		28		32	
	js	alle Grade		Die Grenzabmaße betragen ± ½ IT in dem jeweiligen Toleranzgrad																								
	k	4 bis 7	+	0	1	1	1		2		2		2		3		3			4			4		4		5	
	k	ab 8		0	0	0	0		0		0		0		0		0			0			0		0		0	
	m		+	2	4	6	7		8		9		11		13		15			17			20		21		23	
	n		+	4	8	10	12		15		17		20		23		27			31			34		37		40	
	p		+	6	12	15	18		22		26		32		37		43			50			56		62		68	
	r		+	10	15	19	23		28		34		41	43	51	54	63	65	68	77	80	84	94	98	108	114	126	132
	s	Toleranzgrade	+	14	19	23	28		35		43		53	59	71	79	92	100	108	122	130	140	158	170	190	208	232	252
	t		+	-	-	-	-		-	41	48	54	66	75	91	104	122	134	146	166	180	196	218	240	268	294	330	360
	u		+	18	12	28	33		41	48	60	70	87	102	124	144	170	190	210	236	258	284	315	350	390	435	490	540
	v		+	-	-	-	-	39	47	55	68	81	102	120	146	172	202	228	252	284	310	340	385	425	475	530	595	660

9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System



Ø 30	≙ Nennmaß	Ø 29,996	≙ Mindestmaß
- 0,004	≙ Grundabmaß	Ø 30,009	≙ Höchstmaß
0,013	≙ Toleranzfeldbreite	0,0009	≙ Oberes Abmaß
		0,004	≙ Unteres Abmaß

9.1 Maßtoleranzen: Angabe und Bedeutung

Toleranzangaben im ISO-System

Toleranzlage	Toleranzgrad	Vor-Zeichen	Nennmaßbereich in mm über 1 bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 10	über 10 bis 14	über 14 bis 18	über 18 bis 24	über 24 bis 30	über 30 bis 40	über 40 bis 50	über 50 bis 65	über 65 bis 80	über 80 bis 100	über 100 bis 120	über 120 bis 140	über 140 bis 160	über 160 bis 180	über 180 bis 200	über 200 bis 225	über 225 bis 250	über 250 bis 280	über 280 bis 315	über 315 bis 355	über 355 bis 400	über 400 bis 450	über 450 bis 500
			ISO-Grundabmaße AG (Kleinabstände) in µm (nach DIN ISO 286 T1)																								
Unteres Abmaß	A	+	270	270	280	290	300		310	320	340	360	380	410	460	520	580	660	740	820	920	1050	1200	1350	1500	1650	
	B	+	140	140	150	150	160		170	180	190	200	220	240	260	280	310	340	380	420	480	540	600	680	760	840	
	C	+	60	70	80	95	110		120	130	140	150	170	180	200	210	230	240	260	280	300	330	360	400	440	480	
	D	+	20	30	40	50	65		80		100		120			145			170			190		210		230	
	E	+	14	20	25	32	40		50		60		72			85			100			110		125		135	
	F	+	6	10	13	16	20		25		30		36			43			50			56		62		68	
	G	+	2	4	5	6	7		9		10		12			14			15			17		18		20	
	H	alle Toleranzgrade	0	0	0	0	0		0		0		0			0			0			0		0		0	
Oberes Abmaß	J*	6 +	2	5	5	6	8		10		13		16			18			22			25		29		33	
	J*	7 +	4	6	8	10	12		14		18		22			26			30			36		39		43	
	J*	8 +	6	10	12	15	20		24		28		34			41			47			55		60		66	
	JS	alle Grade	Die Grenzabmaße betragen ± ½ IT in dem jeweiligen Toleranzgrad																								
	K	5 +	0	0	1	2	1		2		3		2			3			2			3		3		2	
	K	6 +	0	2	2	2	2		3		4		4			4			5			5		7		8	
	K	7 +	0	3	5	6	6		7		9		10			12			13			16		17		18	
	K	8 +	0	5	6	8	10		12		14		16			20			22			25		28		29	
	M	6 -	2	1	3	4	4		4		5		6			8			8			9		10		10	
	M	7 -	2	0	0	0	0		0		0		0			0			0			0		0		0	
	M	8	-2	+2	+1	+2	+4		+5		+5		+6			+8			+9			+9		+11		+11	
	M	ab 9 -	2	4	6	7	8		9		11		13			15			17			20		21		23	
	N	6 -	4	5	7	9	11		12		14		16			20			22			25		26		27	
	N	7 -	4	4	4	5	7		8		9		10			12			14			14		16		17	
	N	8 -	4	2	3	3	3		3		4		4			4			5			5		5		6	
	N	ab 9 -	4	0	0	0	0		0		0		0			0			0			0		0		0	
	P	6 -	6	9	12	15	18		21		26		30			36			41			47		51		55	

9.1 Maßtoleranzen: Passungen und Passungsarten

Passungen

- Wenn zwei tolerierte Bauteile zusammengesetzt werden, spricht man von einer Passung.
- Beispiele für Passungsangaben:

60 H7 / j6

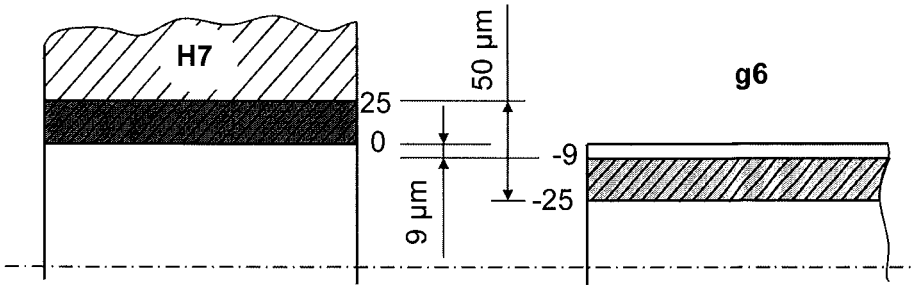
$60\,\frac{H7}{j6}$ → Bohrung, → Welle

- Passungsarten:
  - Spielpassung
  - Presspassung
  - Übergangspassung

9.1 Maßtoleranzen: Passungen und Passungsarten

Spielpassung

- **Beispiel: 35 H7/g6**



25 µm ≙ oberes Abmaß Nabe A_{ON}
0 µm ≙ unteres Abmaß Nabe A_{UN}
-9 µm ≙ oberes Abmaß Welle A_{OW}
-25 µm ≙ unteres Abmaß Welle A_{UW}

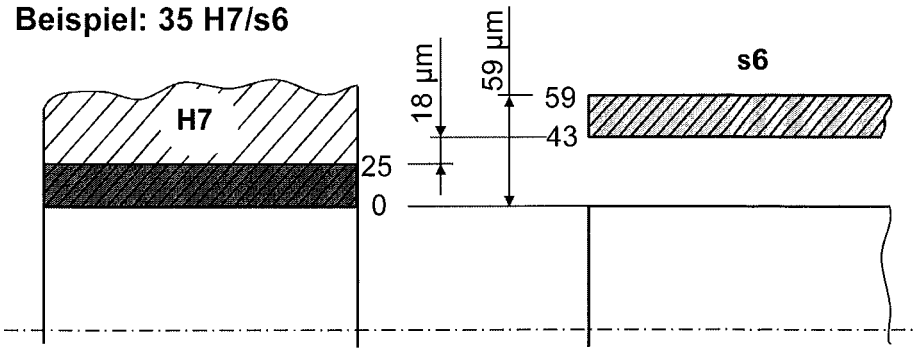
Max. Spiel: $S_{max} = A_{ON} - A_{UW} = 50$ µm
→ 25 µm - (-25 µm) = 50 µm

Min. Spiel: $S_{min} = A_{UN} - A_{OW} = 9$ µm
→ 0 µm - (-9 µm) = 9 µm

9.1 Maßtoleranzen: Passungen und Passungsarten

Presspassung

- **Beispiel: 35 H7/s6**



25 µm ≙ A_{ON}
0 µm ≙ A_{UN}
59 µm ≙ A_{OW}
43 µm ≙ A_{UW}

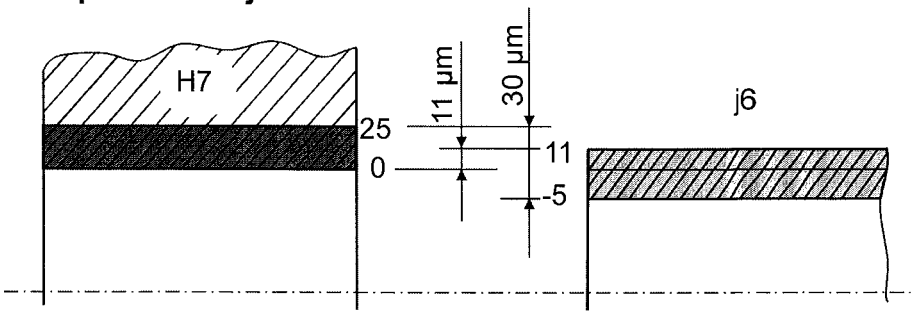
Max. Übermaß: $U_{max} = A_{UN} - A_{OW} = -59$ µm
→ 0 µm - 59 µm = -59 µm

Min. Übermaß: $U_{min} = A_{ON} - A_{UW} = -18$ µm
→ 25 µm - 43 µm = -18 µm

9.1 Maßtoleranzen: Passungen und Passungsarten

Übergangspassung

- **Beispiel: 35 H7/j6**



25 µm ≙ A_{ON}
0 µm ≙ A_{UN}
11 µm ≙ A_{OW}
-5 µm ≙ A_{UW}

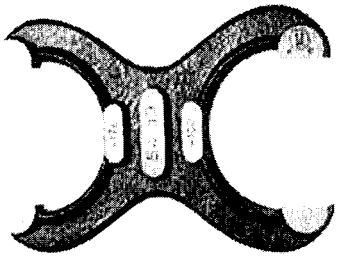
Max. Spiel: $S_{max} = A_{ON} - A_{UW} = 30$ µm
→ 25 µm - (-5 µm) = 30 µm

Max. Übermaß: $U_{max} = A_{UN} - A_{OW} = -11$ µm
→ 0 µm - 11 µm = -11 µm

9.1 Maßtoleranzen: Einheitsbohrung und Einheitswelle

Passungen und Prüfung

- theoretisch: unübersehbar große Zahl von Paarungen (Passungen) möglich
- Praxis: Beschränkung auf überschaubare Anzahl von Passungen
- Vorteil: nur begrenzte Anzahl von Lehren und Messdornen notwendig



Grenzlehrring

Grenzlehrdorn

Quellen:
Ballbach, Adam Höflich

9.1 Maßtoleranzen: Einheitsbohrung und Einheitswelle

Definition nach DIN 7154-1 und DIN 7155-1

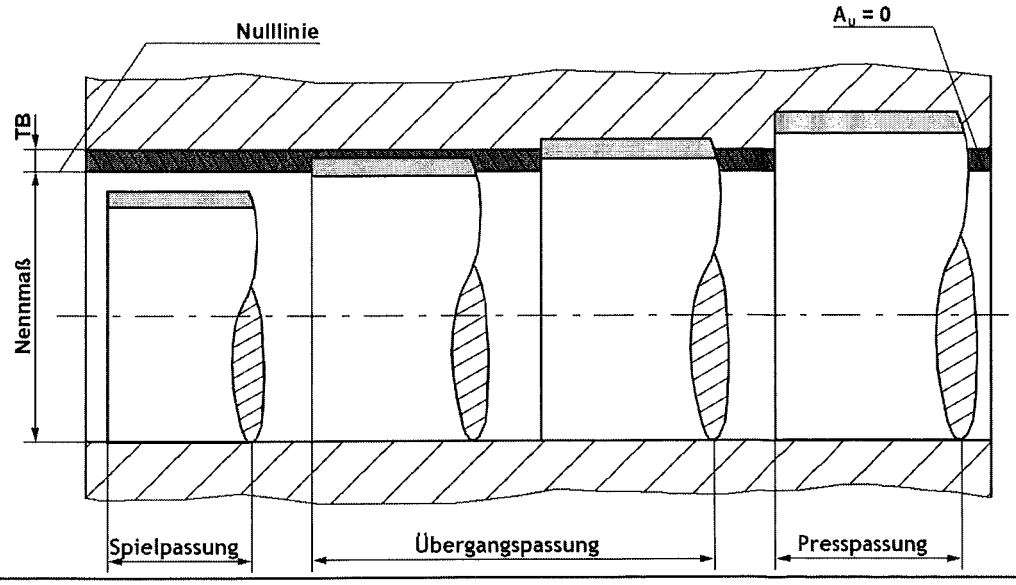
Überwiegend angewandt:

- System **Einheitsbohrung** (DIN 7154-1):
  - alle Grundabmaße der Bohrung liegen an der Nulllinie
  - die gewünschte Passung wird durch Wahl der entsprechenden Toleranzlage der Welle hergestellt

- System **Einheitswelle** (DIN 7155-1):
  - alle Grundabmaße der Welle liegen an der Nulllinie
  - die gewünschte Passung wird durch Wahl der entsprechenden Toleranzlage der Bohrung hergestellt

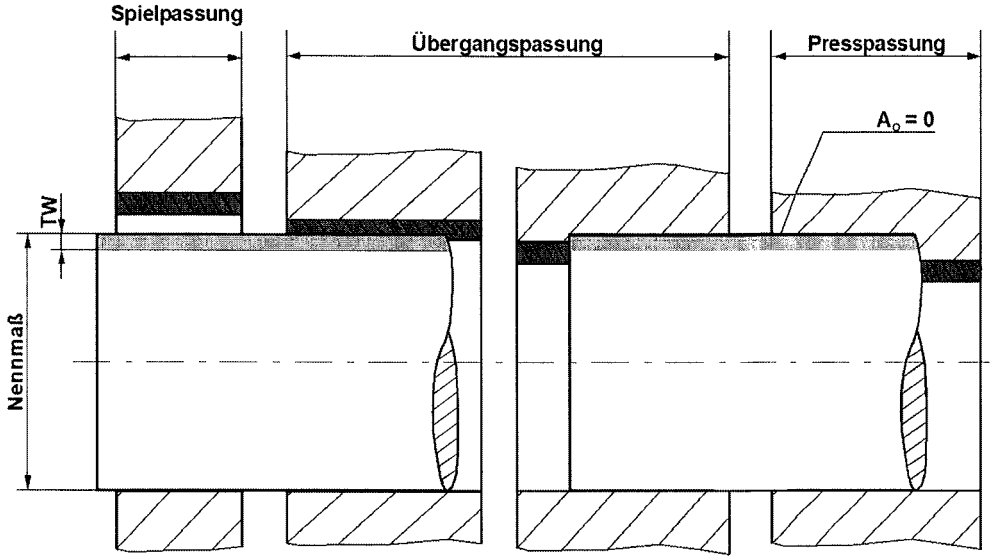
9.1 Maßtoleranzen: Einheitsbohrung und Einheitswelle

System Einheitsbohrung



9.1 Maßtoleranzen: Einheitsbohrung und Einheitswelle

System Einheitswelle



9.1 Maßtoleranzen: Einheitsbohrung und Einheitswelle

Empfohlene Passungen					
Pas-sungsart	Merkmale	allgemeiner Maschinenbau (DIN 7157)			
		ISO Kurzzeichen Einheits- Bohrung	Welle	Anwendungsbeispiele	
Presspassung	**Fester Presssitz** Zum Übertragen großer Umfangs- bzw. Längskräfte ohne zusätzliche Verdrehsicherung. Fügen oder Lösen nur mit Presse oder Wärmedifferenz möglich	H8/x8		Nennmaß ≤ 24mm	Naben von Zahn-, Lauf- und Schwungrädern
		H8/u8		Nennmaß > 24mm	
	Presssitz zum Übertragen mittlerer Umfangs- bzw. Längskräfte ohne zusätzliche Verdrehsicherung. Fügen oder Lösen nur mit Presse oder Wärmedifferenz möglich	H7/s6		Kupplungsnaben, Lagerbuchsen in Gehäusen, Rädem oder Schubstangen, Bronzezahnkränze auf Schneckenrädern	
		H7/r6			
Übergangspassung	**Festsitz** zum Übertragen geringer Kräfte, Fügen und Lösen mit Presse	H7/n6		Anker auf Motorwellen, Zahnkränze aus St u.. aufgezogene Bunde mit zusätzlichem Formschluss, Lagerbuchsen	
	Treibsitz mit Presse oder (schwer) mit Handhammer zu fügen bzw. zu lösen	H7/m6		Nennmaß > 50mm	einmalig aufzubringende Riemenscheiben, Zahnräder Kupplungsnaben und Hebel mit zusätzlichem Formschluss
	Haftsitz Mit Handhammer zu fügen bzw. zu lösen	H7/k6	H7/h6*	Nennmaß ≤ 50mm	
	Schiebesitz mit Gummihammer oder von Hand zu fügen bzw. zu lösen	H7/j6		leicht demontierbare Riemenscheiben, Zahnräder, Handräder und Lagerbuchsen mit zusätzlichem Formschluss	

9.1 Maßtoleranzen: Einheitsbohrung und Einheitswelle

Spielpassung	**Gleitsitz** Teile sind von Hand verschiebbar, falls geschmiert	H7/h6	H7/h6	Zentrierflansche, z. B. für Kupplungen, Wechselräder, Reitstockpinole, Wälzfräser auf Dorn
		H8/h9	H8/h9	über Wellen verschiebbare Zahnräder, Scheiben, Kupplungen und Handräder, mit drehende Distanzhülsen, Stellringe
Spielpassungen mit großen Toleranzen	**Laufsitz** merkliches Spiel, erfüllen nur geringe Anforderungen an die Zentriergenauigkeit	H7/f7		Kurbelwellenlager, Führungssteine, verschiebbare Kupplungsteile, Gleitmuffen
			F8/h6	
		H8/f7		Wellenlager bei Kreisel- und Zahnradpumpen, Gleitlager in Textilmaschinen, Führungsschienen, verschiebbare Kupplungsmuffen
			F8/h7	
	Leichter Laufsitz reichliches Spiel	H8/e8		Wellenlager in Strömungsmaschinen, Achsbuchsen in Fahrzeugen, Hebellagerungen, verschiebbare Kupplungsnaben, Kolben in Hydraulikzylindern, Seilrollen
			E9/h9	
	Weiter Laufsitz sehr reichliches Spiel	H8/d9		Lager für Landwirtschaftliche Maschinen, Stopfbuchsenteile, Leerlaufscheiben
			E9/h9	
	geringes Spiel trotz großer Teiletoleranzen	H11/h9	H11/h9	leicht zusammensteckbare Teile, Distanzbuchsen, Teile, die auf Wellen verstiftet oder festgeklemmt werden
	sicheres Bewegungsspiel bei großen Teiletoleranzen		D10/h11	Steckschlüssel, abnehmbare Hebel und Kurbeln
	großes Bewegungsspiel bei großen Teiletoleranzen		C11/h9	einfache Drehzapfen und Gelenkbolzen Gabelbolzen an Kfz-Bremsgestängen, Schnappstifte, Witterung und Schmutz ausgesetzte Gleitlager, Lager für landwirtschaftliche Maschinen
			C11/h11	
	= zu bevorzugende (Auswahlreihe 1)	* entsprechen nicht den Auswahlreihen nach DIN 7157		

9.1 Maßtoleranzen: Allgemeintoleranzen

Allgemeintoleranzen im Schriftfeld

- Für Maßeintragungen die Allgemeintoleranz für **Längen** nach DIN ISO 2768-1 gelten
- entsprechender Buchstabe für die gewählte Toleranzklasse wird in Schriftfeld eingetragen

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mH	Werkstückkanten ISO 13715	Werkstoff	Maßstab	Gewicht
Verantwortliche Abtl. **IMT - KMT**	techn. Referenz **IMT - MaS**	Genehmigt von **Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter P. Pott**	Erstellt durch **IMT - KMT**	
Institut für Medizingerätetechnik		Dokumentenart Beispielzeichnung	Dokumentenstatus Freigegeben	
		Titel, zusätzlicher Titel Bauteilbezeichnung	Sachnummer TZ_WS_1X/1X_001	
			Änd. A / Ausgabedatum 201X-XX-XX	Spr. de / Blatt 1/1

9.1 Maßtoleranzen: Allgemeintoleranzen

Grenzmaße für Nennmaßbereiche

Toleranzklasse		Grenzmaße für Nennmaßbereiche, Werte in mm							
Kennzeichen	Benennung	von 0,5 bis 3	Über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	Über 120 bis 400	Über 400 bis 1000	Über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000
f	fein	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	-
m	mittel	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	grob	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	sehr grob	-	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8

Beispiel: Eintragung der Allgemeintoleranzen in Zeichnungen

- nur **Längen**: Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-**m**
- **Längen** und Form / Lage: Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-**m**H

9.1 Maßtoleranzen: Glossar

Nennmaß (N): Maß, von dem die Grenzmaße mithilfe der oberen und unteren Abmaße abgeleitet werden

Istmaß: als Ergebnis von Messungen **festgestelltes Maß**

Höchstmaß (H): **größtes zugelassenes Maß** eines Formelementes

Mindestmaß (M): **kleinstes zugelassenes Maß** eines Formelementes

Nulllinie: in einer graphischen Darstellung von Grenzmaßen und Passungen die **gerade Linie, die das Nennmaß darstellt**, auf das sich die Abmaße und Toleranzen beziehen

Oberes Abmaß (A_o) : **Differenz** zwischen dem **Höchstmaß** und dem zugehörigen **Nennmaß**

Unteres Abmaß (A_u): **Differenz** zwischen dem **Mindestmaß** und dem zugehörigen **Nennmaß**

9.1 Maßtoleranzen: Glossar

Toleranzfeldbreite:	**Differenz zwischen dem Höchstmaß und dem Mindestmaß,** also auch die Summe vom oberen Abmaß und dem unteren Abmaß
Grundabmaß:	im ISO-System für Grenzmaße und Passungen (DIN ISO 286) das **Abmaß, das die Lage des Toleranzfeldes in Bezug zur Nulllinie** festlegt
Grundtoleranz (IT):	im ISO-System für Grenzmaße und Passungen jede zum System gehörige Toleranz
Toleranzfeld:	in einer graphischen Darstellung von Toleranzen, **das Feld zwischen zwei Linien, die das Höchstmaß und das Mindestmaß** darstellen; das Toleranzfeld wird festgelegt durch die **Größe der Toleranz und deren Lage zur Nulllinie**

9.1 Maßtoleranzen: Glossar

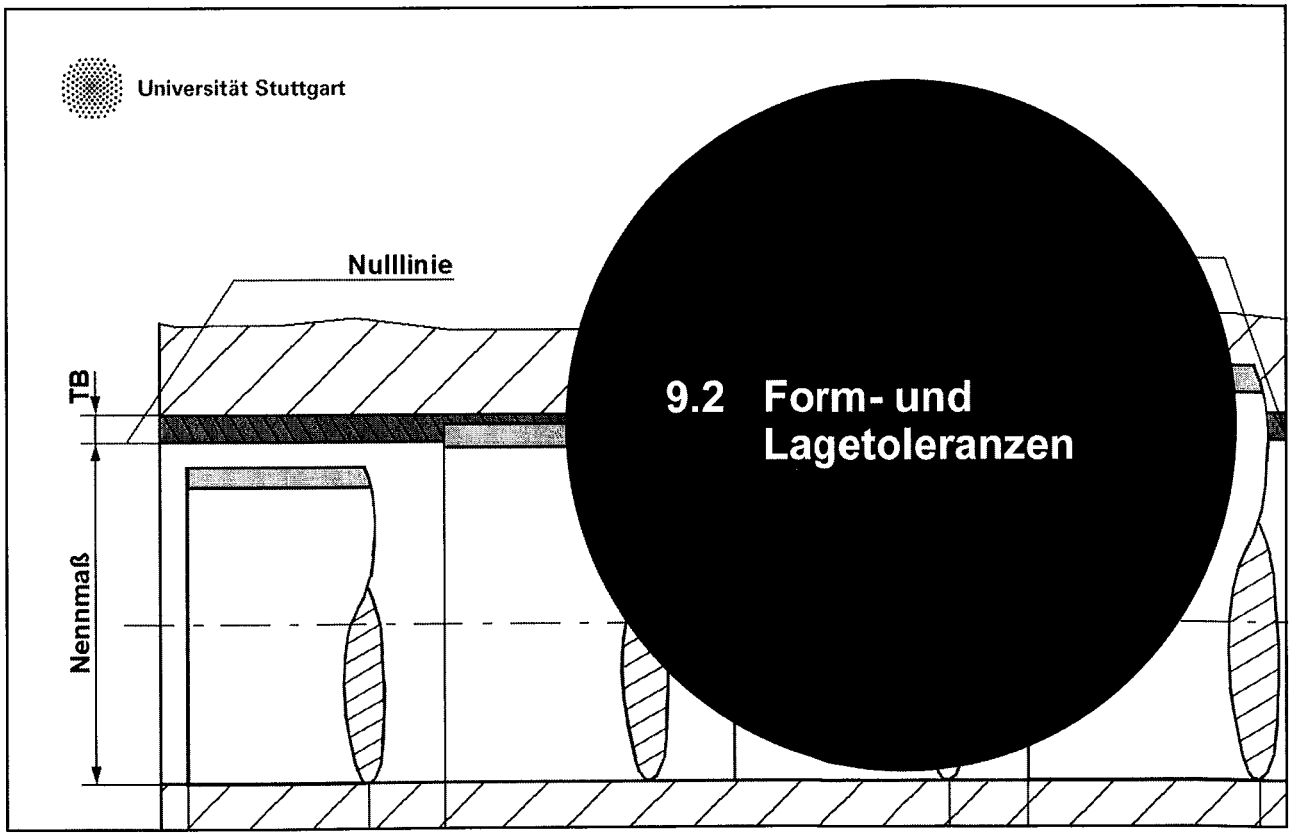
Toleranzgrad:	im ISO-System für Grenzmaße und Passungen eine **Gruppe von Toleranzen** (z. B. IT7), die dem **gleichen Genauigkeitsniveau für alle Nennmaße** zugeordnet werden
Spiel:	die **positive Differenz zwischen dem Maß der Bohrung und dem Maß der Welle** vor dem Fügen, wenn der Durchmesser der Welle kleiner ist als der Durchmesser der Bohrung
Übermaß:	die **negative Differenz zwischen dem Maß der Bohrung und dem Maß der Welle** vor dem Fügen, wenn der Durchmesser der Welle größer ist als der Durchmesser der Bohrung
Passung:	die Beziehung, die sich aus der **Differenz zwischen den Maßen zweier zu fügender Formelemente** (Bohrung und Welle) mit gleichem Nennmaß ergibt

9.1 Maßtoleranzen: Glossar

Spielpassung: Beim Fügen von Bohrung und Welle entsteht ein **Spiel**, d. h. das Mindestmaß der Bohrung ist größer oder im Grenzfall gleich dem Höchstmaß der Welle.

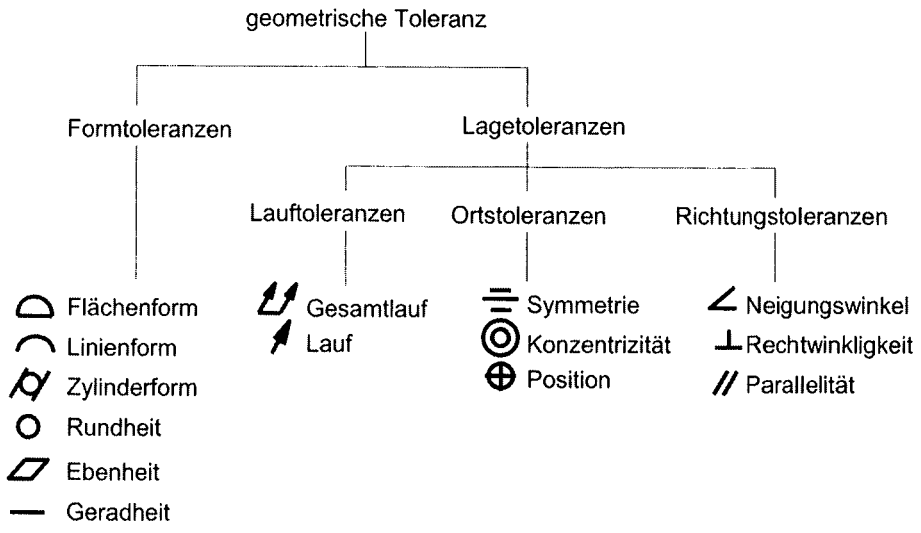
Übermaßpassung Beim Fügen von Bohrung und Welle **(Presspassung):** entsteht immer ein **Übermaß**, d. h. das Höchstmaß der Bohrung ist kleiner oder im Grenzfall gleich dem Mindestmaß der Welle.

Übergangspassung: Beim Fügen von Bohrung und Welle entsteht **entweder ein Spiel oder ein Übermaß**, abhängig von den Istmaßen von Bohrung und Welle, d. h. die Toleranzfelder von Bohrung und Welle überdecken sich vollständig oder teilweise.



9.2 Form- und Lagetoleranzen

Form- und Lagetoleranzen nach DIN ISO 1101



Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

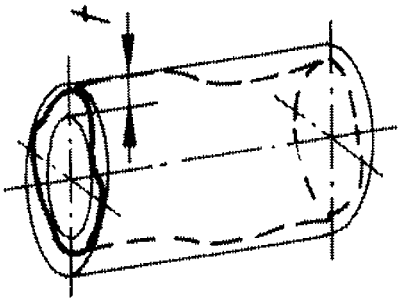
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Formabweichung

- Abweichungen eines Formelementes von seiner **geometrisch idealen Form**
- Bereich der **zugelassenen Abweichungen** nennt man **Toleranzzone** oder kurz Toleranz
- Formtoleranzen begrenzen die zulässige Abweichung von der geometrisch idealen Form

Beispiel: Tolerierung der Zylinderform

Symbol:



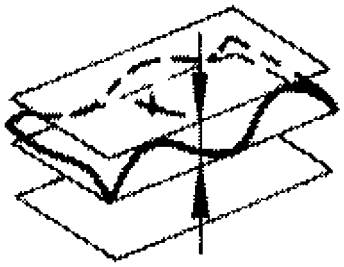
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Lageabweichung

- Abweichungen eines Formelementes von der geometrisch idealen Lage **zu einem oder mehreren Bezugselementen**
- Unterscheidung in Richtungs-, Ort- und Laufabweichungen
- Die **Höchstwerte der zugelassenen Bereiche** für Lage- und Laufabweichungen nennt man Lage- oder Lauftoleranzzonen oder kurz **Lage- oder Lauftoleranzen**

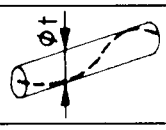
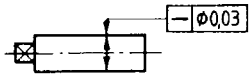
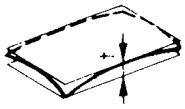
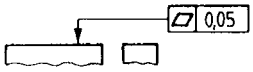
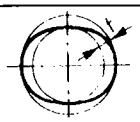
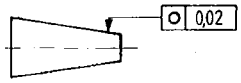
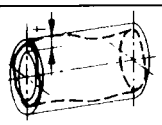
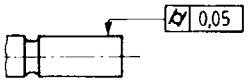
Beispiel: Parallelität

Symbol: //



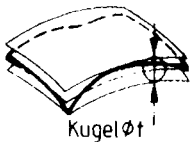
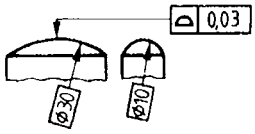
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Arten von Form- und Lagetoleranzen

Formtoleranzen					
Symbol & tolerierte Eigenschaft			Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
				Zeichnungsangabe	Erklärung
Form	—	Geradheit			Die Achse d. zylindrischen Teiles des Bolzens muss innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser t = 0,03 mm liegen.
	▱	Ebenheit			Die tolerierte Fläche muss zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand t = 0,05 mm liegen.
	○	Rundheit			Die Umfangslinie jedes Querschnittes muss in einem Kreisring von der Breite t = 0,02 mm enthalten sein.
	⌭	Zylinderform			Die tolerierte Fläche muss zwischen zwei koaxialen Zylindern liegen, die einen radialen Abstand von t = 0,05 mm haben.

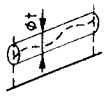
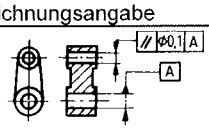
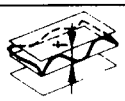
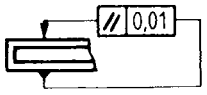
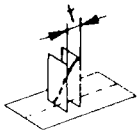
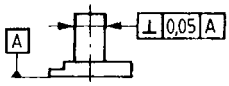
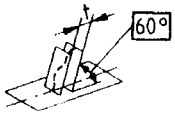
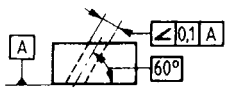
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Arten von Form- und Lagetoleranzen

Formtoleranzen					
Symbol & tolerierte Eigenschaft			Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
				Zeichnungsangabe	Erklärung
Form	⌒	Geradheit			Das tolerierte Profil muss zwischen zwei Hüll-Linien liegen, deren Abstand durch Kreise vom Durchmesser t = 0,08 mm begrenzt wird. Die Mittelpunkte dieser Kreise liegen auf der geometrisch idealen Linie.
	⌓	Ebenheit			Die tolerierte Fläche muss zwischen zwei Hüll-Flächen liegen, deren Abstand durch Kugeln vom Durchmesser t = 0,03 mm begrenzt wird. Die Mittelpunkte dieser Kugel liegen auf der geometrisch idealen Fläche.

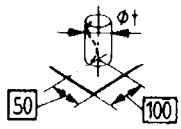
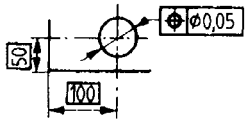
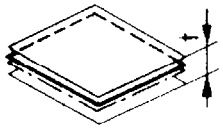
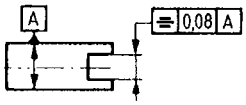
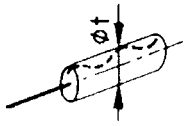
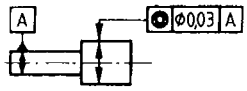
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Arten von Form- und Lagetoleranzen

Lagetoleranzen						
Symbol & tolerierte Eigenschaft				Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
					Zeichnungsangabe	Erklärung
Lage	Richtung	//	Parallelität			Die tolerierte Achse muss innerhalb eines zur Bezugsachse parallelliegenden Zylinders vom Durchmesser t = 0,1 mm liegen.
						Die tolerierte Fläche muss zwischen zwei zur Bezugsfläche parallelen Ebene vom Abstand t = 0,01 mm liegen.
		⊥	Rechtwinkligkeit			Die tolerierte Achse muss zwischen zwei parallelen zur Bezugsfläche und zur Pfeilrichtung senkrechten Ebenen vom Abstand t = 0,05 mm liegen.
		∠	Neigung, Winkligkeit			Die Achse der Bohrung muss zwischen zwei zur Bezugsfläche im Winkel von 60° geneigten und zueinander parallelen Ebenen vom Abstand t = 0,1 mm liegen.

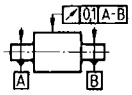
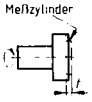
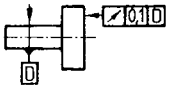
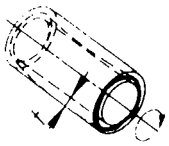
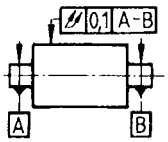
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Arten von Form- und Lagetoleranzen

Lagetoleranzen						
Symbol & tolerierte Eigenschaft				Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
					Zeichnungsangabe	Erklärung
Lage	Ort	⌖	Position			Die Achse der Bohrung muss innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser t = 0,05 mm liegen, dessen Achse sich am geometrischen idealen Ort (mit eingerahmten Maßen) befindet.
		⌯	Symmetrie			Die Mittelebene der Nut muss zwischen zwei parallelen Ebenen liegen, die einen Abstand von t = 0,08 mm haben und symmetrisch zur Mittelebene des Bezugselementes liegen.
		◎	Koaxialität Konzentrizität			Die Achse des tolerierten Teiles der Welle muss innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser t = 0,03 mm liegen, dessen Achse des Bezugselementes fluchtet.

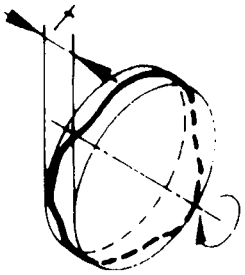
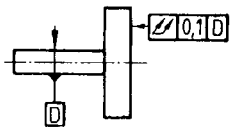
9.2 Form- und Lagetoleranzen

Arten von Form- und Lagetoleranzen

Lagetoleranzen						
Symbol & tolerierte Eigenschaft				Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
					Zeichnungsangabe	Erklärung
Lauf		↗	Rundlauf			Bei einer Umdrehung um die Bezugsachse A-B darf die Rundlaufabweichung in jeder Messebene 0,1 nicht überschreiten.
			Planlauf			Bei einer Umdrehung um die Bezugsachse D darf die Planlaufabweichung an jeder beliebigen Messposition nicht größer als 0,1 sein.
		⌰	Gesamtrundlauf			Bei mehrmaliger Drehung um Bezugs-achse A-B und bei axialer Verschiebung zwischen Werkstück und Messgerät müssen alle Punkte der Oberfläche des tolerierten Elementes innerhalb der Gesamtrundlauftoleranz von t = 0,1 liegen. Bei Verschiebung muss entweder das Messgerät oder Werkstück entlang einer Linie geführt werden, die die theoretisch genaue Form hat und in richtiger Lage zur Bezugsachse ist.

9.2 Form- und Lagetoleranzen

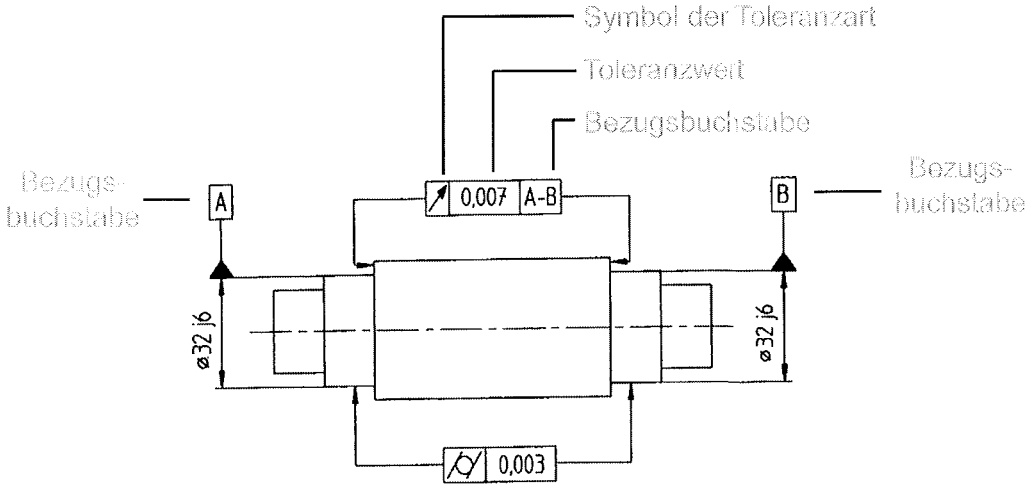
Arten von Form- und Lagetoleranzen

Lagetoleranzen					
Symbol & tolerierte Eigenschaft			Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
				Zeichnungsangabe	Erklärung
Lauf	↗	Gesamtplanlauf			Bei mehrmaliger Drehung um die Bezugsachse D und bei radialer Verschiebung zwischen Werkstück und Messgerät müssen alle Punkte der Oberfläche des tolerierten Elementes innerhalb der Gesamt-Planlauftoleranz von t = 0,1 liegen. Bei der Verschiebung muss entweder das Messgerät oder das Werkstück entlang einer Linie geführt werden, die die theoretisch genaue Lage zur Bezugsachse ist.

(Alle Tabellen Auszug aus DIN ISO 1101)

9.2 Form- und Lagetoleranzen

Eintragung von Form- und Lagetoleranzen

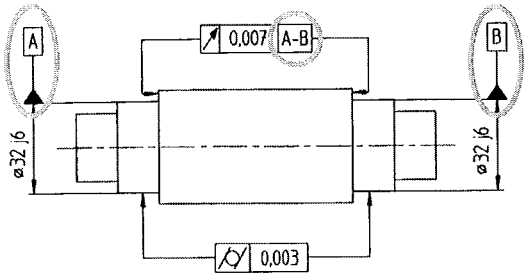


Quelle: Technisches Zeichnen, IKTD

9.2 Form- und Lagetoleranzen

Eintragung von Form- und Lagetoleranzen

- Bezieht sich ein toleriertes Element auf einen **Bezug**, so wird dieser im Allgemeinen durch einen **Bezugsbuchstaben gekennzeichnet, der im dritten Kästchen des Toleranzrahmens** wiederholt wird
- Zur **Kennzeichnung des Bezugs** wird ein Großbuchstabe in einem Bezugsrahmen angegeben, der mit einem ausgefüllten oder leeren Bezugsdreieck verbunden ist.

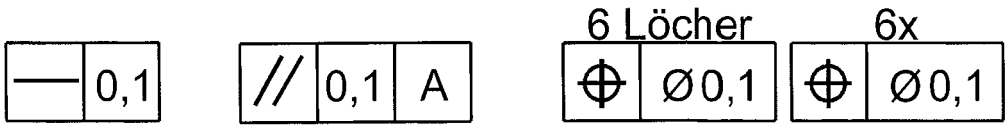


9.2 Form- und Lagetoleranzen

Eintragung von Form- und Lagetoleranzen

Toleranzrahmen enthalten von links nach rechts:

- das Symbol für die zu tolerierende Eigenschaft
- den Toleranzwert in der Einheit der in der Zeichnung verwendeten Längenmaße
- bei Bedarf Buchstaben für ein oder mehrere Bezugselemente
- Wortangaben zur Toleranz sind über dem Toleranzrahmen einzutragen

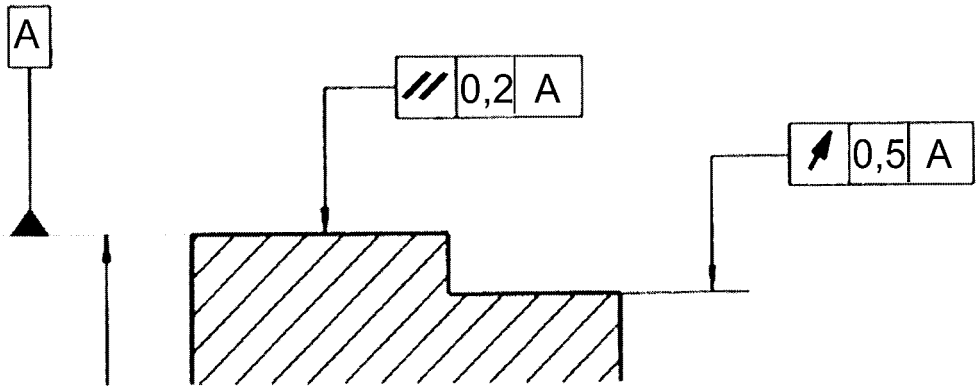


9.2 Form- und Lagetoleranzen

Eintragung von Form- und Lagetoleranzen

Der **Bezugspfeil** oder das **Bezugsdreieck** mit dem Bezugsbuchstaben steht:

- auf der Umrisslinie des Elements
- oder auf der Maßhilfslinie, wenn der Bezug die Linie oder die Fläche selbst ist

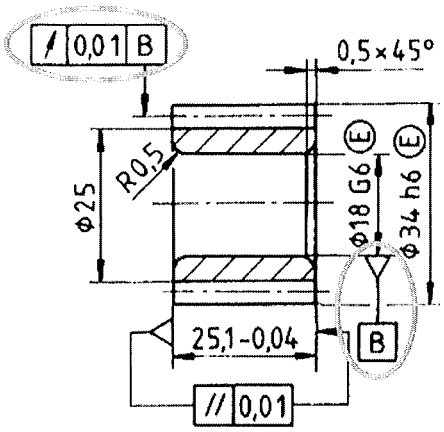


9.2 Form- und Lagetoleranzen

Eintragung von Form- und Lagetoleranzen

Der **Bezugspfeil** oder das **Bezugsdreieck** mit dem Bezugsbuchstaben steht:

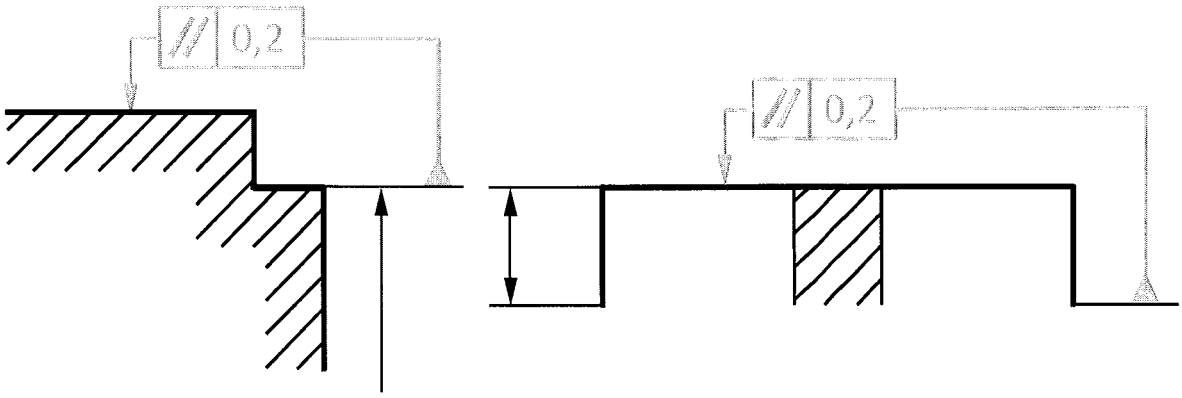
1. auf der **Achse oder Mittelebene**, wenn der Bezug die Achse oder die gemeinsame Achse oder Mittelebene von zwei oder mehreren Elementen ist
2. auf **Verlängerung der Maßlinie**, wenn der Bezug die Achse oder Mittelebene ist



9.2 Form- und Lagetoleranzen

Eintragung von Form- und Lagetoleranzen

- Der **Bezugsbuchstabe** kann entfallen, wenn Toleranzrahmen und Bezug auf einfache Weise (durch Hinweislinie) miteinander verbunden werden können.



9.2 Form- und Lagetoleranzen

Allgemeintoleranzen für Form und Lage im Schriftfeld

- Maßeintragungen die Allgemeintoleranz für **Form und Lage** nach DIN ISO 2768-2:
  - entsprechender Buchstabe für die gewählte Toleranzklasse wird in Schriftfeld eingetragen

Allgemeintoleranzen DIN ISO 2768-mH	Werkstückkanten ISO 13715	Werkstoff	Maßstab	Gewicht
Verantwortliche Abtl. **IMT - KMT**	techn. Referenz **IMT - MaS**	Genehmigt von **Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter P. Pott**	Erstellt durch **IMT - KMT**	
Institut für Medizingerätetechnik		Dokumentenart Beispielzeichnung	Dokumentenstatus Freigegeben	
		Titel, zusätzlicher Titel Bauteilbezeichnung	Sachnummer TZ_WS_1X/1X_001	
			Änd. A / Ausgabedatum 201X-XX-XX	Spr. de / Blatt 1/1

9.2 Form- und Lagetoleranzen

Allgemeintoleranzen für Form und Lage nach DIN ISO 2768-2

- Wie bei den Längen- und Winkelmaßen (DIN ISO 2768-1) legt die DIN ISO 2768-2 zur Vereinfachung von Zeichnungen **Allgemeintoleranzen** in **drei Toleranzklassen für Form und Lage** fest.
- Diese gelten für **Formelemente, für die keine Tolerierungsangaben** in der Zeichnung gemacht werden.
- gelten, wenn in der Nähe des Schriftfeldes die Angabe z.B. „ISO 2768 - K“ gemacht wird
  - Buchstabe K: Toleranzklasse
- Die Allgemeintoleranzen für Form und Lage sind für alle Eigenschaften der Formelemente anwendbar mit Ausnahme der Zylinderform, Profil einer Linie oder Fläche, Neigung, Koaxialität, Position und Gesamtlauf.

9.2 Form- und Lagetoleranzen

Allgemeintoleranzen für Form und Lage nach DIN ISO 2768-2

	Toleranz-klasse	Nennmaßbereich in mm					
Allgemein-Toleranzen für Geradheit und Ebenheit in mm		bis 10	über 10 bis 30	über 30 bis 100	über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000
	H	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
	K	0,05	0,2	0.2	0,4	0,6	0,8
	L	0,1	0,2	0,4	0,8	1,2	1,6
Allgemein-toleranz für Rechtwinkligkeit	Toleranz-klasse	Nennmaßbereich in mm					
		bis 100			über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000
	H	0,2			0,3	0,4	0,5
	K	0,4			0,6	0,8	1
	L	0,6			1	1,5	2
Allgemein-toleranz für Symmetrie	Toleranz-klasse	Nennmaßbereich in mm					
		bis 100			über 100 bis 300	über 300 bis 1000	über 1000 bis 3000
	H	0,5					
	K	0,6				0,8	1
	L	0,6			1	1,5	2

Universität Stuttgart

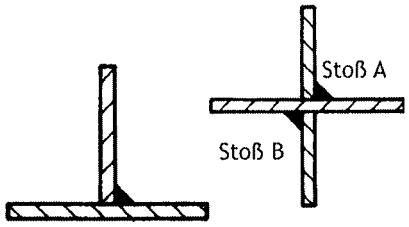
10 Schweißgerechtes Bemaßen

Quelle: velomobilforum.de

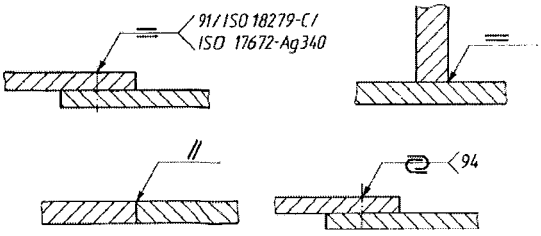
10 Schweißgerechtes Bemaßen

Darstellung von Schweiß- und Lötnähten

- Regeln nach **DIN EN 22553** um übersichtliche Darstellung zu gewährleisten
- Darstellung durch **Symbole** und **Kurzzeichen**
  - Ist dies nicht eindeutig, müssen die Nähte gesondert gezeichnet und bemaßt werden.
- Symbole und Kurzzeichen legen **Verfahren** nicht fest



Schweißnähte

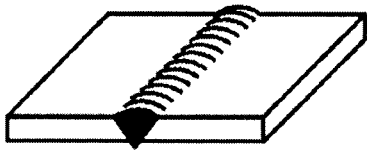
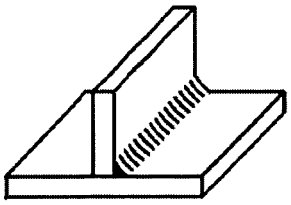


Lötnähte

10 Schweißgerechtes Bemaßen

Grundsymbole der Nahtarten

- **Schweißnaht**: vereinigt Teile am Schweißstoß
- Zwei Grundformen:

Stumpfnaht	*Kehlnaht*
	
• Bauteile stoßen stumpf aufeinander • Stumpfnaht mit Schweißfuge • Sollte bevorzugt werden	• Teile liegen in zwei Ebenen rechtwinklig zueinander • Bildung einer Kehlfuge

10 Schweißgerechtes Bemaßen

Grundsymbole der Nahtarten

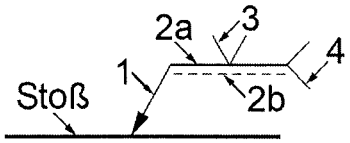
Benennung	Bördelnaht	I-Naht	V-Naht	HV-Naht	Y-Naht	HY-Naht	U-Naht	HU-Naht (Jot-Naht)	Gegennaht	Kehlnaht
Symbol										
Erläuterung										
Benennung	**Lochnaht**	**Punktnaht**	**Liniennaht**	**Steilflankennaht**	**Halb-Steilflankennaht**	**Stirnflachnaht**	**Auftragung**	**Flächennaht**	**Schrägnaht**	**Falznaht**
Symbol										
Erläuterung										

Quelle: Hoischen

10 Schweißgerechtes Bemaßen

Grundsymbol zur Kennzeichnung der Schweißnaht

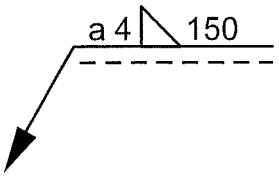
- **Lage** der Symbole in Zeichnungen



1: Pfeillinie
2a: Bezugslinie (Volllinie)
2b: Bezugslinie (Strichlinie)
3: Symbol
4: Gabel

- Auf Seite der **Volllinie** → Nahtoberseite befindet sich auf **„Pfeilseite“**
- Auf Seite der **Strichlinie** → Nahtoberseite befindet sich auf **„Gegenseite“**

- **Maße** werden dem Symbol zugeordnet
  - links vom Symbol: Hauptmaße für die Nahtdicke
  - rechts vom Symbol: Längenmaße
- Kein Maß nach dem Symbol (rechts): Naht läuft über die gesamte Werkstücklänge



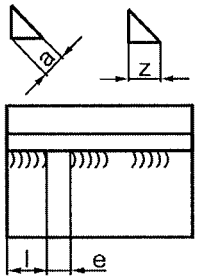
10 Schweißgerechtes Bemaßen

Bemaßung der Nähte

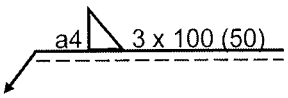
- **Bemaßung**:

  1) Eintragungsarten für Kehlnähte: *Nahtdicke a* oder *Schenkeldicke z*

  2) Bemaßung der *Einzelnahtlänge l* und des *Nahtabstandes e:* l(e)
  (Naht durchgehend: Angabe kann weggelassen werden)



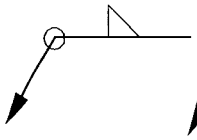
→ Beispiel:



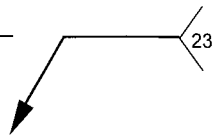
- **Ergänzende Angaben**

  1) Am Pfeil: umlaufende Naht, Baustellennaht

  2) Gabel: Prozess, Bewertungsgruppe, Arbeitsposition, Zusatzwerkstoffe



Umlaufende Naht

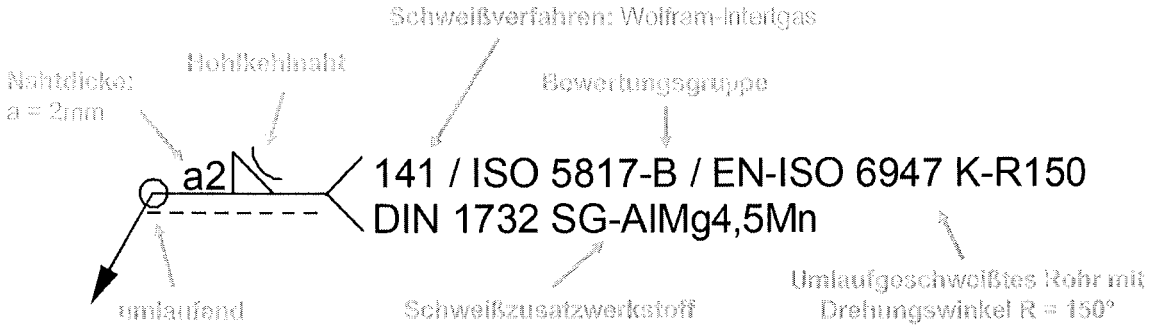


Angabe des Prozess

10 Schweißgerechtes Bemaßen

Bemaßung der Nähte

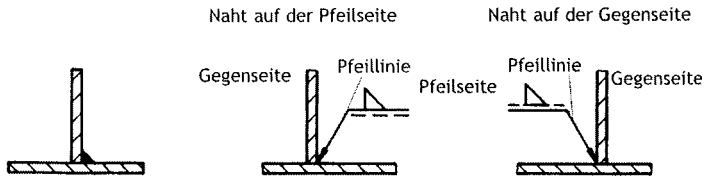
- Reihenfolge der Angaben in der Gabel:
  1. Prozess (z. B. nach DIN EN ISO 4063)
  2. Bewertungsgruppe (z. B. nach ISO 5817 oder ISO 10042)
  3. Arbeitsposition (z. B. nach ISO 6947)
  4. Zusatzwerkstoffe (z. B. nach ISO 544, ISO 2560 oder ISO 3581)



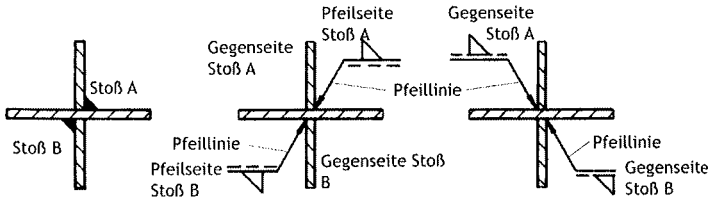
10 Schweißgerechtes Bemaßen

Beispiele

- T-Stoß mit einer Kehlnaht



- Doppel-T-Stoß mit zwei Kehlnähten



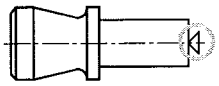
Universität Stuttgart

11 Angaben zur Wärmebehandlung

11 Angaben zur Wärmebehandlung

Wärmebehandelte Teile aus Eisenwerkstoffen DIN ISO 15787

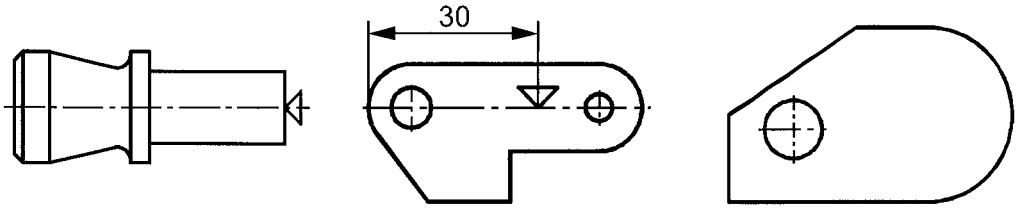
- DIN ISO 15787: Kennzeichnung des **Endzustands** wärmebehandelter Teile aus **Eisenwerkstoffen**
- **Keine Aussagen über das Verfahren**, das Endzustand herstellt
- Falls erforderlich: **ergänzende Angaben in den Fertigungsunterlagen** wie Wärmebehandlungsanweisungen (WBA) oder Wärmebehandlungsplan (WBP)
- Angaben der Härte:
  1. **Rockwellhärte HRC** nach DIN EN ISO 6508-1
  2. **Vickershärte HV** nach DIN EN ISO 6507-1
  3. **Brinellhärte HB** nach DIN EN ISO 6506-1
- Messstellen für die Härteprüfung am Werkstück werden durch ein Symbol (leeres Bezugsdreieck) gekennzeichnet.



11 Angaben zur Wärmebehandlung

Härten, Anlassen, Vergüten

- Wortangabe und Härteangabe einer Toleranz
- Wortangabe beschreibt einzuhaltende Zustände nach Wärmebehandlung (z.B. „gehärtet")
- Wärmebehandlung bezieht sich auf ganzes Teil



gehärtet
58+4 HRC

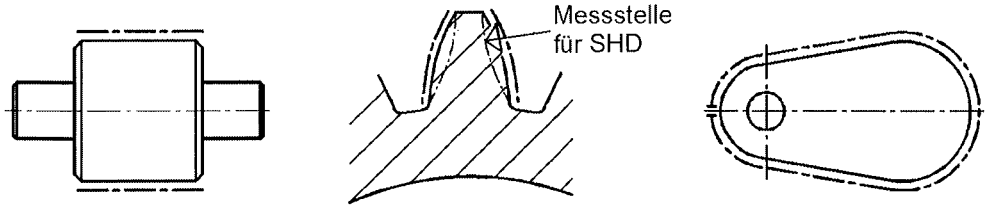
gehärtet und
angelassen
59+4 HRC

vergütet
350+50 HB
2,5 / 187,5

11 Angaben zur Wärmebehandlung

Randschichthärten

- Wortangabe: „*randschichtgehärtet*"
- Randschichtgehärtete Bereiche werden durch **breite Strichpunktlinien außerhalb der Körperkanten** gekennzeichnet.
- **Einhärtungs-Härtetiefe SHD** (früher Rht) in mm und Angabe der Grenzhärte im Regelfall als Vickershärte HV



randschichtgehärtet
620+160 HV 50
SHD 500=0,8+0,8

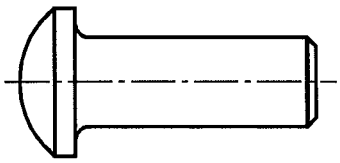
randschichtgehärtet
und angelassen
59+5 HRC
SHD 500=0,8+0,8

randschichtgehärtet
und angelassen
59+4 HRC
SHD 400=1,3+1,1

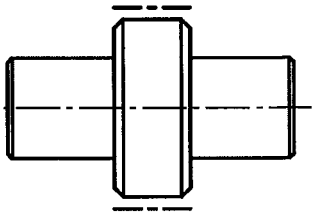
11 Angaben zur Wärmebehandlung

Einsatzhärten

- Wortangabe: „*einsatzgehärtet*“ oder „*einsatzgehärtet und angelassen*“
- Härtung allseitig oder mit unterschiedlicher Oberflächenhärte
- **Einsatzhärtetiefe CHD** in mm (alt EHT) mit einer entsprechenden positiven Toleranz angeben



einsatzgehärtet
und angelassen
60+4 HRC
CHD =0,8+0,4

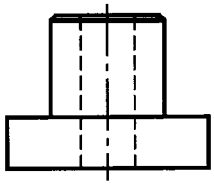


einsatzgehärtet
und angelassen
700+100 HV 30
CHD 600 HV 30 =0,5+0,3

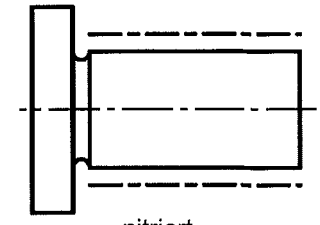
11 Angaben zur Wärmebehandlung

Nitrierhärten

- Wortangabe: „*nitriert*“
- Nitrierung des ganzen Bauteils oder eines begrenzten Bereichs
- zu nitrierenden Bereiche durch **breite Strichpunktlinien außerhalb der Körperkanten** kennzeichnen
- **Nitrierhärtetiefe NHD** (alt Nht) kann vorgeschrieben werden



nitriert
NHD=0,3+0,1



nitriert
NHD=0,1+0,05

Universität Stuttgart

12 Gesamtzeichnung und Stückliste

12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnungen
12.2 Stückliste
12.3 Beispiele

Universität Stuttgart

12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnungen

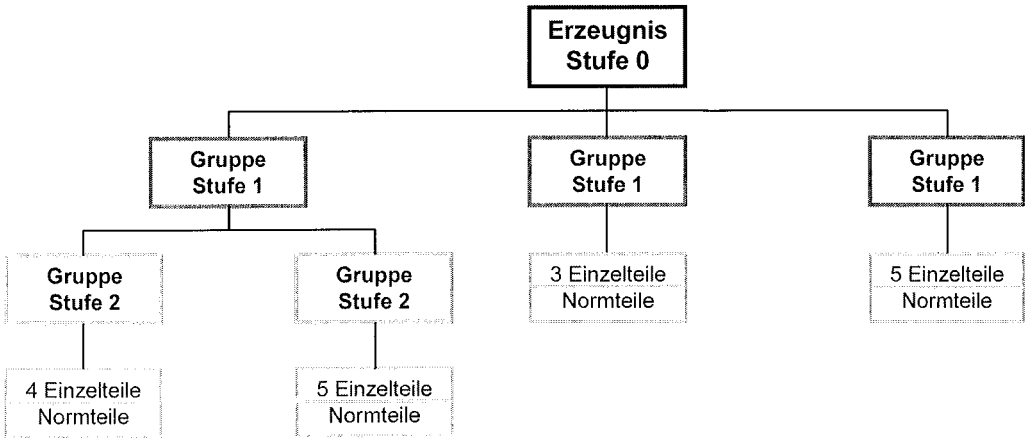
12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnung

Gesamtzeichnungen

- zeigt **Maschine, Anlage oder Gerät in zusammengebautem Zustand**
- zeigt **Zusammenspiel und Funktion** des ganzen Erzeugnisses
- besitzt einen **hohen Informationsgehalt** und ist meist die wichtigste Zeichnung
- **komplexe Erzeugnisse** können oft nicht in einer einzigen Gesamtzeichnung vollständig beschrieben werden → Aufteilung in Baugruppen und Unterbaugruppen und in mehreren **Gruppenzeichnungen** darstellen

12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnung

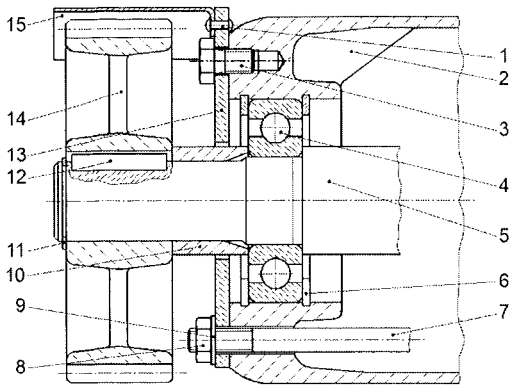
Zeichnungsstammbaum eines Erzeugnisses



12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnung

Positionsnummern in einer zusammengebauten Gruppe

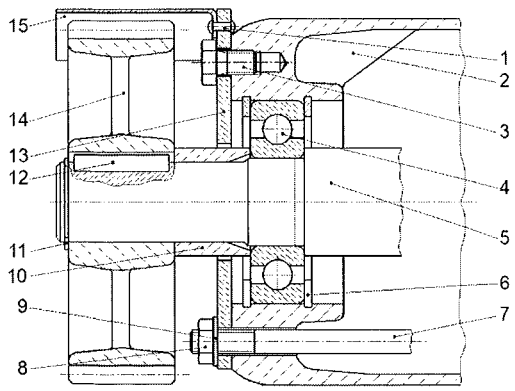
- sollen sich von allen anderen Angaben **deutlich unterscheiden**
  - **doppelt so groß wie die Bemaßung** und ähnliche Angaben
  - Umkreisen der Positionsnummer mit schmaler Volllinie
- **möglichst außerhalb der Umrisslinien** der Teile anordnen
- mit dem zugeordneten Teil **durch eine Hinweislinie verbunden**
- **Hinweislinien dürfen sich nicht kreuzen** und sollen so kurz wie möglich sein und aus der Darstellung herausragen

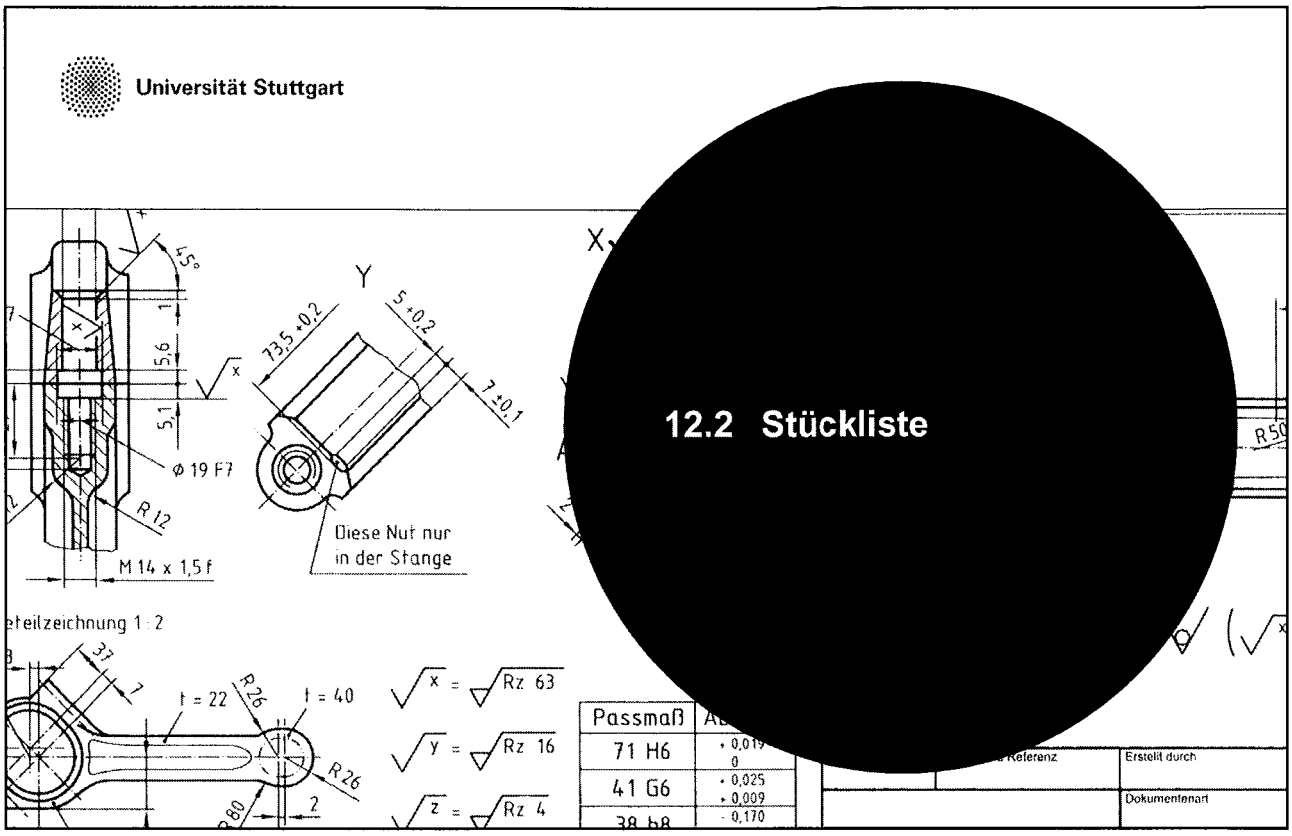


12.1 Gesamt- und Gruppenzeichnung

Positionsnummern in einer zusammengebauten Gruppe

- **senkrecht untereinander** oder in **horizontalen Reihen** anordnen
- Positionsnummern von **zusammengehörenden Teilen** dürfen an derselben Hinweislinie eingetragen werden.
- bei **identischen Teilen** Positionsnummern nur einmal eintragen
- **Reihenfolge** sinnvoll wählen, z. B. nach
  - der Anordnung in der Zeichnung, der Teileart (Norm-, Zukauf-, Eigenfertigungsteile, Halbzeuge usw.) oder der Montagefolge





12.2 Stückliste

Stückliste nach DIN 6771-2 (zurückgezogen 2007)

- **tabellarische Zusammenstellung aller Einzelteile** eines kompletten Erzeugnisses oder einzelner Baugruppen
- neben der Benennung der einzelnen Teile enthält die Stückliste wichtige Informationen über **Mengen, Einheiten der Mengen, Sachnummern oder Normbezeichnungen, Werkstoffe** usw.
- wichtiges **Hilfsmittel zum Informationsaustausch** zwischen einzelnen Geschäftsbereichen innerhalb eines Unternehmens sowie zwischen Unternehmen (Kunden-Lieferantenverhältnis)
- **direkt auf einer Gesamt- oder Gruppenzeichnung** oberhalb des Schriftfeldes oder getrennt mit Schriftfeld auf einem A4 Format

12.2 Stückliste

Stückliste nach DIN 6771-2 (zurückgezogen 2007)

- **Positionsnummern** ordnen die Einzelteile der Zeichnung den Stücklistenpositionen zu
- Stücklistenart nach **Verwendungszweck**:
  - Konstruktions-, Fertigungs- oder Montage-Stücklisten
- bei komplexen Erzeugnissen: **hierarchisch aufgebaute Baukasten-Stückliste** (analog Gruppenzeichnungen)
  - in einer übergeordneten Stückliste nur die Hauptgruppen aufgelistet
  - in den Hauptgruppen-Stücklisten die Baugruppen
  - in den Baugruppen die Einzelteile
- Dieser modulare Aufbau liegt vielen EDV-gestützten Stücklistenverwaltungssystemen zugrunde.
- Ein Vorteil der Baukasten-Stücklisten besteht darin, dass aus ihr leicht andere Stücklistenformen, wie z. B. Struktur-Stücklisten, Mengenübersichts-Stücklisten usw. abgeleitet werden können.

12.2 Stückliste

Beispiel einer ausgefüllten Stückliste

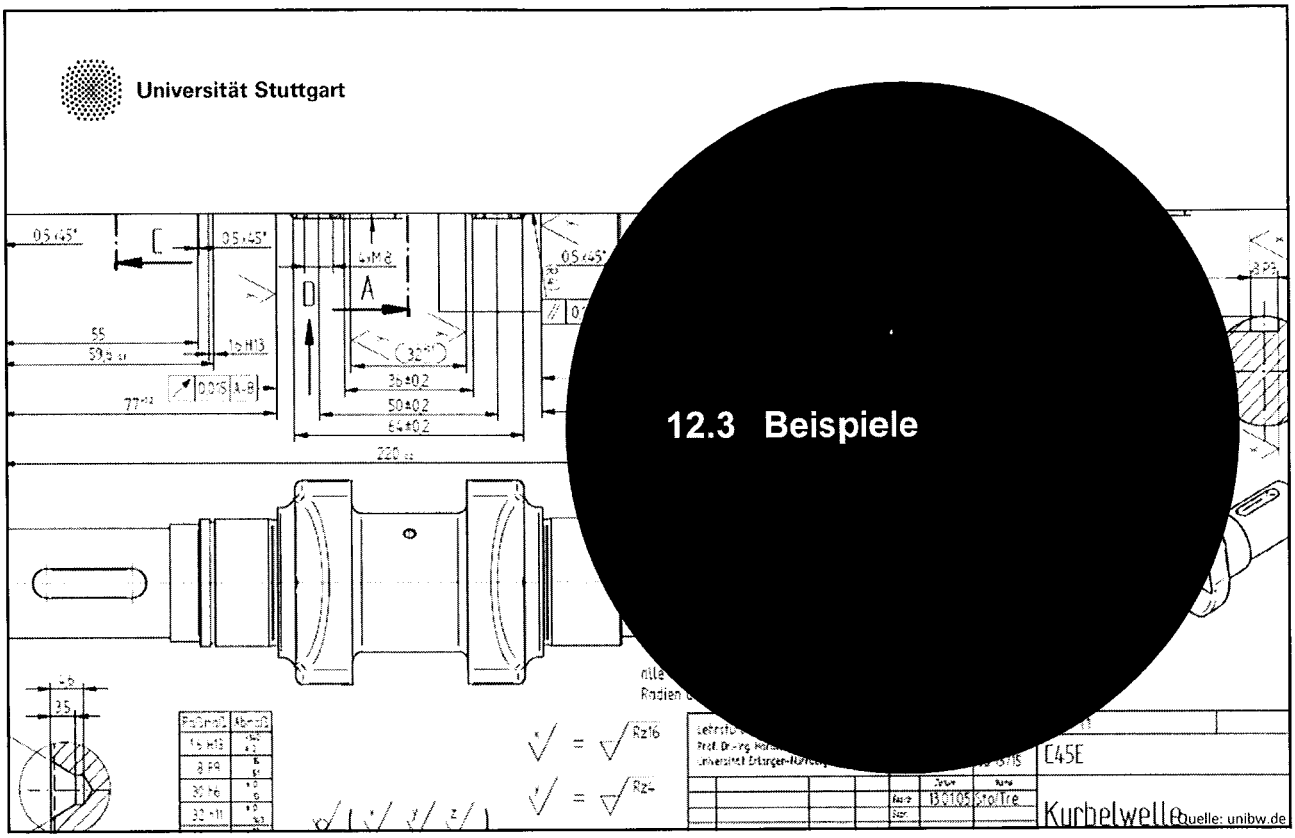
1	2	3	4	5
Lfd. Nr.	Stück-zahl	Benennung	Sach-Nr.	Bemerkungen
1	2	Sonnenrad	2.6343-1	16 MnCr 5
2	1	Hohlrad	2.6344-1	14 CrMoV 6.9
3	1	Schneckenrad	2.6345-1	14 CrMoV 6.9
4	6	Planetenritzel	2.6346-3	16 MnCr 5
5	1	Planetenträger	2.6347-0	GGG 40
24	6	Zylinderschraube	DIN 912-M8x30-10.9	
25	12	Zylinderschraube	DIN 912-M8x30-8.8	
26	2	Wellendichtring	RWDR HN2390 170x190x10	Elring
27	1	Einbauelement	LEL 480-2,5	Franke

Maßstab	Format	Erstellt durch	Genehmigt von:	
	A4	IKTD-TD	-	

IKTD Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design Universität Stuttgart Forschungs- und Lehrgebiet Technisches Design

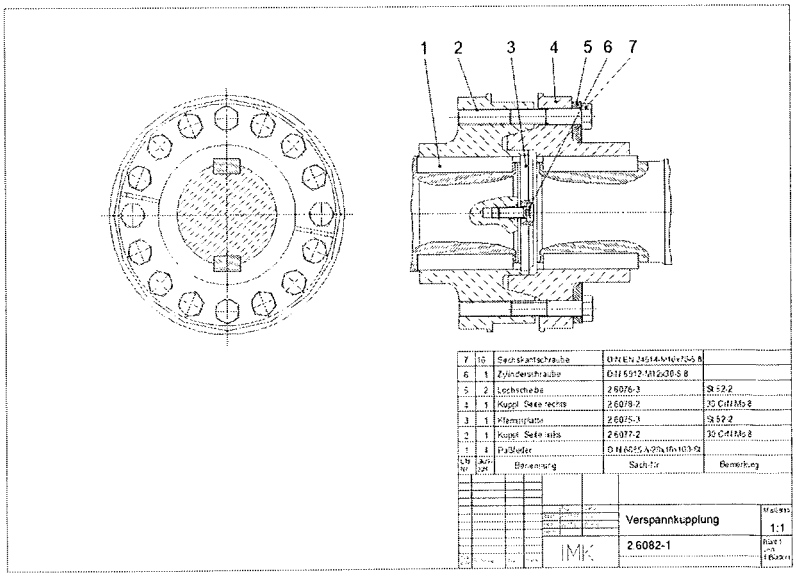
Dokumentenart	Dokumentenstatus
Stueckliste	freigegeben
Titel, zusätzlicher Titel: Verspanngetriebe	2.6342-4

Änd	Ausgabedatum	Spr.	Blatt
A		de	1/1



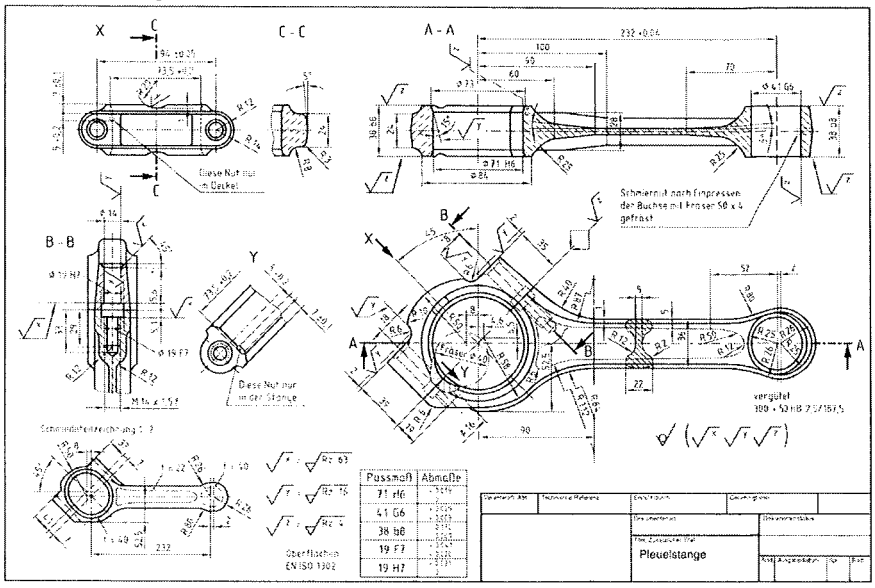
12.3 Beispiele

Verspannkupplung



12.3 Beispiele

Pleuelstange



Literaturverzeichnis

- Hesser, W., & Hoischen, H. (2011). Technisches Zeichnen: Grundlagen, Normen, Beispiele, darstellende Geometrie; Lehr-, Übungs-und Nachschlagewerk für Schule, Fortbildung, Studium und Praxis, mit mehr als 100 Tabellen und weit über 1.000 Zeichnungen. Cornelsen.
- Haberhauer, H., & Bodenstein, F. (2013). Maschinenelemente: Gestaltung, berechnung, anwendung. Springer-Verlag.