

Vorlesung

# Einführung in die Konstruktionslehre

Prof. Dr.-Ing. Frank Lobeck

UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

Universität Duisburg Essen  
Campus Duisburg



# *Inhalt*



- 1. Einleitung Konstruktionslehre*
- 2. Darstellende Geometrie / Technisches Zeichnen*
- 2. Grundlagen von CAD*
- 3. Grundlagen Maschinenelemente*

# *Einleitung Konstruktionslehre*

# Der Begriff „Produkt“

## Produkt (nach VDI-Richtlinie 2221)

Erzeugnis, das als Ergebnis des Entwickelns und Konstruierens hergestellt oder angewendet wird. Das können materielle (z. B. Maschinen, Verfahren) oder auch immaterielle Erzeugnisse (z. B. Programme) sein.

## Produkt (nach DIN EN ISO 8402)

Ein Produkt ist das Ergebnis von Tätigkeiten und Prozessen.

## Produkt (nach DIN ISO 10303)

Sache oder Substanz, die durch einen natürlichen oder künstlichen Prozess hergestellt wird.

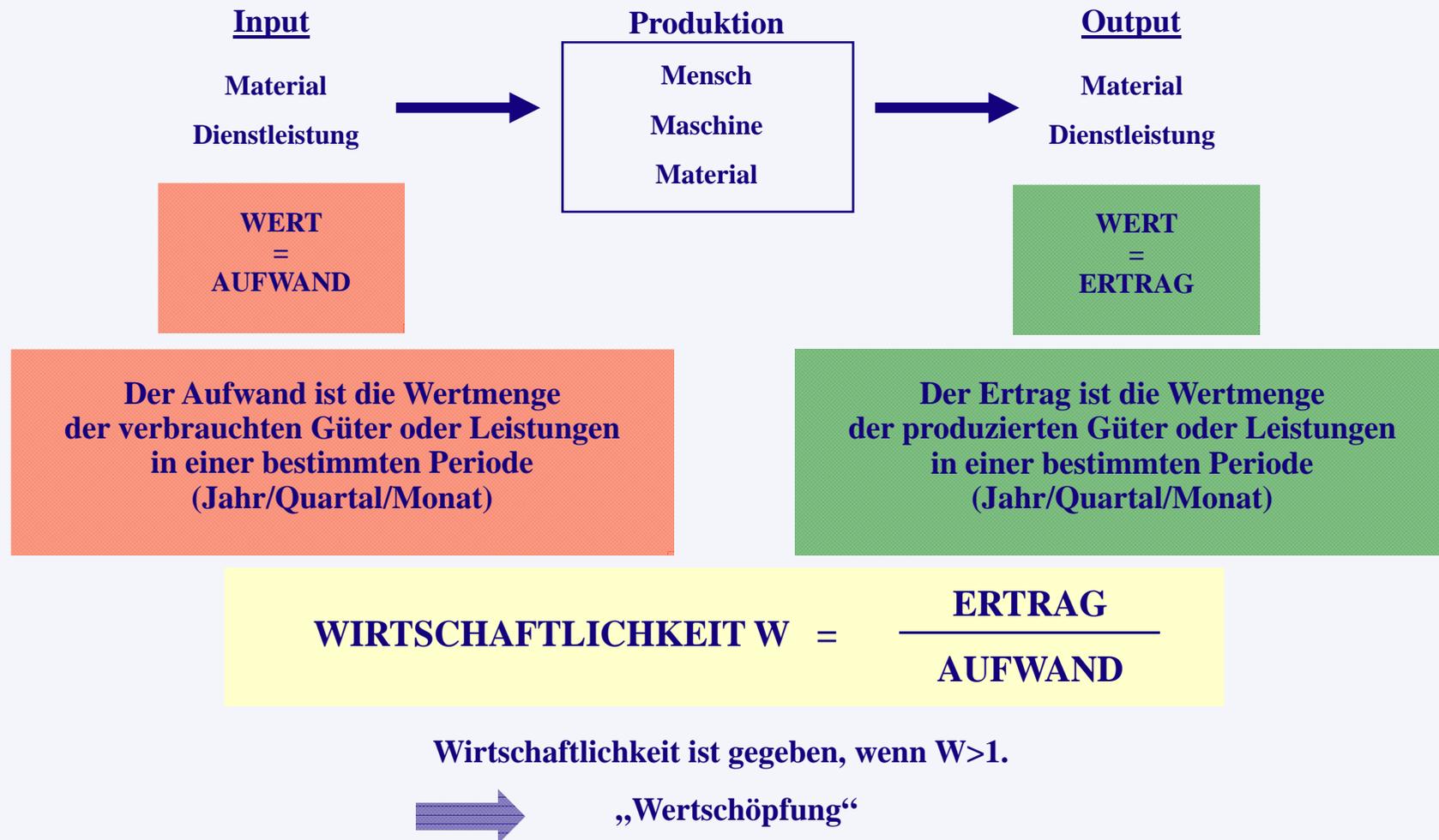
## Product (nach ANSI Standard Z94.0-1989)

Any commodity produced for sale.

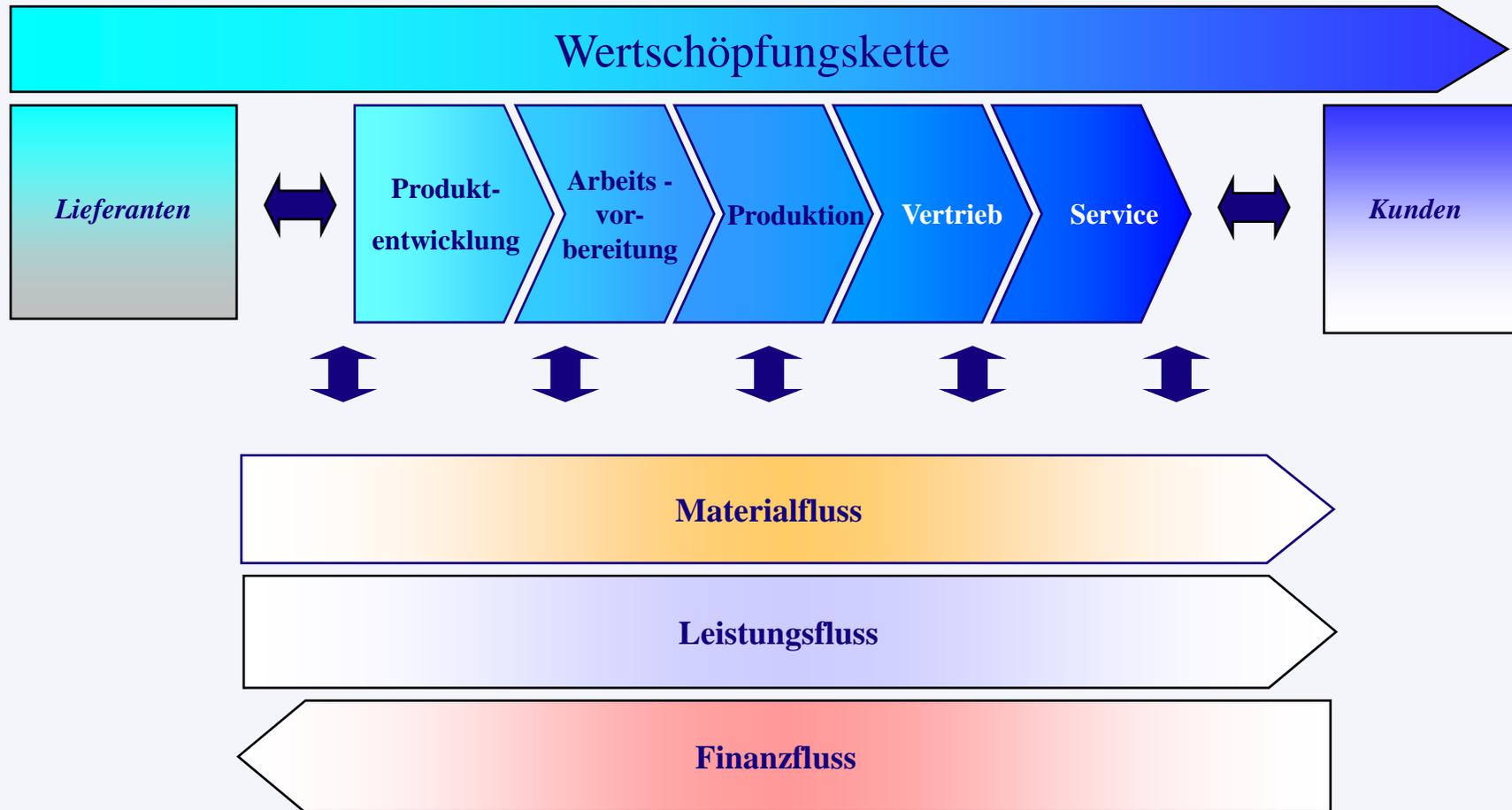


Keine weitergehende Differenzierung des Begriffes „Produkt“

# Der Begriff „Wertschöpfung“



# Die Wertschöpfungskette



# Konstruktionslehre

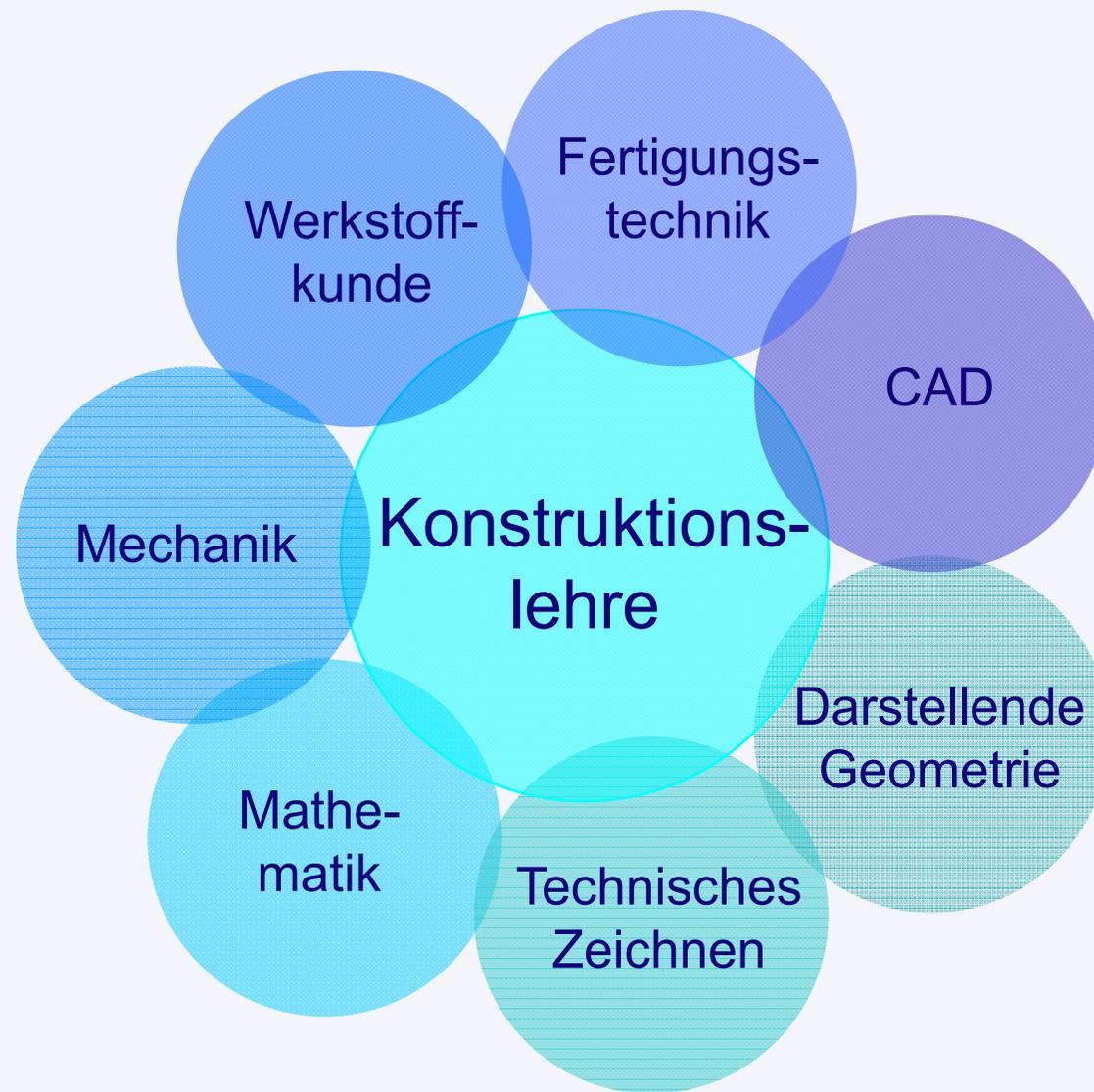
Unter Konstruieren versteht man die Summe aller Tätigkeiten, die zu einer Dokumentation führen, welche ein neues *technisches Produkt vollständig beschreibt* und so seine *Fertigung ermöglicht*.



Dazu gehören

- Überlegungen,
- Konzepte,
- Berechnungen,
- Entwürfe und schließlich
- Stücklisten und Zeichnungen mit Material-, Bearbeitungs-, Maß- und Toleranz-Angaben.

# Schematische Übersicht der Konstruktionslehre



# *Grundlagen CAD*

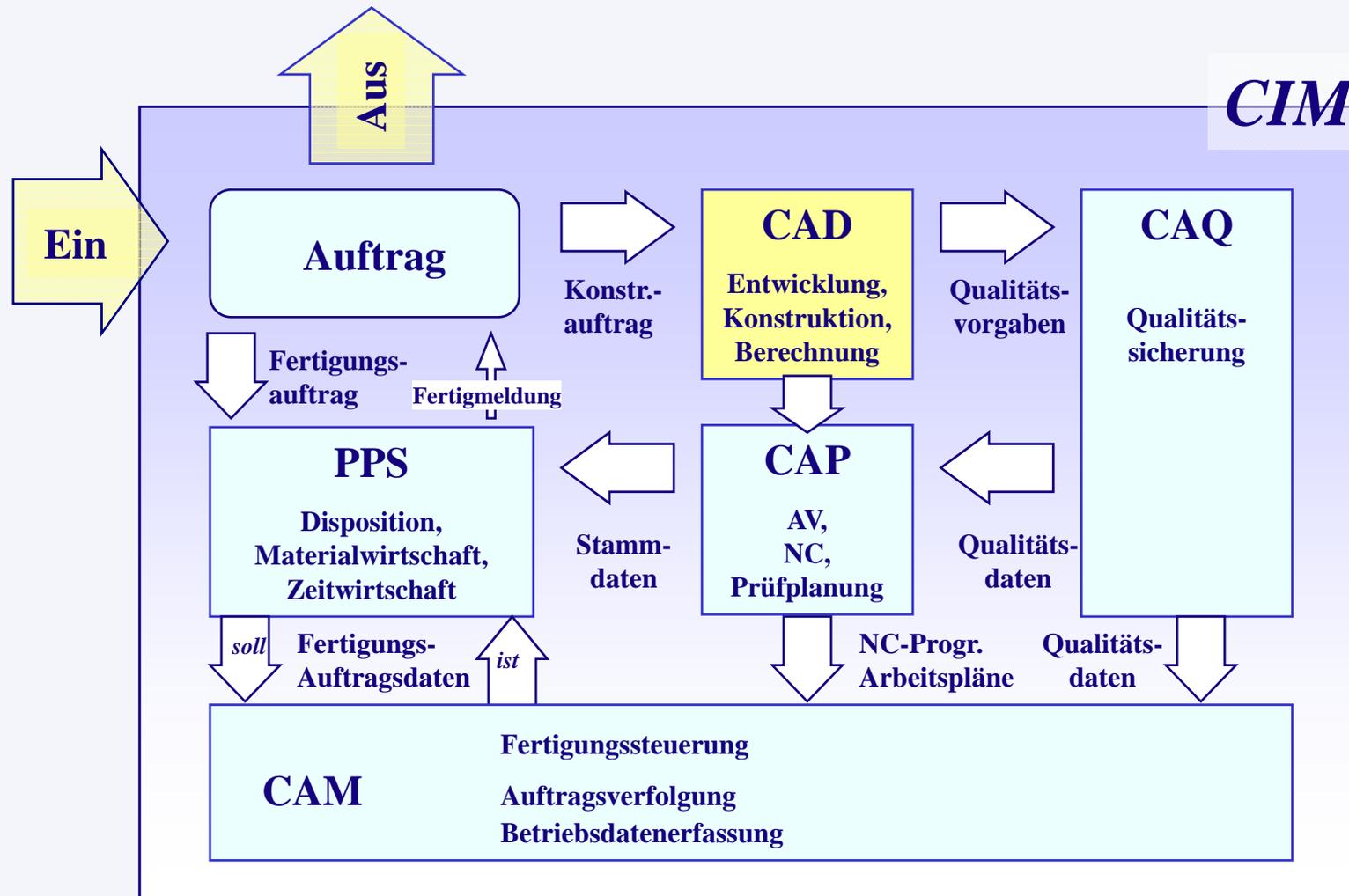
# *Inhalt: Grundlagen CAD*

- 1. Einführung, Begriffe, Trends*
- 2. 3D-CAD – Methodik des Parametrischen Konstruierens*
- 3. Arbeitsweise in SolidWorks*
- 4. Teile / Baugruppen / Zeichnungen*
- 5. Schnittstellen*
- 6. 3D Modellierung / Datenstrukturen*

# *Einführung*

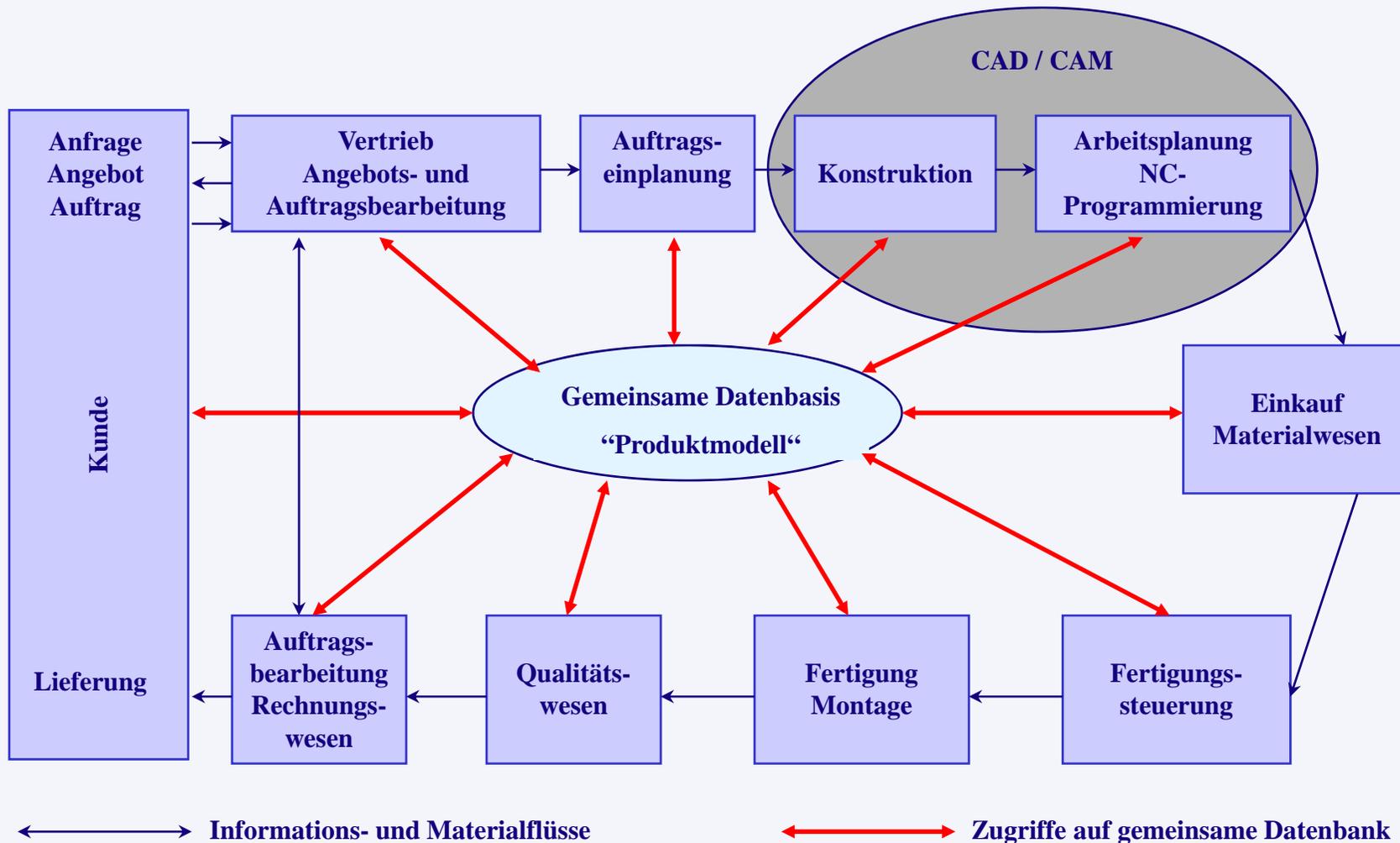


# CAD im CIM-Verbund



Quelle: Eigner /Maier

## Heutiges Ziel: integrierte Datenverarbeitung mit gemeinsamer Datenbasis



Quelle: Henning

# Ingenieuraufgaben im CAD-Umfeld

Zunahme Maschinenbauwissen

- Systemhandhabung

- Organisation und Steuerung des CAD-Einsatzes

- Systembetreuung,  
firmenspezifische Anpassung und Erweiterung

- Externe Einführungs- und Anwendungsberatung,  
anwendungsspezifische Auftragsentwicklung

- Systementwicklung

Zunahme Systemwissen

# Einsatz von CAD in der Produktentwicklung

## Planen

-

## Konzipieren

- Festlegen von Teilfunktionen und Suchen nach Lösungsprinzipien sowie Bausteinen zur Erfüllung der Funktionen
- Kombinieren der Lösungsprinzipien/Bausteine zum Erfüllen der Gesamtfunktion
- Erarbeiten von Konzeptvarianten

## Entwerfen

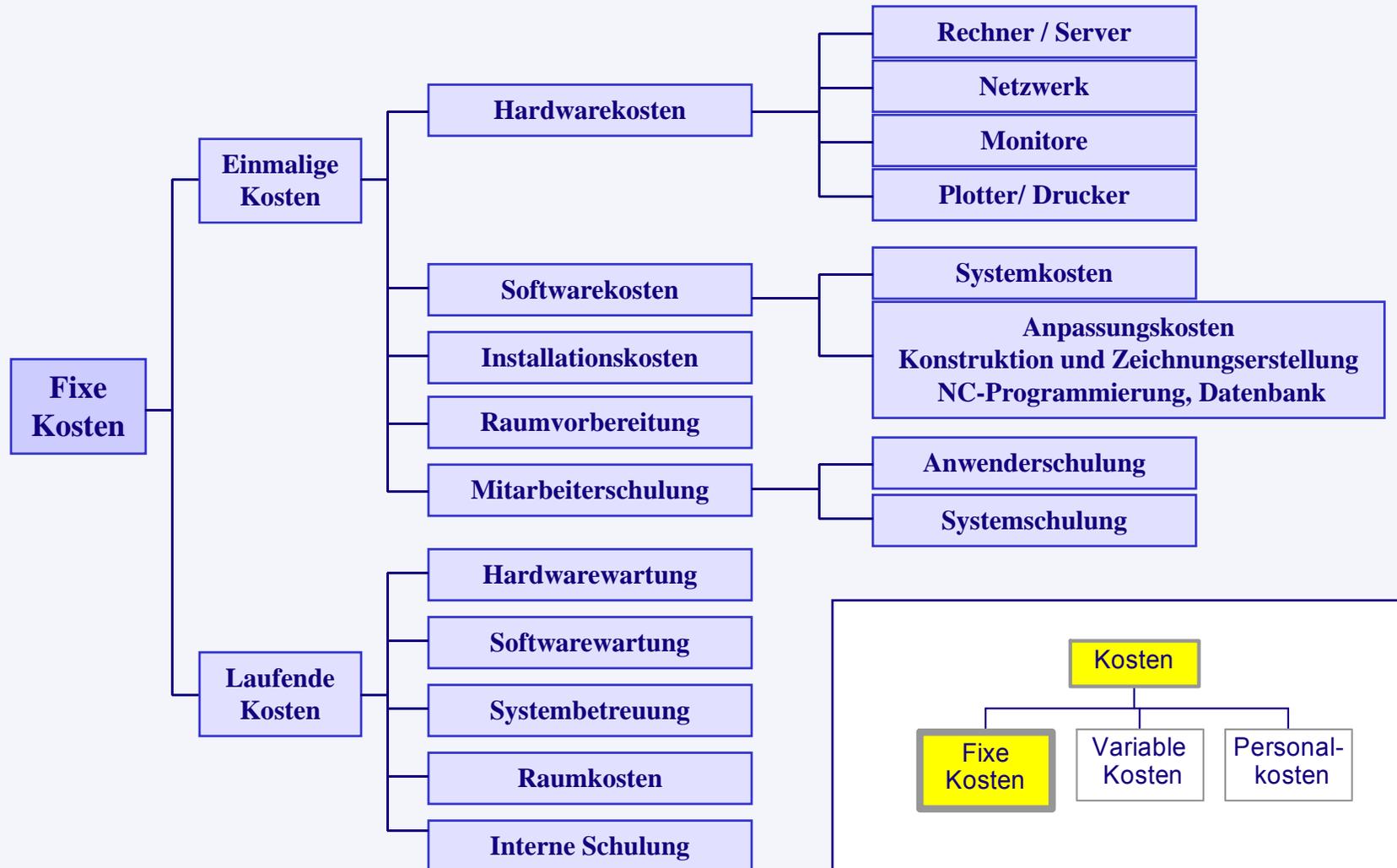
- Erstellen eines maßstäblichen Entwurfs
- Gestalten und Optimieren der Einzelteile

## Ausarbeiten

- Erstellen von Fertigungszeichnungen
- Ableiten von Stücklisten
- Informieren (z.B. Lieferantenzzeichnungen, Projektmeetings ...)
- Dokumentieren (z.B. Erstellen von Montageanleitungen ...)

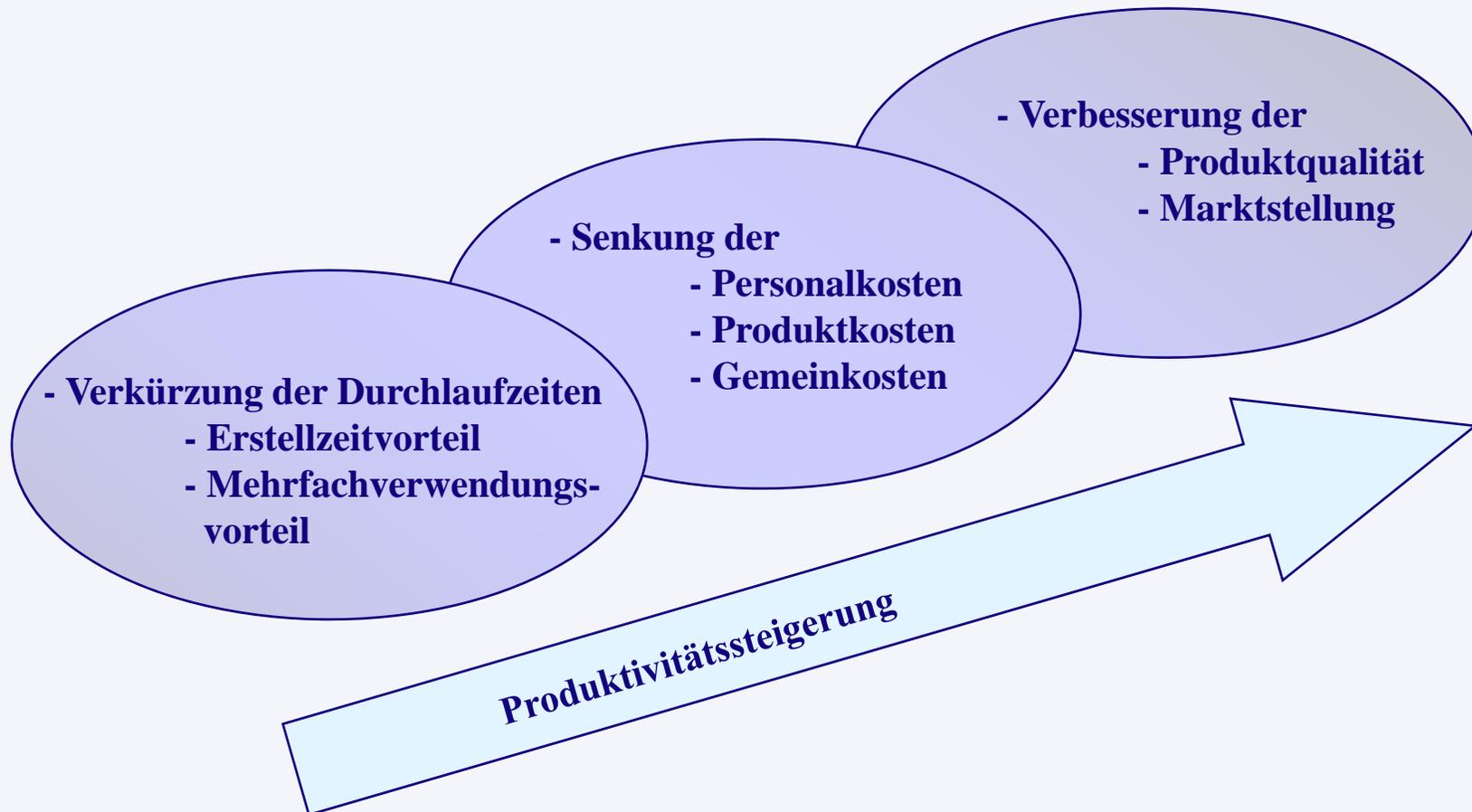
Ablauf nach VDI-Richtlinie 2222

# Fixe Kosten des CAD-Einsatzes

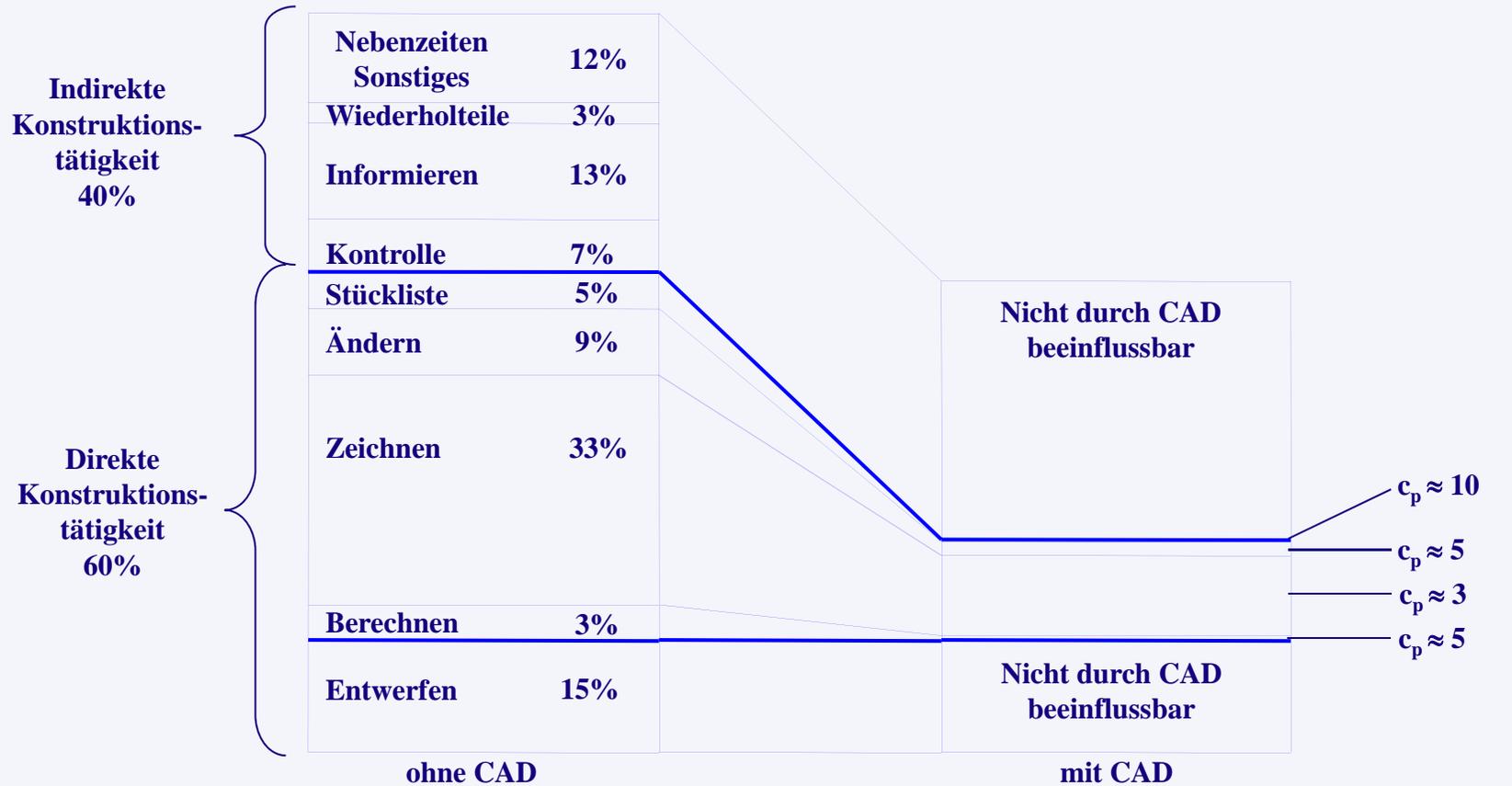


Quelle: Koch

# Unternehmensvorteile durch CAD-Einsatz



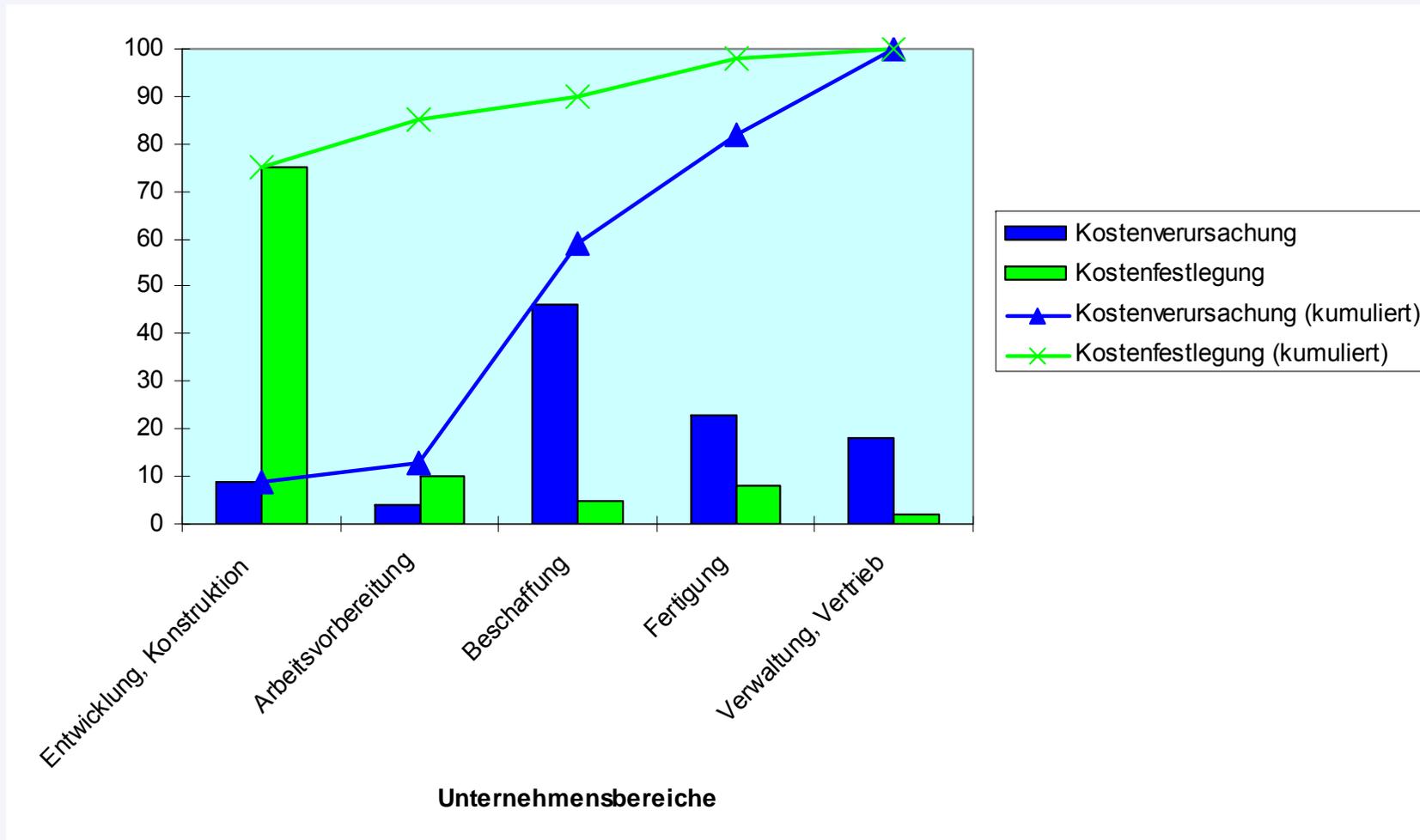
# Auswirkungen des CAD-Einsatzes auf Tätigkeitsprofile



c<sub>p</sub>: Produktivitätssteigerungs- bzw. Beschleunigungsfaktor

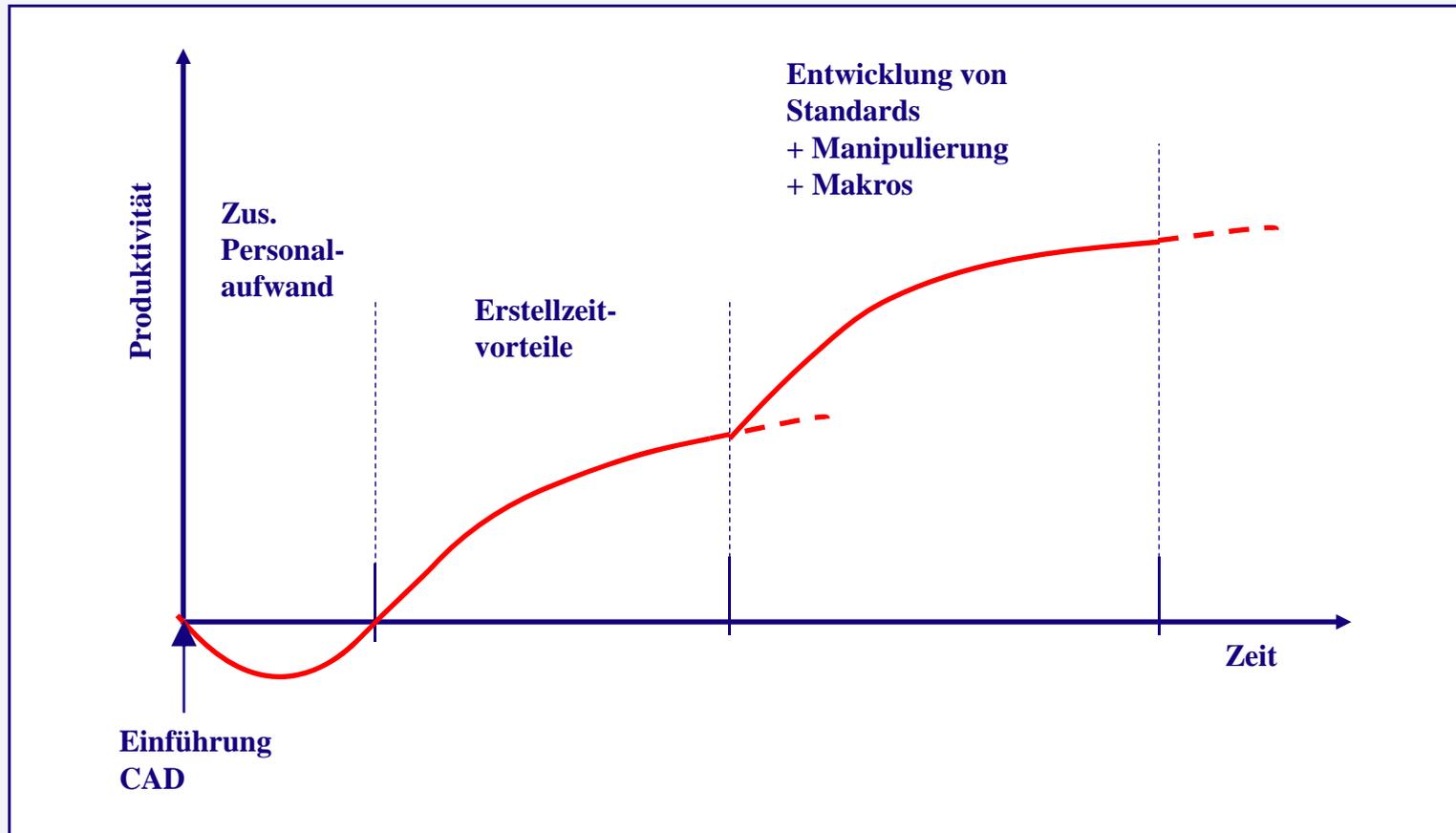
Quelle: Vajna, Weber, Schlingensiepen, Schlottmann CAD/CAM für Ingenieure, Vieweg-Verlag

# Kostenfestlegung und -verursachung



Quelle: Vajna, Weber, Schlingensiepen, Schlottmann CAD/CAM für Ingenieure, Vieweg-Verlag

# Zeitliche Entwicklung der Produktivität



Quelle: Henning

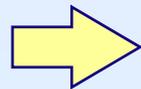
## Anforderungen an 2D-CAD-Programme

- **Einfache und strukturierte Handhabung**
- **Zeichnungserstellung nach gültigen Normen**
- **Assoziative Datenstruktur**
- **Teilestruktur**
- **Makrosprache**
- **Variantentechnik**
- **Auswahlmöglichkeiten bei Ändern und Löschen**
- **Normteilverwaltung**
- **Rasterdatenverarbeitung (Altzeichnungen)**
- **Schnittstellen:**
  - **Dateischnittstelle (DXF, IGES)**
  - **Programmschnittstelle ( fremde Programmteile)**
  - **Datenbankschnittstelle( Zeichnungsverwaltung)**

## Einsatz von 2D und / oder 3D

Vorteil 2D im Konstruktionsprozess:

Erzeugung reiner 2D-Teile wie flache Blechteile oder Schemazeichnungen sowie einfache Rotationseinzelteile. Hier stellt 3D einen zusätzlichen Aufwand dar, dem kein Nutzen gegenübersteht.



Es ist daher wichtig, dass man mit einem integrierten 2D/3D-CAD-System auch komfortabel in 2D arbeiten kann.

## Anforderungen an 3D-CAD-Programme (Auswahl)

- Einfache und strukturierte Handhabung
  - Assoziative Datenstruktur
  - Teilestruktur
  - Makrosprache
  - Variantentechnik
  - Auswahlmöglichkeiten für Manipulierung
  - Schnittstellen:
    - Dateischnittstelle (IGES 3D, STEP)
    - Programmschnittstelle ( fremde Programmteile)
    - Datenbankschnittstelle ( Teileverwaltung)
- entspricht  
2D
- Informationsbereitstellung für das Produktdatenmodell
  - Objektorientierung und Feature-Basierung
  - Berechnungsprogramme z.B. FEM
  - räumliche Kinematik
  - Prototypen
- Kaum / Keine  
Realisierung  
in 2D  
möglich

## Gründe für Migration

- **Altsystem erreicht technologische Lebensdauer, mangelnde Zukunftsperspektiven**
- **Unzufriedenheit aufgrund gravierender Mängel des Altsystems**
- **Wunsch nach Nutzung effizienterer Technologien**
  - **3D-Modellierung**
  - **Wissensverarbeitung**
  - **Parametrisierung**
  - **Feature-Basierung**
  - **Objektorientierung**
- **Anpassung an EDM/PDM- und Workflow-Management-Systeme**  
**Gemeinsame Datenbasis: Produktdatenmodell**
- **Datenaustausch als Kundenforderung**
- **Veränderte Anforderungen an das CAD/CAM-System**

## Schwierigkeiten bei der Migration

- **Übertragung des bestehenden Datenbestandes auf das neue System**
- **Übertragung des Anwendungs-Know-How ( anwendungsspezifische Programme und Werkzeuge) des Altsystems auf das neue System**
  - **Variantenprogramme**
  - **Menüs**
  - **Kommandofolgen (in Makros)**
- **Schulungsaufwand**
- **Arbeitsausfall bei Ablösung des Altsystems**

# Beurteilungsmerkmale von CAD-Systemen

Hardware:	Systemart, Rechnertyp, Leistungskennzahlen, RAM, Grafikbeschleunigung, Plattenspeicher, Bildauflösung und -wiederholfrequenz, Spezialhardware (Tablett), Ausbaufähigkeit, Anschlussmöglichkeiten, Vernetzung, Übertragungsraten, ...
Betriebssystem:	Möglichkeiten, Geschwindigkeiten, Netzwerksoftware, Entwicklungspotential, Aufwärtskompatibilität, Sicherheiten, ...
CAD-Software:	Leistungsniveau, Datenstruktur, Beschreibungselemente, Teile, (allgemein) Assoziativität, Variantentechnik, Parametrisierung, Schnittstellen, Erweiterung und Anpassung, Online-Hilfe, Menüs, Sinnfälligkeit, Darstellung, Makros, Freihandsymbole, Anwendungsmodule z.B. Stücklistengenerierung, ...
2D-Software:	Bemaßungsstandards, Schriftarten, Symbole, Rahmen, Geometrieelementerzeugung und Manipulierung, Schraffur
Gesamtkosten:	Anschaffung, laufende Kosten, variable Kosten, Personalkosten

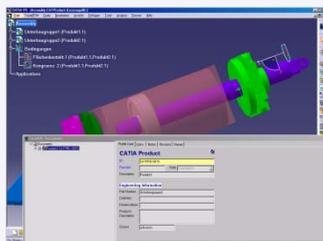
# *Parametrik*



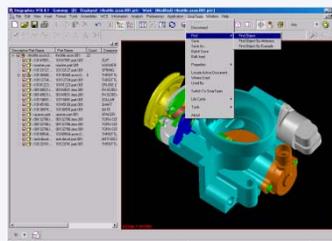
# Parametrische CAD-Systeme

- Die Mehrzahl der modernen 3D-CAD Systeme sind so genannte „Parametrische Systeme“.
- Durch parametrisches Konstruieren wird vor allem die Erstellung von Varianten stark vereinfacht.

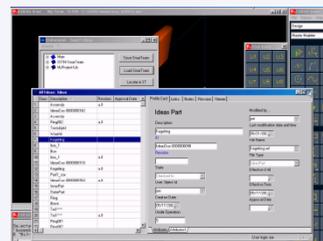
Catia



Unigraphics



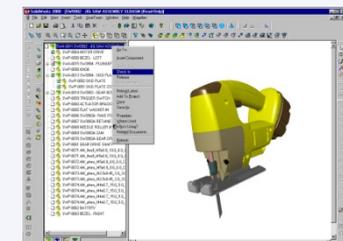
I-DEAS



SolidEdge

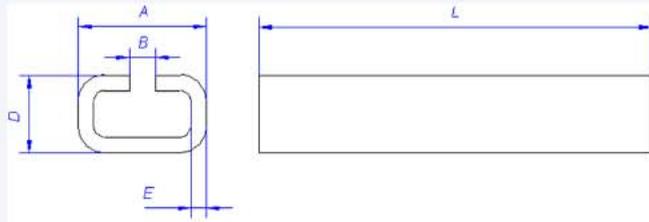


SolidWorks



# Variantentechnik: Arten von Varianten

## Formvariante



### Traditionell:

- Geometrie-Änderung
- Veränderliche Abmessungen
- Bemaßungen variabel
- Struktur des Datenmodells konstant

## Gestaltvariante



- Topologie-Änderung
- Verschiedene Geometrie-Elemente
- Anzahl und Beziehungen innerhalb des Datenmodells variieren.

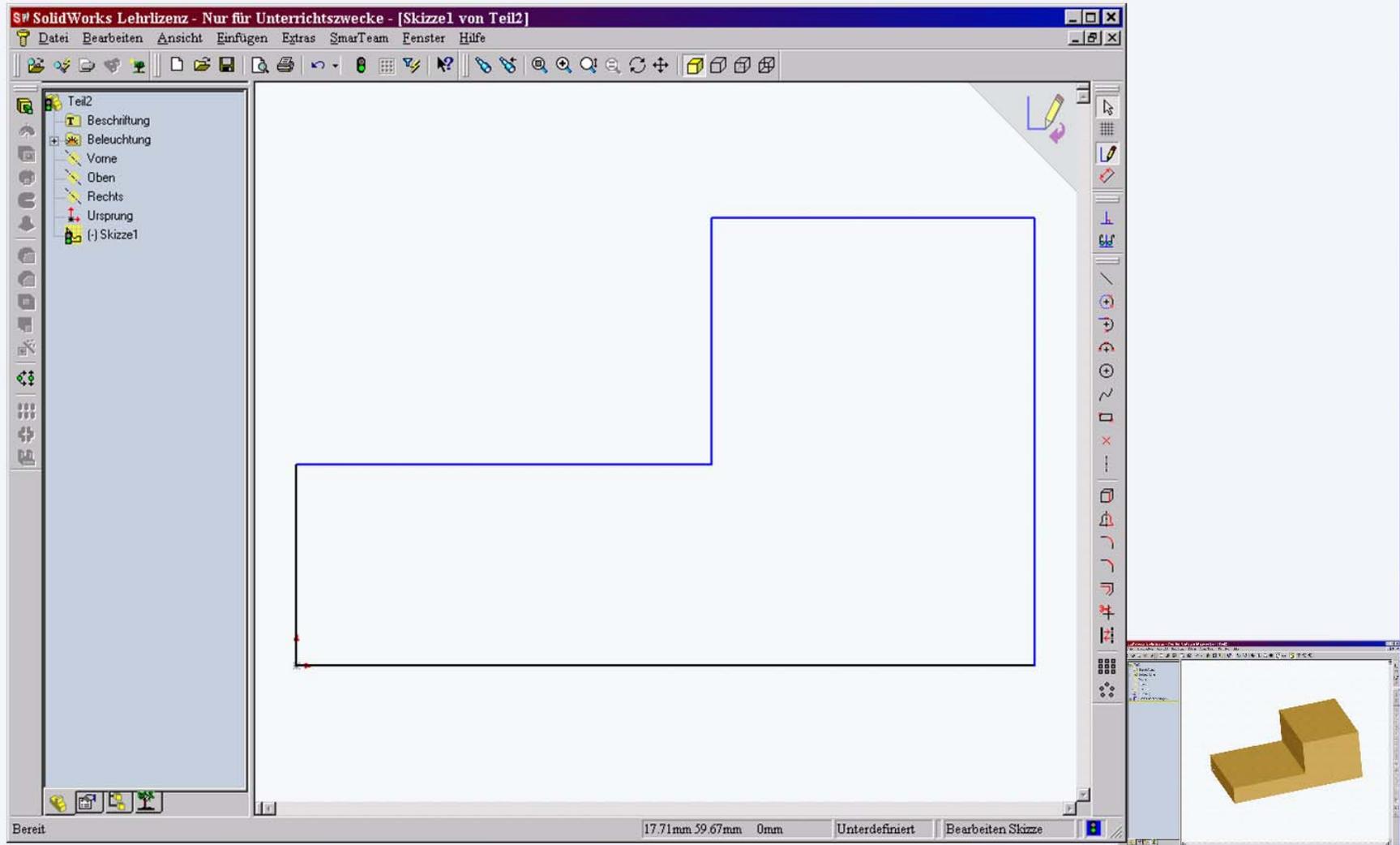
## Definition Parametrik

Die Parametrik-Funktionalität eines CAD-Systems ermöglicht die Verwendung variabler Größen ("Parameter") für die Eigenschaften und Abhängigkeiten in und zwischen Produktmodellen.

Das CAD-System muss dabei das Produktmodell aktualisieren und die Konsistenz des Modells hinsichtlich systeminterner Regeln prüfen und sicherstellen

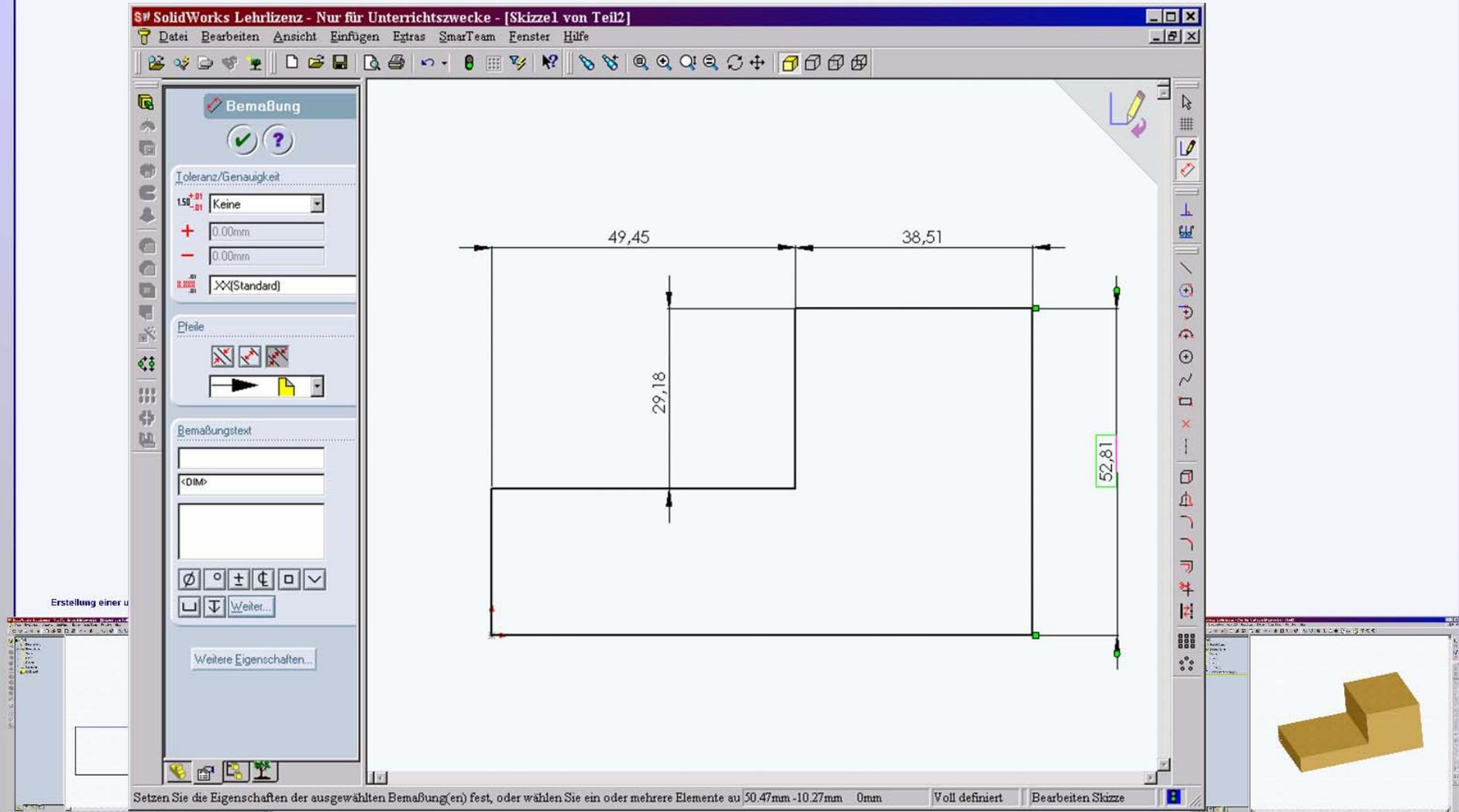
# Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

## Erstellung einer unmaßstäblichen Skizze



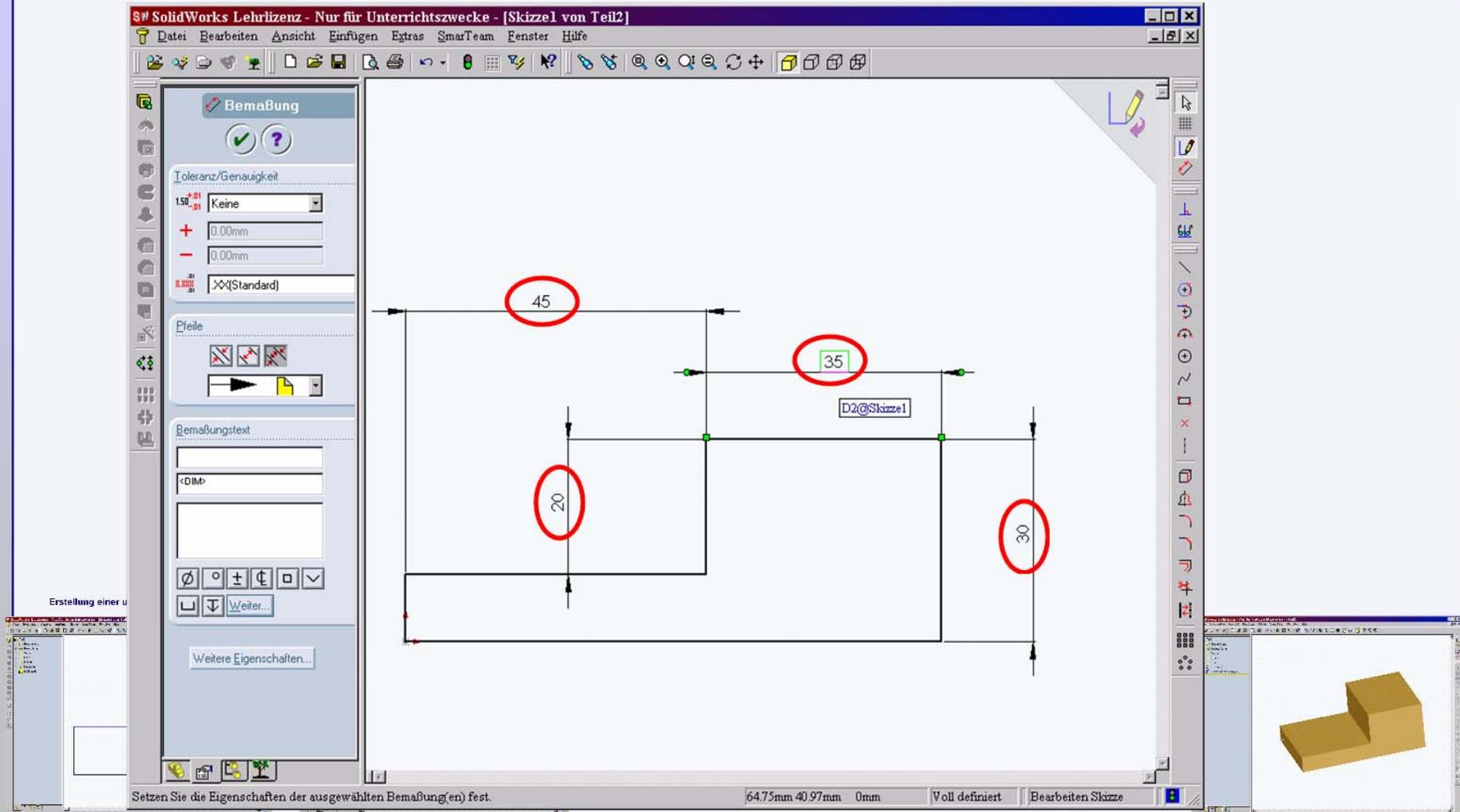
# Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

## Einfügen der Bemaßung



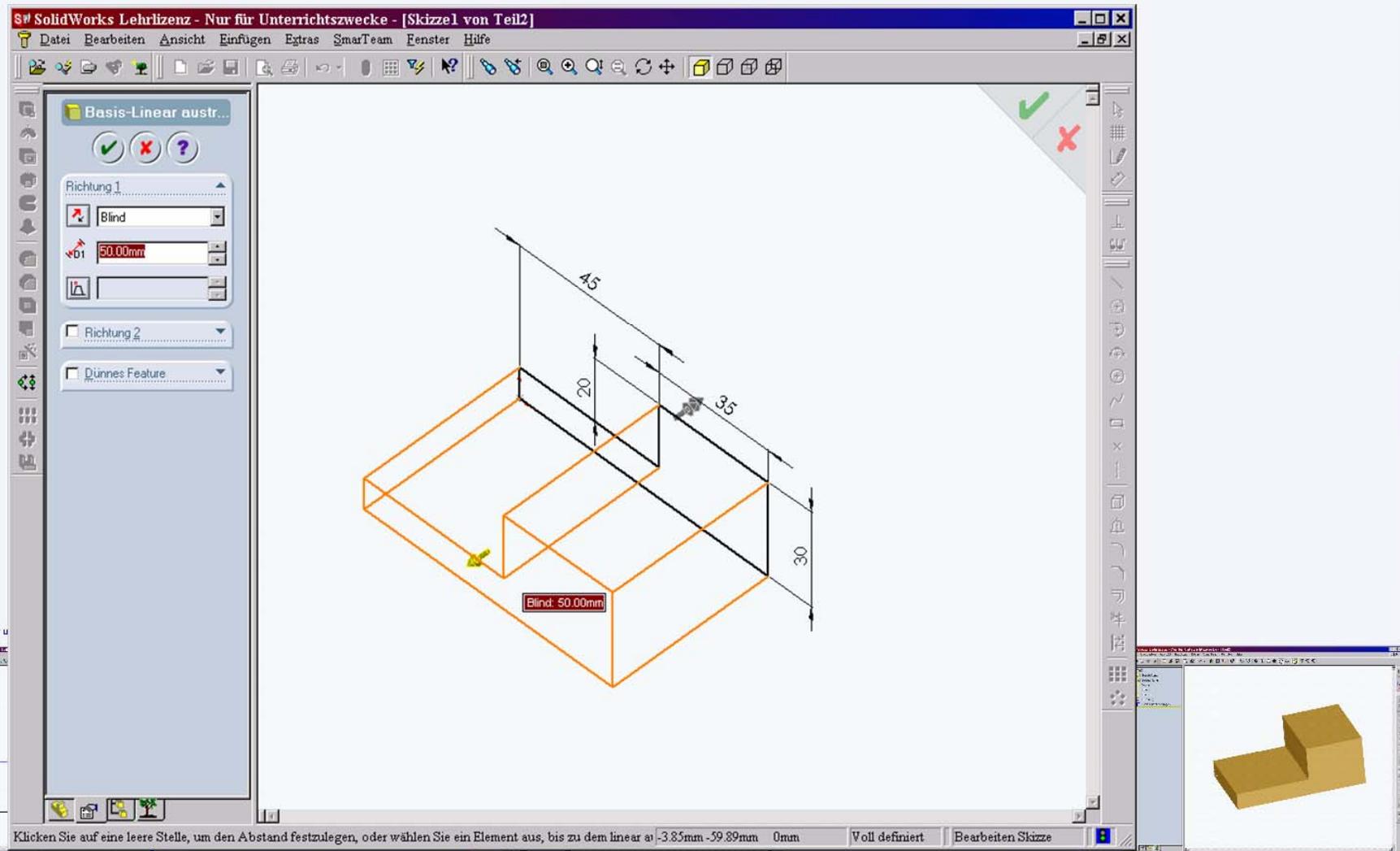
# Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

## Überschreiben der Maße



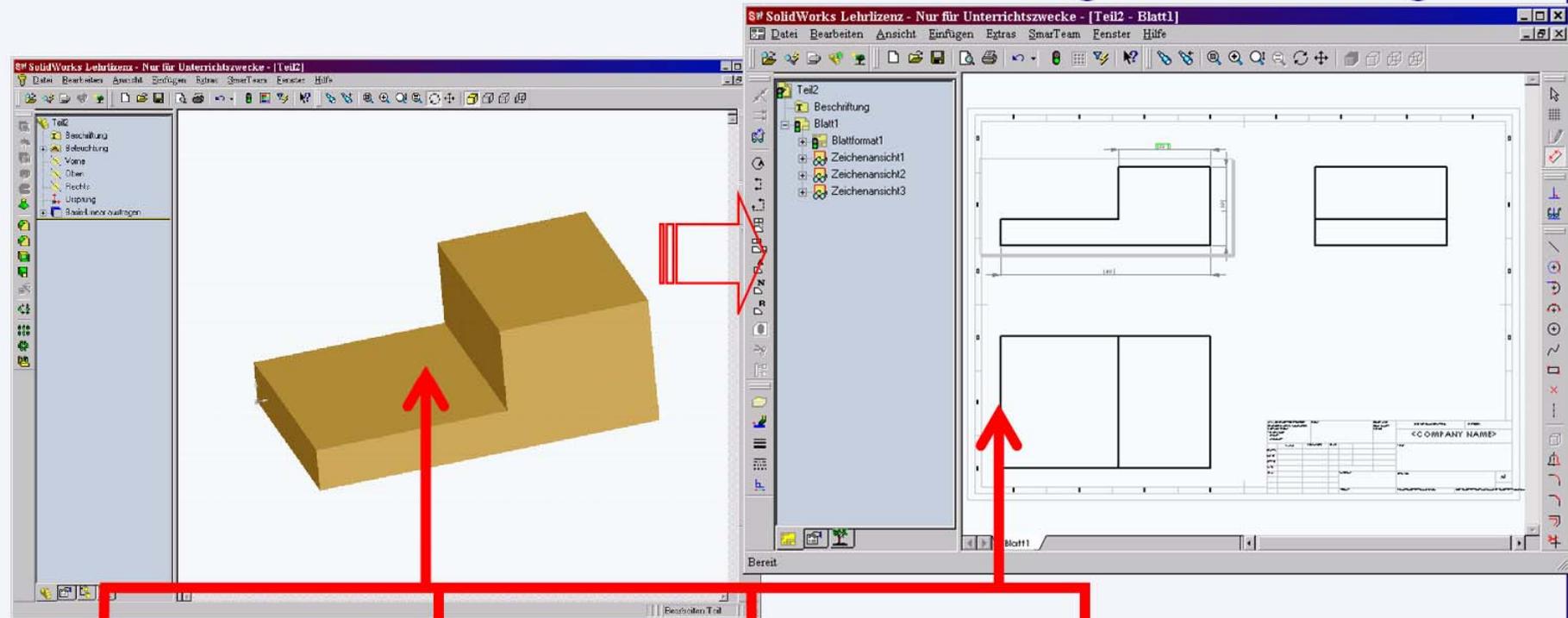
# Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

## Volumen erzeugen durch Feature „Extrudieren“

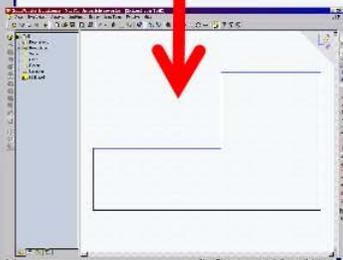


# Parametrische CAD-Systeme: Funktionsweise

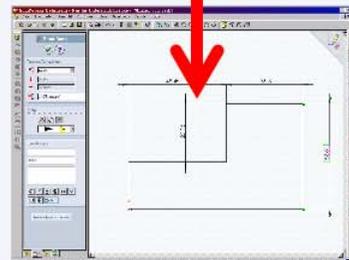
## Ableitung einer Zeichnung



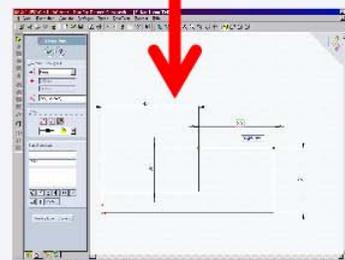
Erstellung einer unauflösbaren Skizze



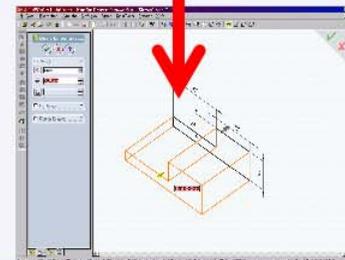
Einfügen der Maße



Überschreiben der Maße

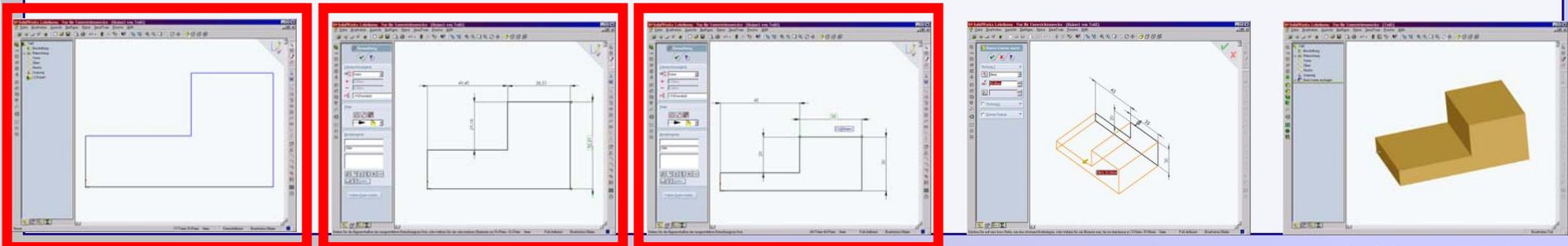


Volumen erzeugen durch Feature „Extrudieren“



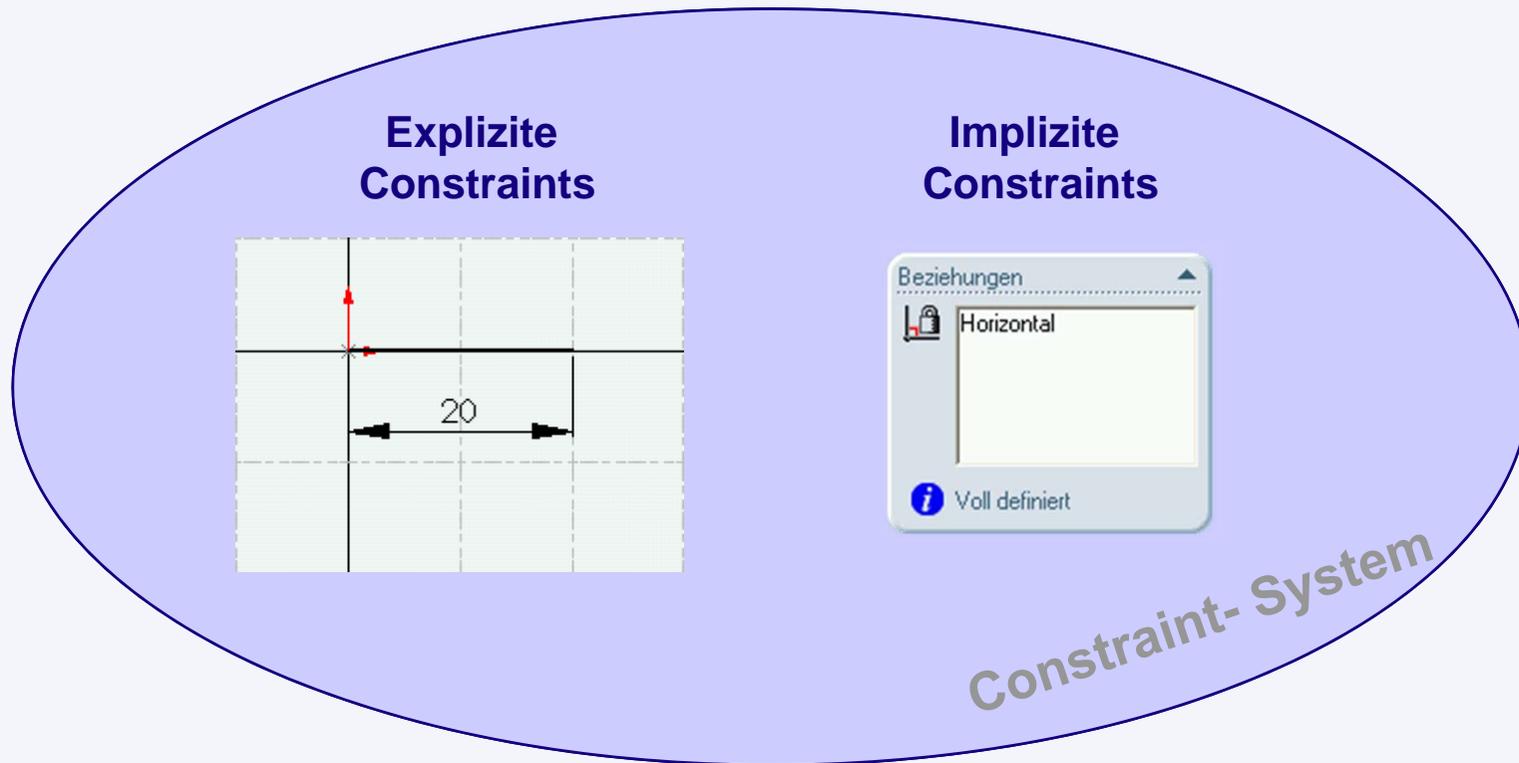
# Grundlagen der Parametrik

- Der Aufbau der Geometrie im Entwicklungsprojekt kann zunächst skizzenhaft erfolgen.
- Durch Anbringen von Bemaßungen und Überschreiben der Werte erfolgt die Detaillierung der Geometrie.
- Das CAD-System ist in der Lage, die bereits erstellte Geometrie durch die Veränderung der Parameter zu bearbeiten.
- Die Bemaßungen entsprechen Randbedingungen an die Geometrie.



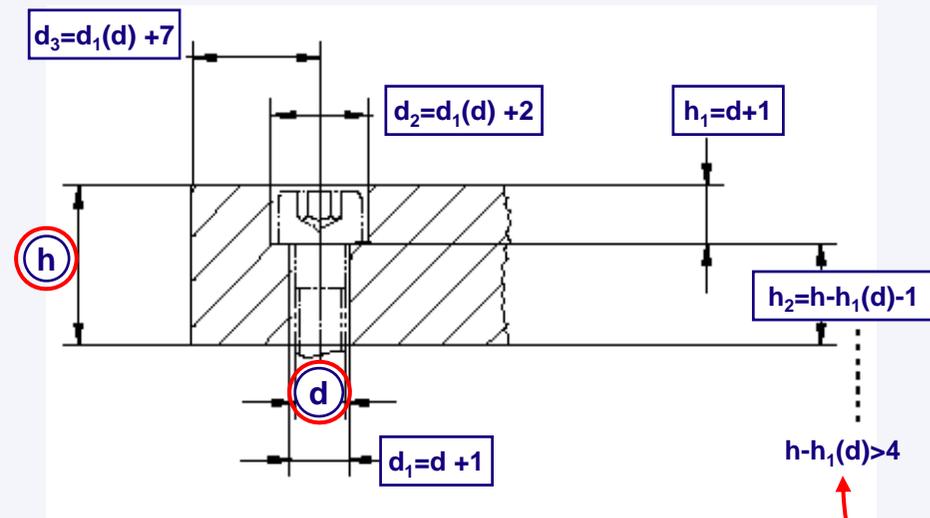
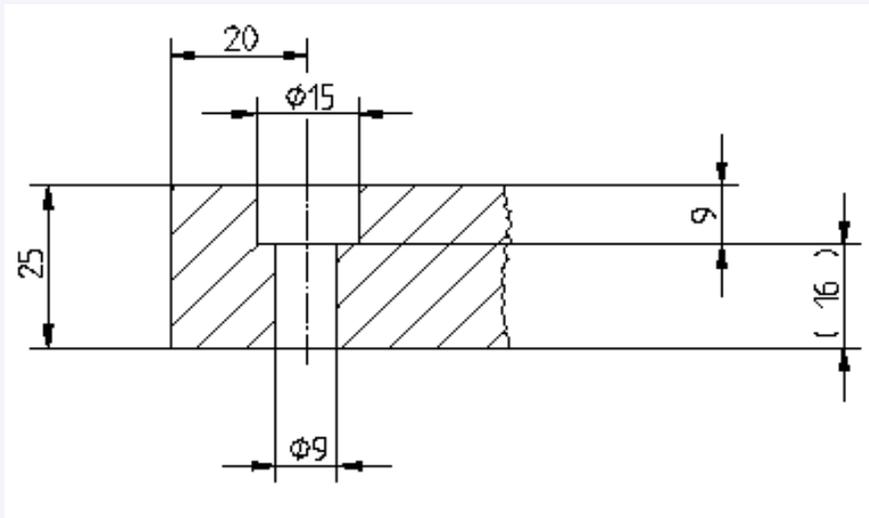
# Parametrische Abhängigkeiten

Randbedingungen sind vereinfacht in zwei Bereiche aufteilbar:



Die Gesamtheit der Randbedingungen zur Abbildung einer Konstruktionsabsicht bildet ein Randbedingungssystem / Constraint-System.

# Explizite Randbedingungen / Constraints: Beispiel



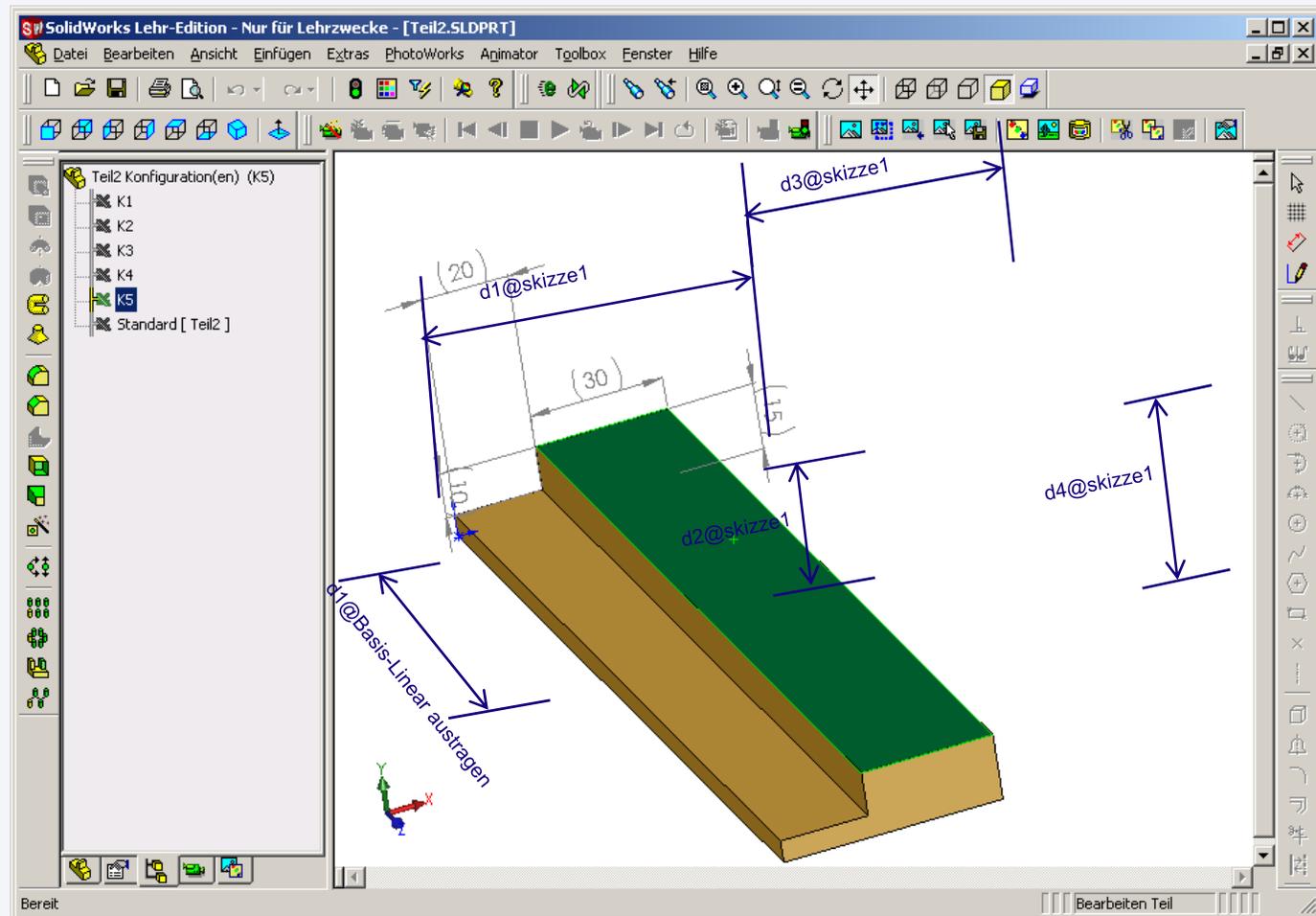
- - unabhängige Variable (Eingangsparameter)
- - abhängige Variable (gesteuerter Parameter)
- zusätzliche Randbedingungen ("Constraints")

# Parameter-Tabellen

In Tabellen können Werte für Parameter eingegeben werden.

Die Zeilen der Tabelle entsprechen den verschiedenen Konfigurationen des Modells

Das CAD-System erstellt diese Konfigurationen automatisch



## Explizite Constraints: Generelle Möglichkeiten

- Diskrete Werteingabe

- Zuweisung eines Wertes für einen Parameter, z.B.  $p1=1$
- Zuweisung einer Längen- oder Winkelangabe über Bemaßung in Skizzen

- Gleichungsangabe

- Zuweisung eines Parameterwertes über andere Parameter:  $a=2*b$

- Verwenden von Wertetabellen

- Erstellen von Konfigurationen über Parametertabellen

- Verwenden von logischen Ausdrücken

- Steuerung von Formelementen über logische Abfragen

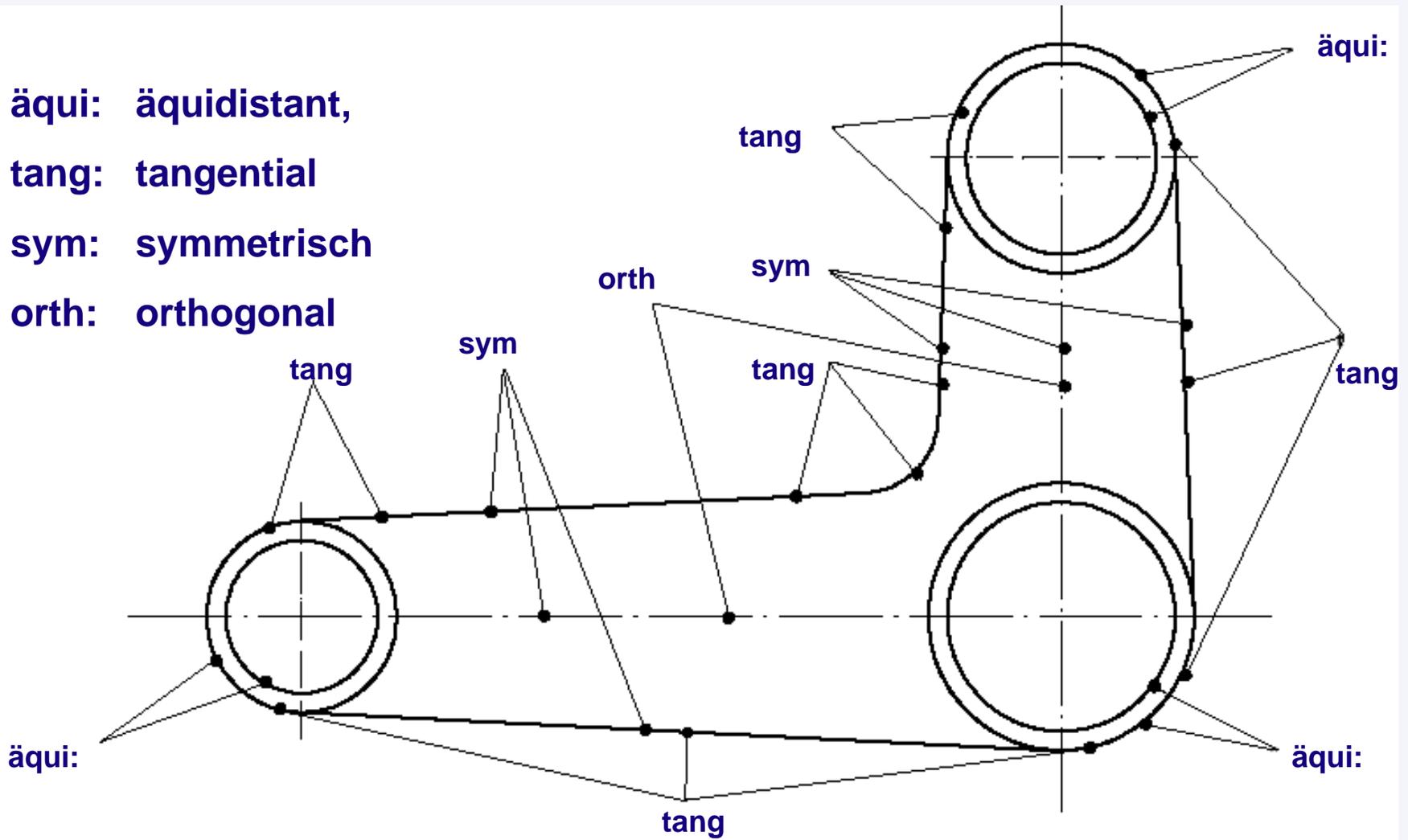
# Implizite Randbedingungen / Constraints: Beispiel

**äqui:** äquidistant,

**tang:** tangential

**sym:** symmetrisch

**orth:** orthogonal



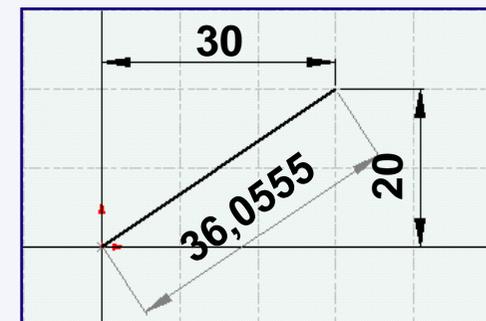
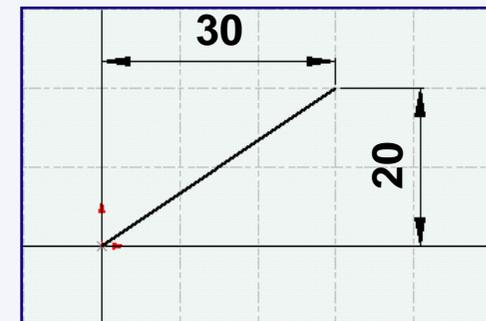
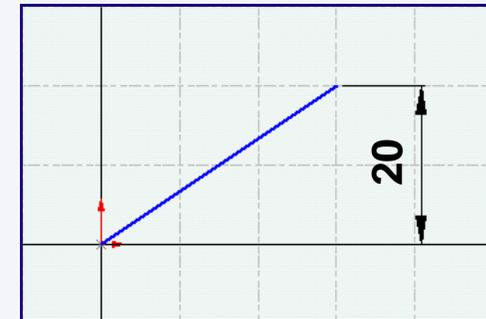
# Bestimmtheit des Constraint- Systems

Ein Constraint- System ist

unterbestimmt, wenn keine eindeutige Lösung oder eine unendlich große Anzahl von Lösungen existiert.

vollständig bestimmt, wenn genau eine eindeutige Lösung existiert.

überbestimmt, wenn zu viele Constraints existieren.



# Gestaltvarianten mit Parametrik

## Lösung: Erstellung der Varianten mit Hilfe von Konfigurationen

Variante 0: unbearbeitet



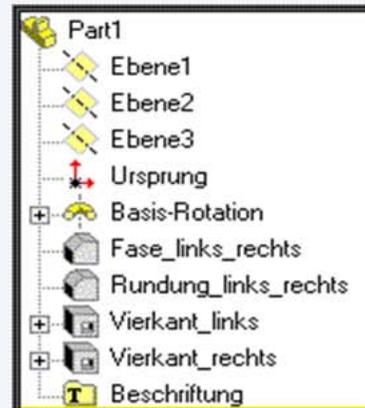
Variante 1: Fase



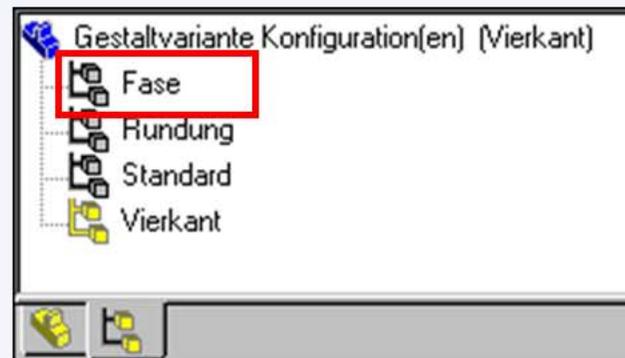
Variante 2: Rundung



Variante 3: Vierkant



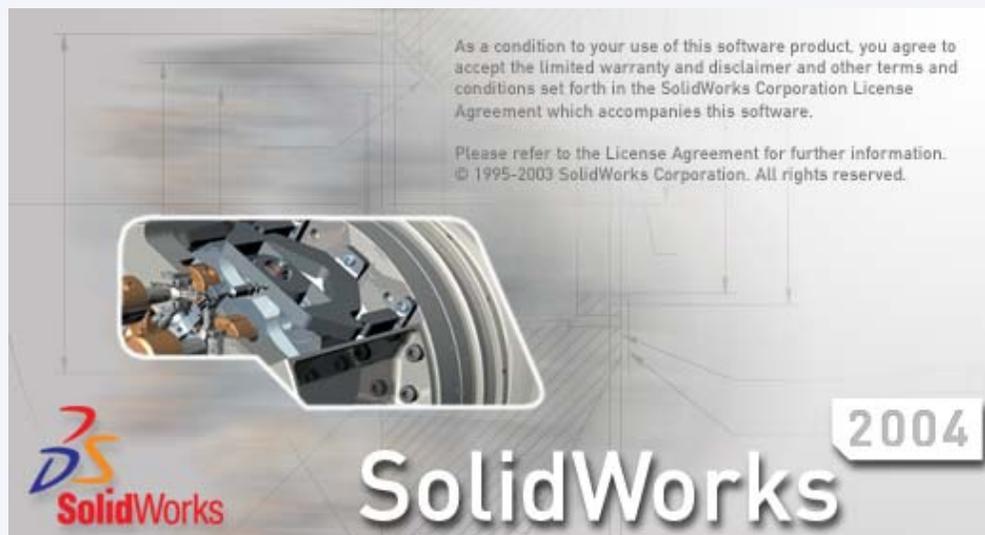
	A	B	C	D	E
1		\$STATUS@Fase links rechts	\$STATUS@Rundung links rechts	\$STATUS@Vierkant links	\$STATUS@Vierkant rechts
2	Fase	Nicht unterdrückt	U	U	U
3	Rundung	U	Nicht unterdrückt	U	U
4	Vierkant	U	U	Nicht unterdrückt	Nicht unterdrückt
5					



- **Durch Parametrisierung erhalten Bauteile eine implizite Programmierung. Es entsteht eine Instanz mit Größen, die weiterhin variabel bleiben können. Das vorhandene Randbedingungssystem wird sequentiell gelöst.**

- **Variantenprogramme werden explizit programmiert. Als Ergebnis einer CAD-Variantenkonstruktion entsteht mit Hilfe eines Variantenprogrammes (interaktives Festlegen der variablen Größen) sequentiell ein Modell mit festen Werten.**

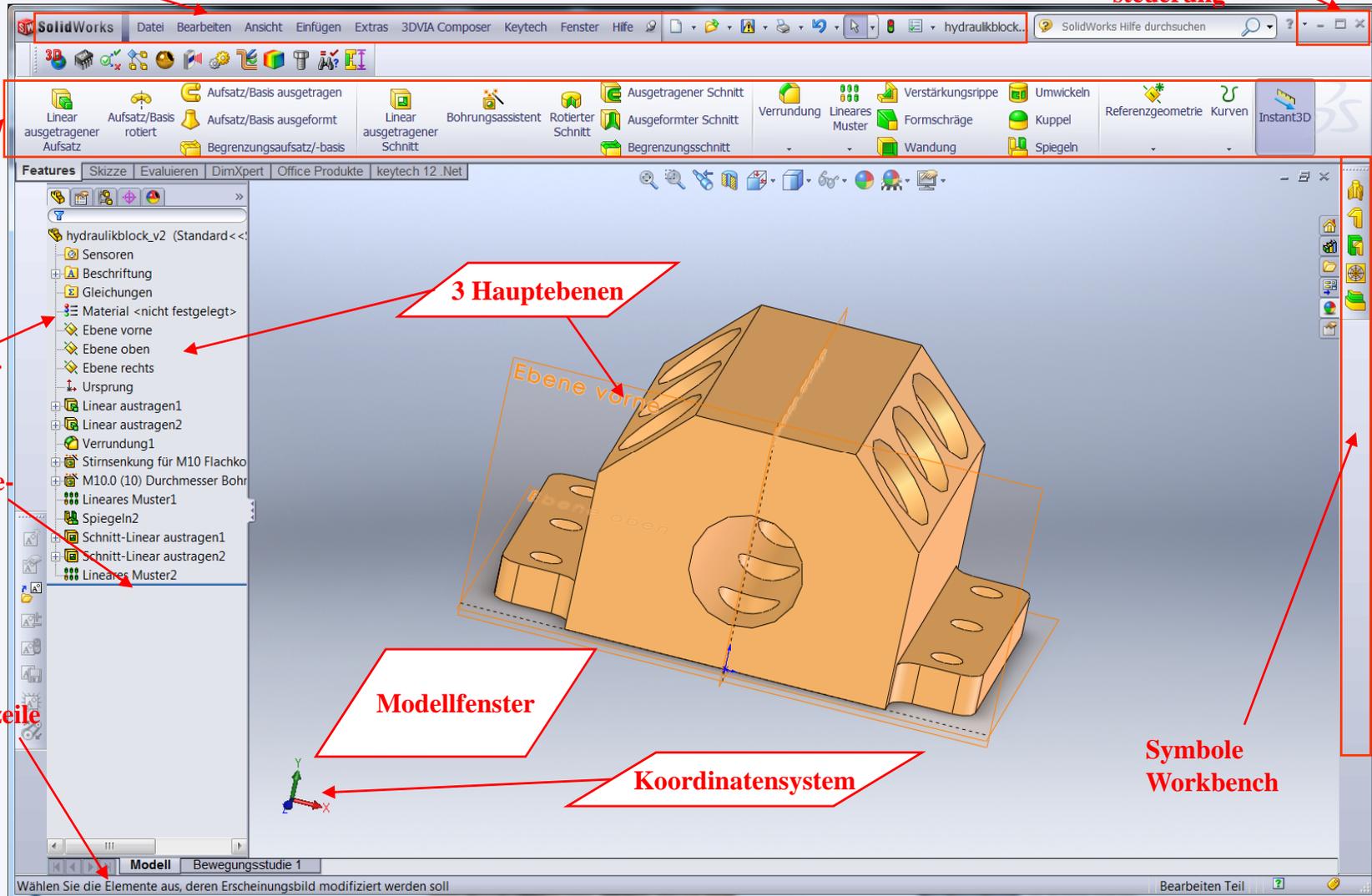
# *Arbeitsweise mit SolidWorks*



# Der SolidWorks-Bildschirm

Menü-  
leiste

Windows  
Standard-  
steuerung



# Mausfunktionen



**Selektieren**, von Elementen. Durch gleichzeitiges Drücken der STRG-Taste können mehrere Elemente gewählt werden. Bei gedrückter Taste kann eine Auswahlbox aufgespannt werden.



**Rotieren**, der Bildschirmansicht.



**Kontextmenu**. Abhängig von der Position des Cursors wird ein kontextsensitives Menu aufgerufen.

**STRG +** 

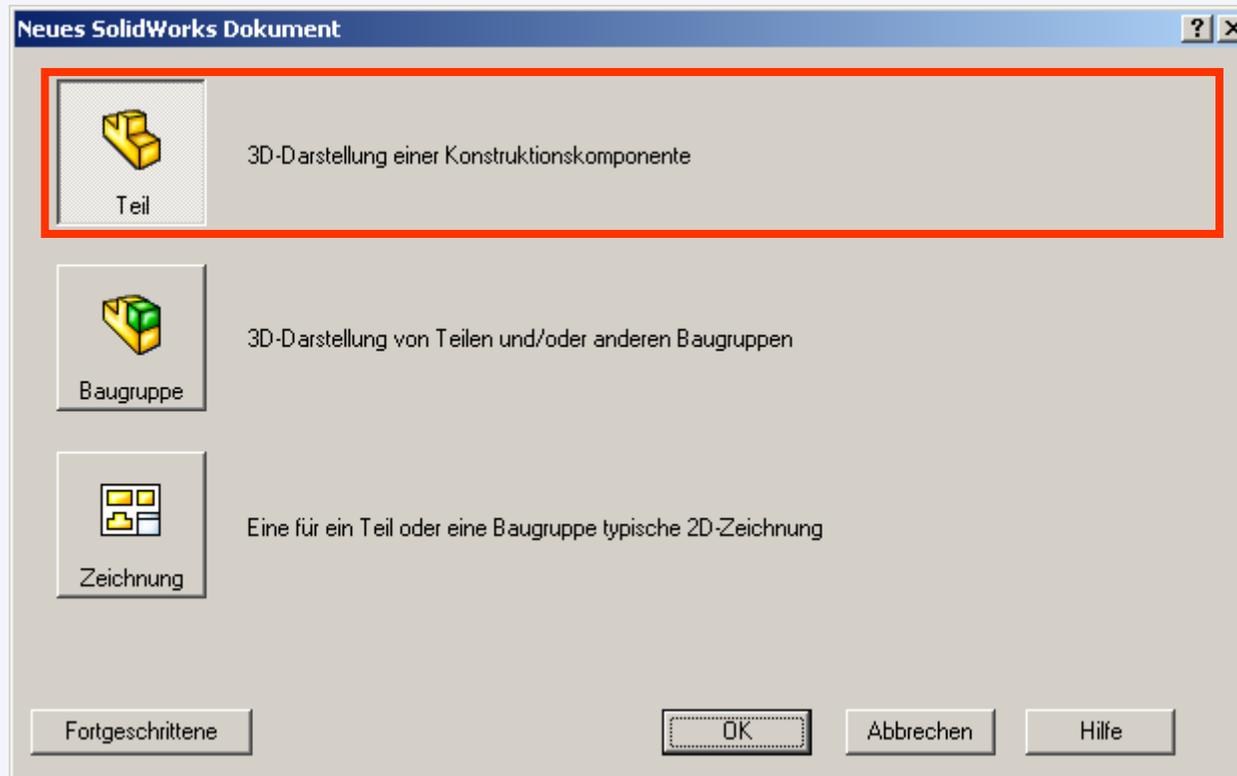
**Verschieben**, der Bildschirmansicht.

**UMSCHALT +** 

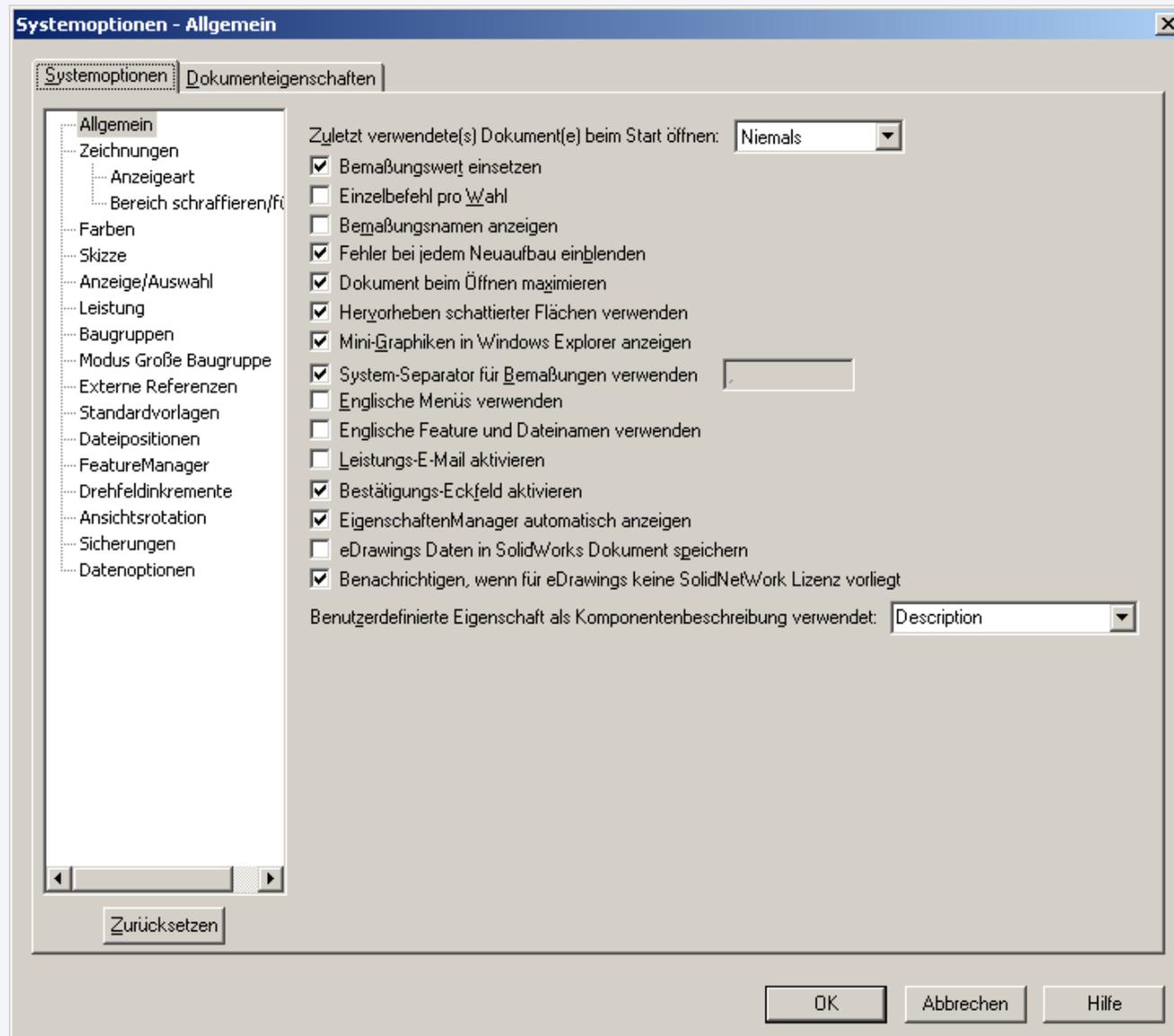
**Zoomen**, der Bildschirmansicht. Verkleinern bzw. Vergrössern

Hinweis: Bei Verwendung einer Maus mit einem Rad, kann mit Hilfe des Rads auf die aktuelle Cursorposition (statt die Bildschirmmitte) gezoomt werden.

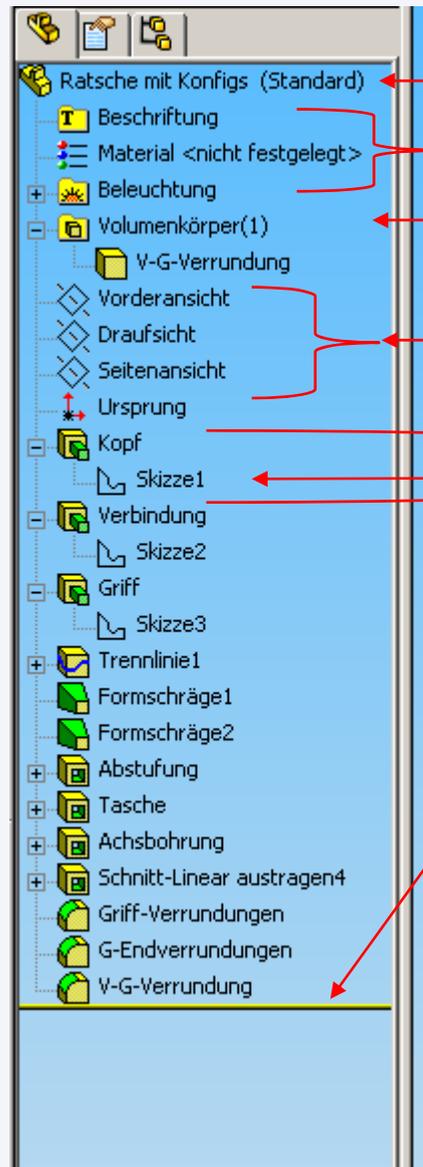
# SolidWorks Dokumentarten



# Menu: Extras -> Optionen



# Feature Manager



**Bauteil**

**Zusätzliche Informationen  
hier: Material, Beleuchtung...**

**Hauptkörper**

**Hauptebenen, Koordinatensystem**

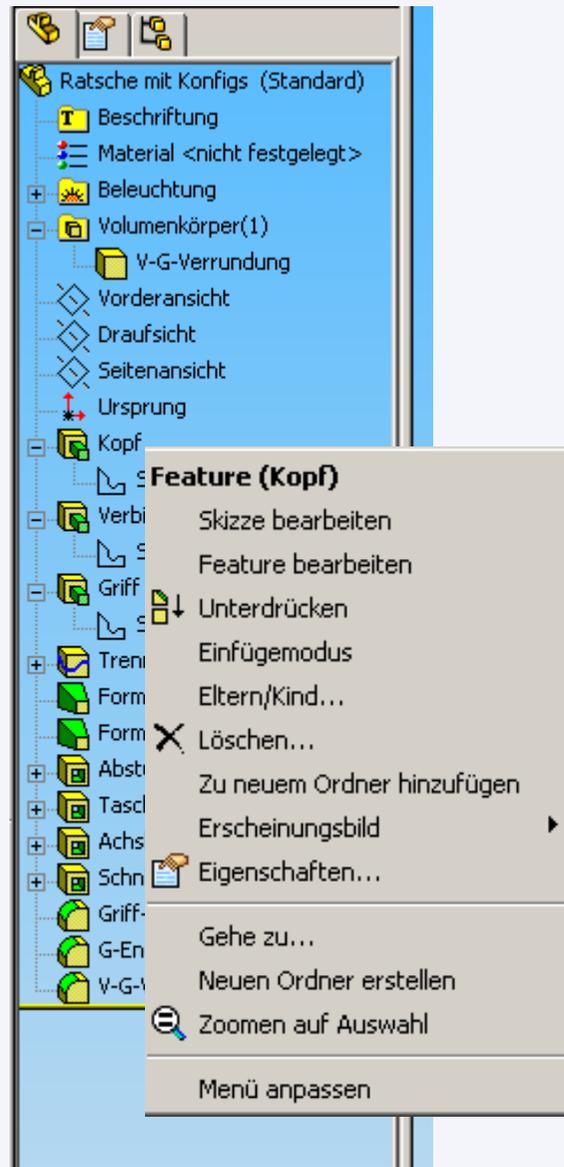
**Skizzendefinition**

**Feature (Block.1)  
(Konstruktionselemente)**

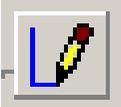
**Einfügemarke**

- **Alle Informationen (Parameter, Material, Bedingungen etc.)**
- **Entstehungsgeschichte**
- **Hierarchischer Aufbau**
- **Selektion der Geometrie in Feature Manager**
- **erlaubt nachträgliche Änderungen der Konstruktion**

# Feature Manager

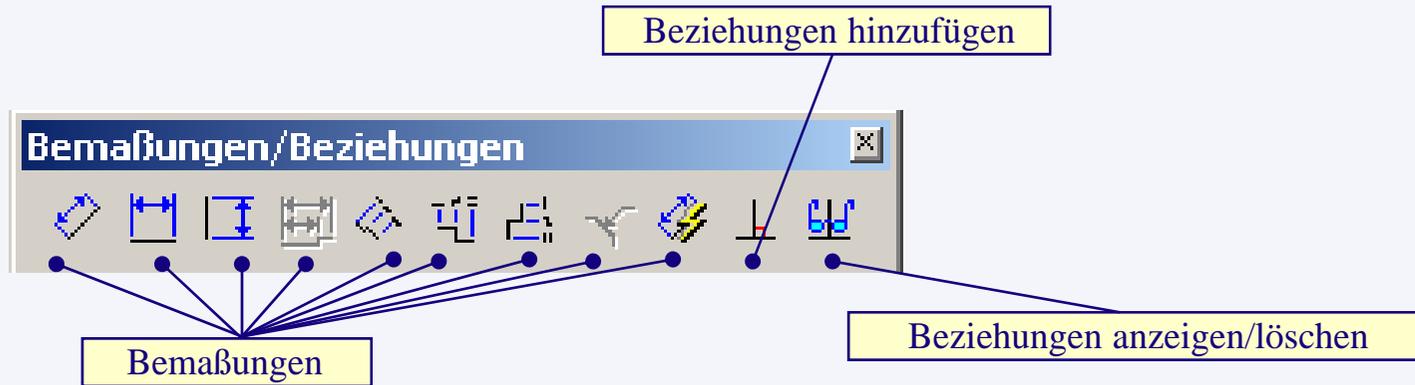


# Skizzen

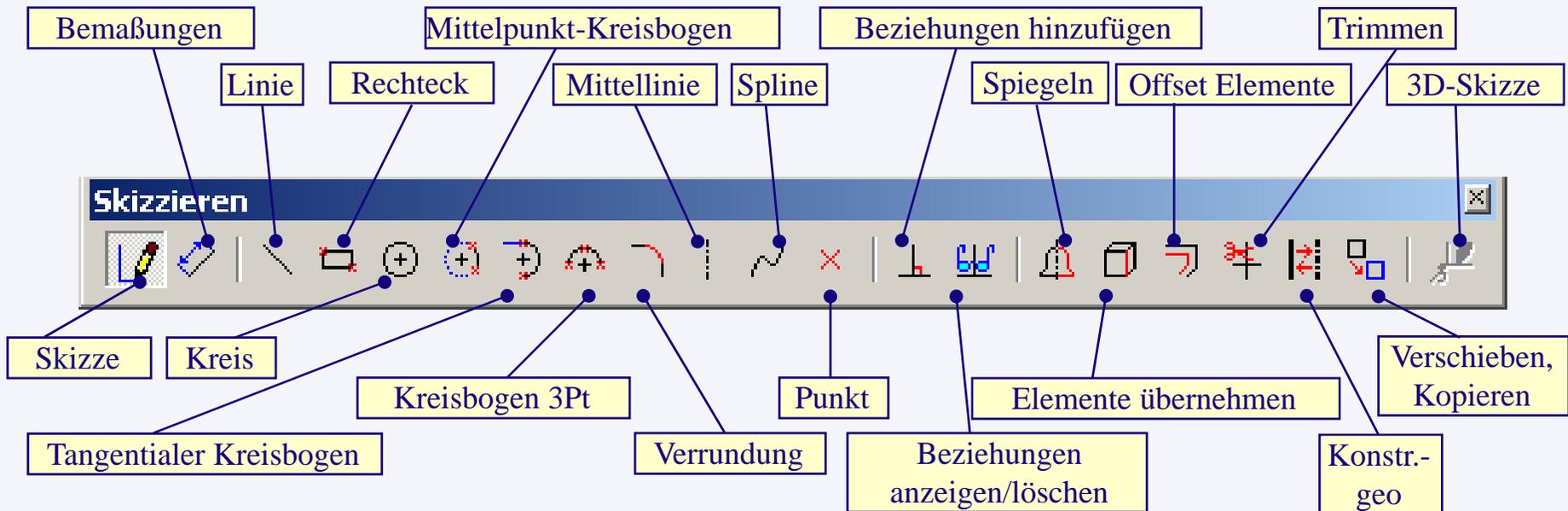
- In 2D-Skizzen können Konturen erstellt werden, die anschließend in einen 3D-Körper überführt werden
- Erstellung einer Skizze in einer Ebene.
- Starten der Skizzen-Umgebung mit: „*Einfügen -> Skizze*“
  - ⇒ Oder Symbol: 
  - ⇒ Danach Ebene oder ebene Fläche wählen. (vordefinierte Ebene oder ebene Körperfläche)
- Skizzen können nachträglich verändert werden. Dazu wird die Skizze im Feature Manager ausgewählt. (Kontextmenu: Skizze bearbeiten)

# Menüleisten

## Skizzenbeziehungen



## Skizzierwerkzeuge



# Beziehungen hinzufügen / anzeigen

Beziehungen hinzufügen

Beziehungen hin...

Ausgewählte Elemente

Linie1

Bestehende Beziehungen

Tangential0  
Tangential4

Voll definiert

Beziehungen hinzufügen

Horizontal  
**Vertikal**  
Fix

Konfigurationen

Diese Konfiguration  
**Alle Konfigurationen**  
Konfigurationen festlegen

Bearbeitete Teil  
Schmiedeteil  
Standard

Alle Zurücksetzen

Beziehungen anzeigen/löschen

Beziehungen anz...

Beziehungen

Ausgewählte Elemente

Linie1

Tangential0  
Tangential4

Erfüllt

Unterdrückt

Löschen Alle löschen

Elemente

Konfigurationen

# Einfügen von Gleichungen

The screenshot displays the SolidWorks 2004 interface. The 'Einfügen' (Insert) menu is open, and 'Gleichungen...' (Equations...) is selected. A 'Neue Gleichung' (New Equation) dialog box is open, showing the equation:  $D1@Skizze1 = 2 * D2@Skizze1$ . The background shows a 3D model of a part with dimensions 74,29 and 46,50. The 'Bemaßung' (Dimension) toolbar is visible on the left, and the 'Eigenschaften' (Properties) tree is on the right.

Neue Gleichung

7	8	9	/
4	5	6	x
1	2	3	-
0	( )	+	
.	=		

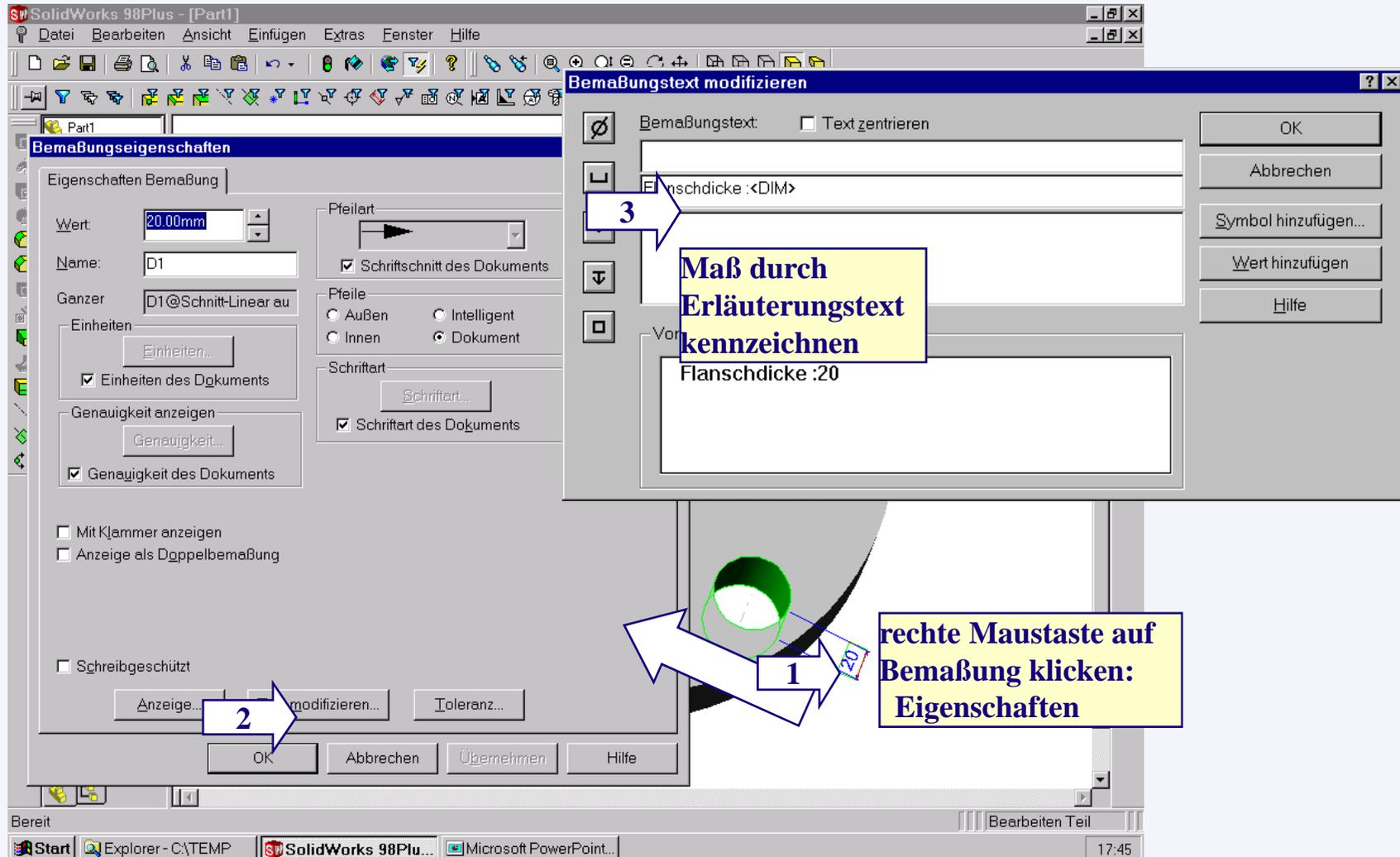
OK Abbrechen Rückgängig

Setzen Sie die Eigenschaften der ausgewählten Bemaßung(en) fest.

# Operatoren und Funktionen in Gleichungen

Operator	Beschreibung	Funktion	Beschreibung	Anmerkung
+	Addition	sin(x)	Sinusfunktion	Einheit für x: Radiant
-	Subtraktion	cos(x)	Cosinusfunktion	Einheit für x: Radiant
*	Multiplikation	tan(x)	Tangensfunktion	Einheit für x: Radiant
/	Division	atn(x)	Kotangensfunktion	Einheit für x: Radiant
^	Exponentialfunktion	abs(x)	Absolutwert	
		exp(x)	Exponentialfunktion	liefert e <sup>n</sup>
		log(x)	Natürlicher Logarithmus	
		sqr(x)	Quadratwurzel	
		int(x)	Ganzzahl	Konvertierung in eine ganze Zahl
		sgn(x)	Vorzeichen	

# Kennzeichnung von Maßen

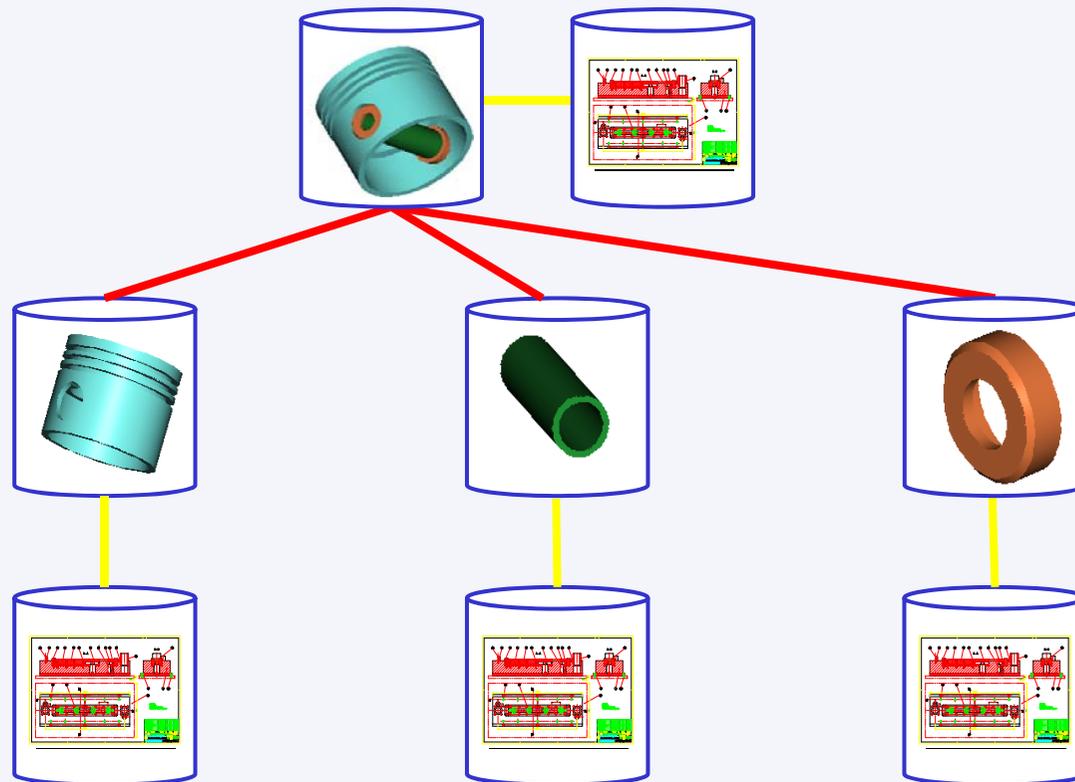


# Baugruppen – Allgemeine Dokumentenstruktur

Baugruppe  
(Assembly)

Teil  
(Part)

Zeichnung  
(Drawing)



Logischer Link

Hierarchischer Link

Assembly – Assembly  
Assembly – Part

„Erste“ Stückliste

# Baugruppen – Product Structure

## Bottom-Up-Design

Bottom-Up-Design ist die traditionellere Methode der beiden. Beim Bottom-Up-Design erstellen Sie Teile, fügen sie in eine Baugruppe ein und verknüpfen sie wie durch Ihre Konstruktion erforderlich. Bottom-Up-Design ist die bevorzugte Methode bei der Verwendung von früher erstellten, fertigen Teilen.

Das Bottom-Up-Design hat den Vorteil, daß die Komponenten unabhängig voneinander erstellt werden. Ihre Beziehungen und das Verhalten beim Modellneuaufbau sind einfacher als beim Top-Down-Design. Das Arbeiten von unten nach oben ermöglicht es Ihnen, sich auf die einzelnen Teile zu konzentrieren. Diese Methode empfiehlt sich vor allem dann, wenn keine Referenzen zwischen Teilen erstellt werden müssen.

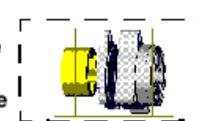
1. Erstellen Sie Teile



2. Erstellen Sie eine Baugruppe



3. Fügen Sie Teile ein, und verknüpfen Sie sie



## Top-Down-Design

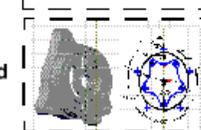
Das Top-Down-Design ist anders, denn Sie beginnen Ihre Arbeit in der Baugruppe. Sie können mit der Geometrie einer Komponente andere Komponenten definieren oder Schnitt- oder Bohrungs-Features erstellen, die erst dann hinzugefügt werden, wenn die Komponenten zusammengebaut sind. Sie können auch mit einer Layout-Skizze beginnen, fixierte Komponentenpositionen, Ebenen usw. definieren und danach die Teile entwerfen, die diese Definitionen referenzieren.

Sie können beispielsweise ein Teil in eine Baugruppe einfügen und anschließend eine Vorrichtung auf der Grundlage dieses Teils erstellen. Wenn Sie von oben nach unten arbeiten und die Vorrichtung *im Kontext* erstellen, können Sie Modellgeometrie referenzieren und dadurch die Bemaßungen der Vorrichtung steuern, indem Sie geometrische Beziehungen zum Ausgangsteil herstellen. Dadurch wird die Vorrichtung automatisch aktualisiert, wenn Sie eine Bemaßung des Teils ändern.

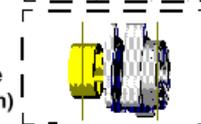
1. Erstellen Sie eine Baugruppe



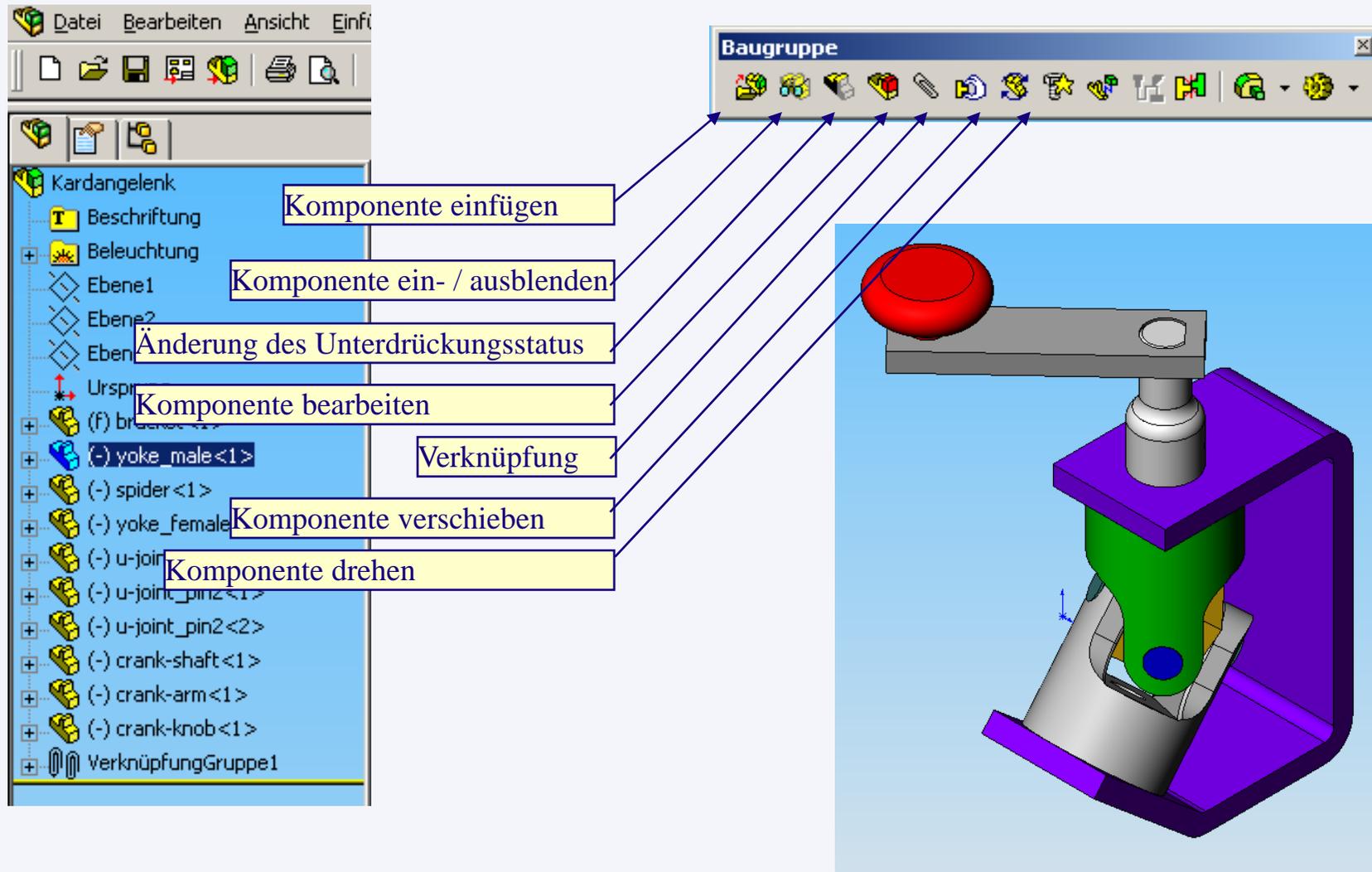
2. Erstellen Sie Teile an Ort und Stelle



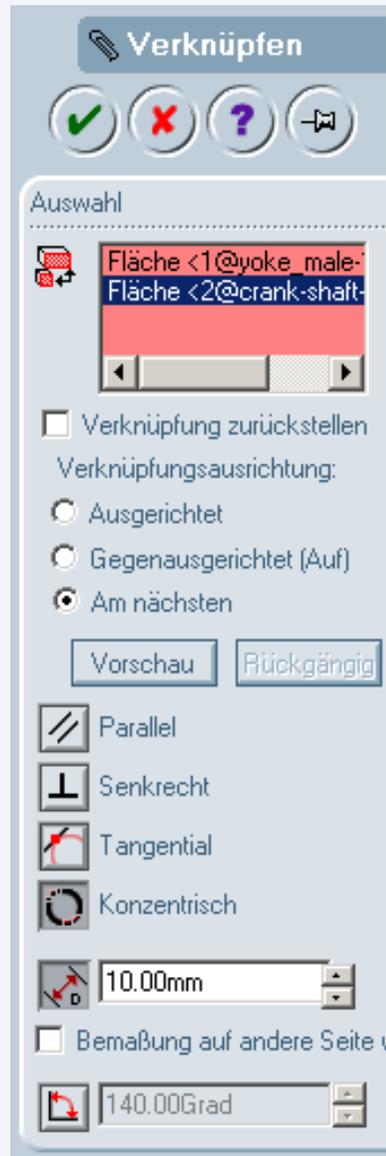
3. Erstellen Sie andere Teile (oder fügen Sie andere Teile ein)



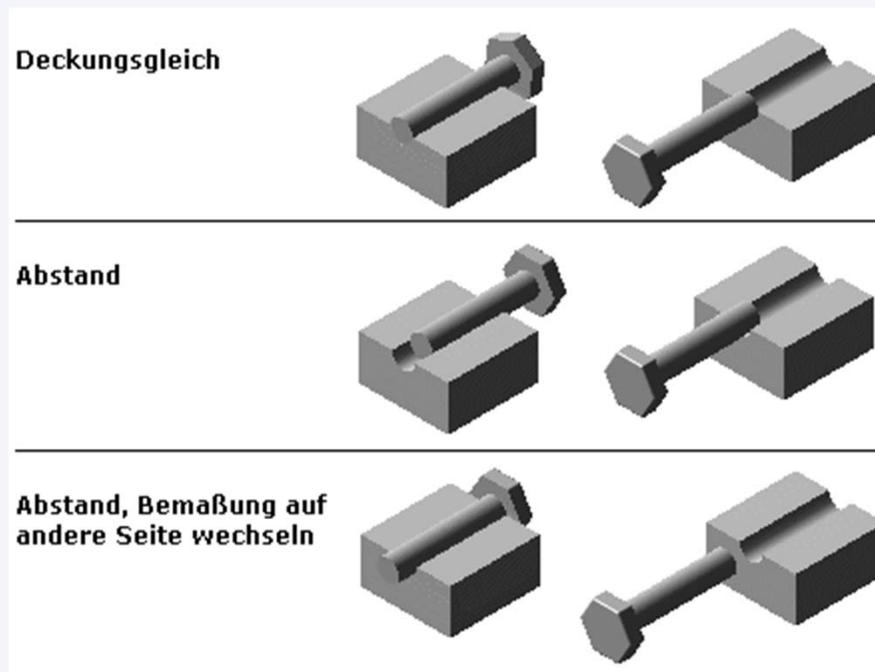
# Menüleiste: Baugruppe



## Baugruppe: Verknüpfung



- **Ausgerichtet:** platziert die Komponenten so, dass die normalen Vektoren für die ausgewählten Flächen in die gleiche Richtung zeigen.
- **Gegenausgerichtet (Auf):** platziert die Komponenten so, dass die normalen Vektoren für die ausgewählten Flächen in die entgegengesetzte Richtung zeigen.
- **Am nächsten:** platziert die Komponenten entweder ausgerichtet oder gegenausgerichtet, je nachdem, welche Bedingung mit der geringsten Verschiebung erfüllt werden kann.



## Ableiten einer Zeichnung

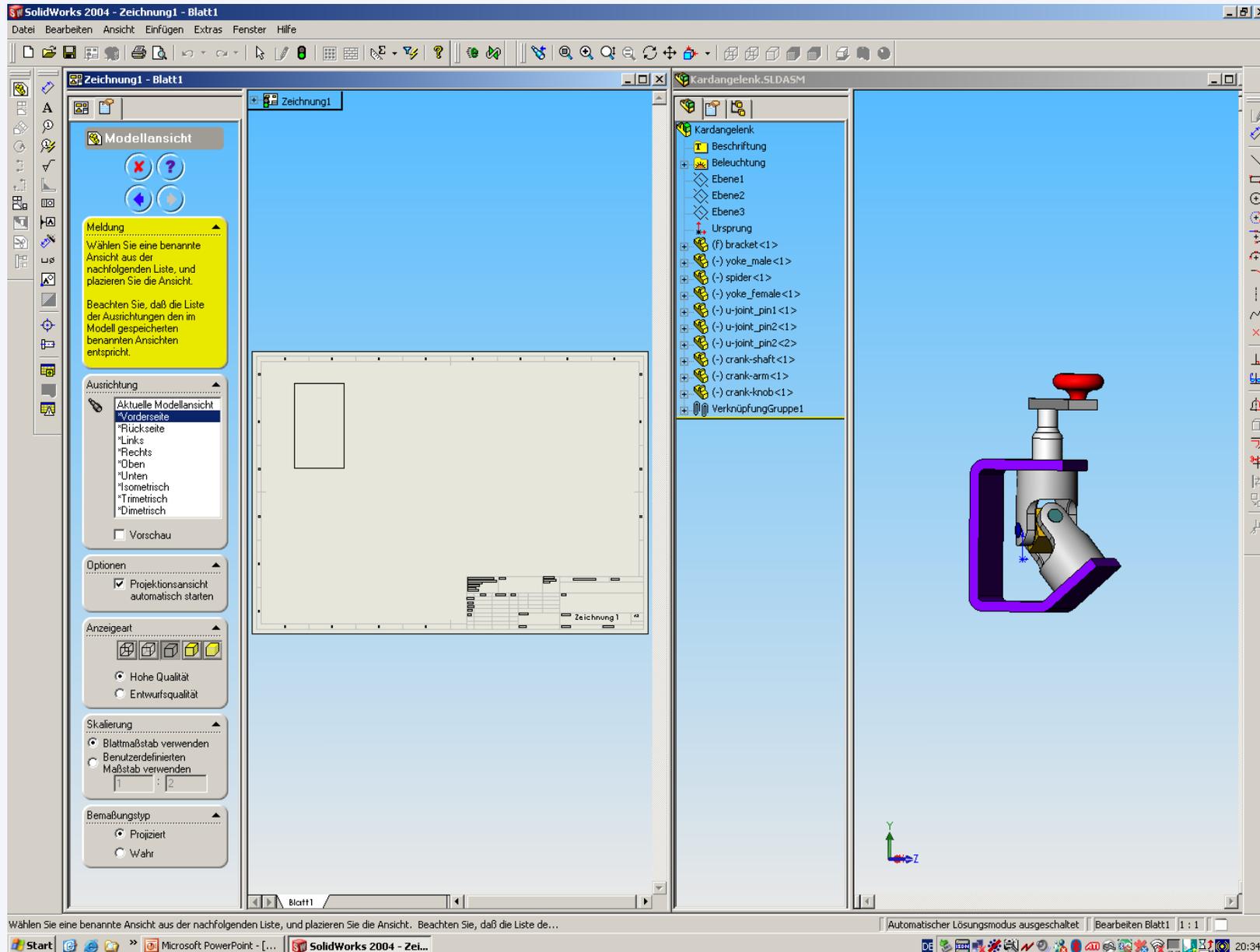
Vorgehensweise (Auswahl):

- Teil, für das eine Zeichnung erstellt werden soll, öffnen.
- Neue Zeichnung öffnen: Datei, Neu, Zeichnung
- Formatvorlage auswählen
- U.U. Formatvorlage bearbeiten: rechte Maustaste in Vorlage klicken, Vorlage bearbeiten, Zum Beenden rechte Maustaste in Vorlage klicken, Blatt bearbeiten
- Fenster nebeneinander anordnen
- Teil aus dem Feature-Baum auf das Zeichenblatt ziehen durch Drücken und Halten der linken Maustaste : 3 Standard-Ansichten werden erzeugt.

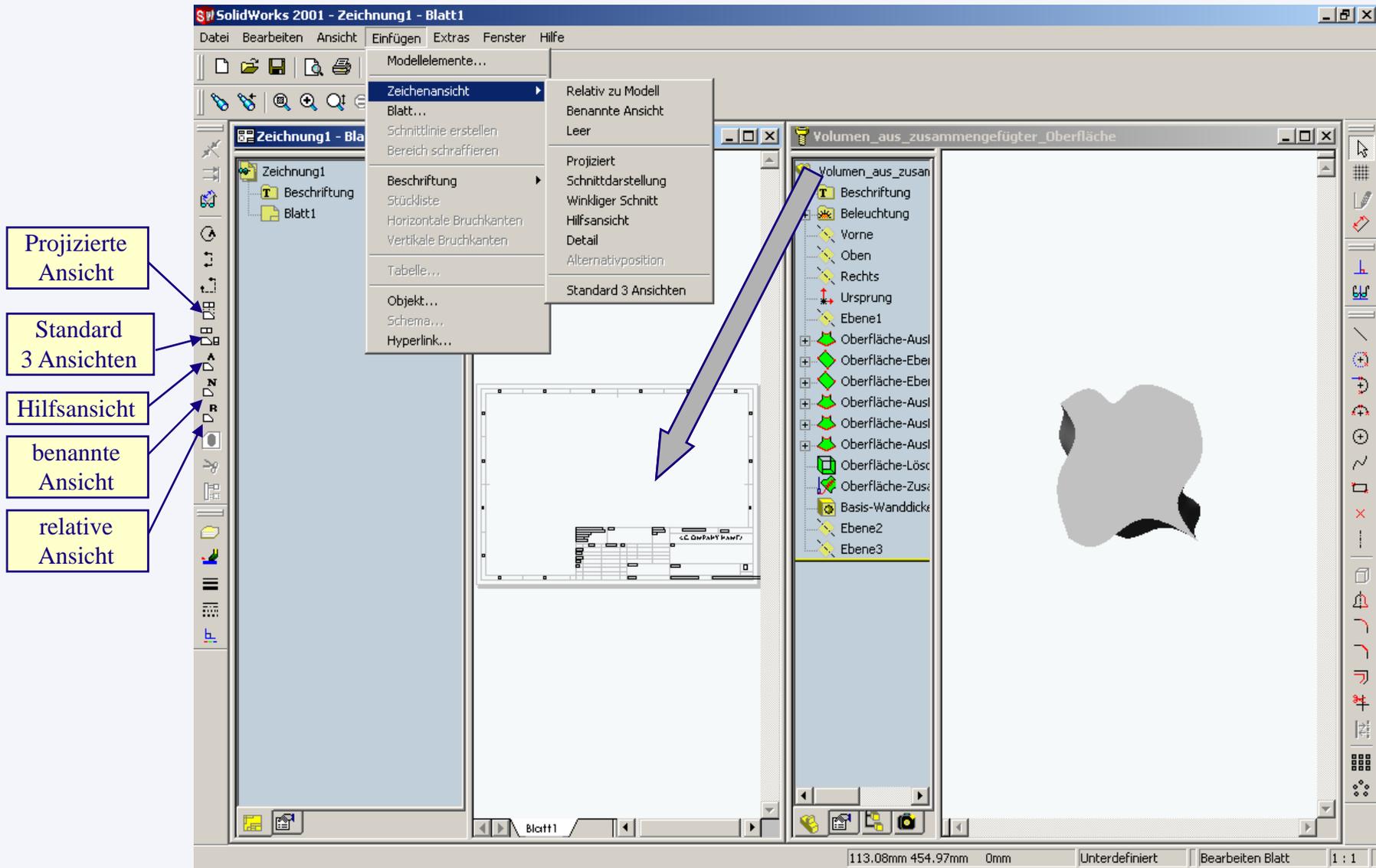
oder z.B. :

- Fenster nebeneinander anordnen, das Teil in die gewünschte Ansicht drehen
- In die Zeichnung gehen, Einfügen, Zeichenansicht, Benannte Ansicht anwählen
- In das Teilfenster klicken, aktuelle Ansicht im Auswahlm Menü wählen
- Im Zeichnungsfenster die Position der Ansicht digitalisieren

# Ableiten einer Zeichnung: 3 Standard-Ansichten



# Feature im Bereich *Zeichenansicht*



# *Inhalt Teil I - Darstellende Geometrie*

- 1. Projektionen*
- 2. Grundkörper und platonische Körper*
- 3. Schnitte*
- 4. Durchdringungen*
- 5. Schrauben*
- 6. Zykloide und Mehrecke*

# *1. Projektionen*



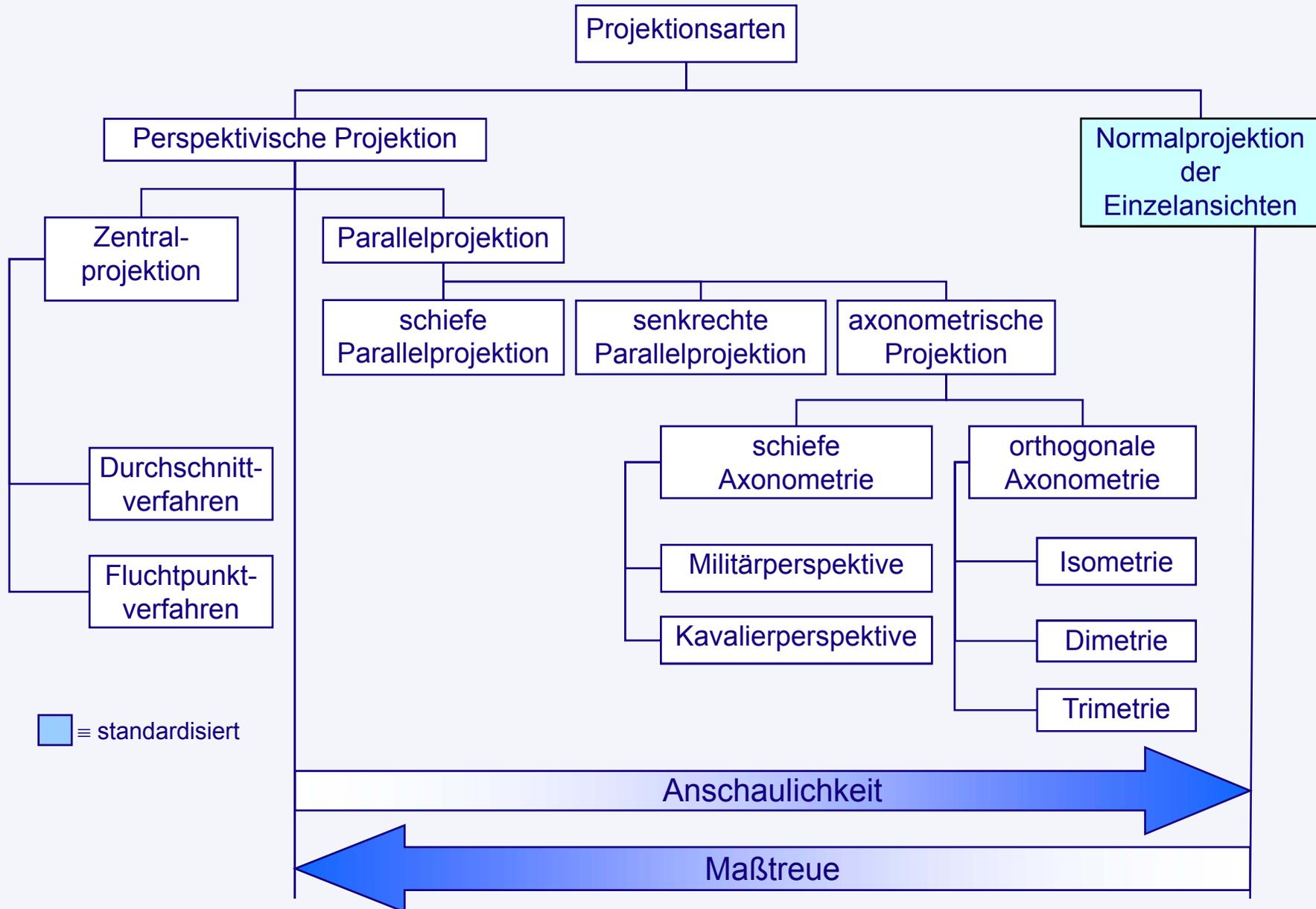
## Definition Projektion

Eine geometrische Projektion ist die Abbildung eines zwei- oder dreidimensionalen Gegenstandes auf einer zweidimensionalen Fläche.

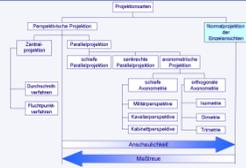
Durch Projektionen können volldefinierte, zweidimensionale Zeichnungen von dreidimensionalen Körpern angefertigt werden.

Es werden mehrere Arten von Projektionen unterschieden.

# Projektionsarten und Abbildungsverfahren für technische Darstellungen



# Normalprojektion der Einzelansichten



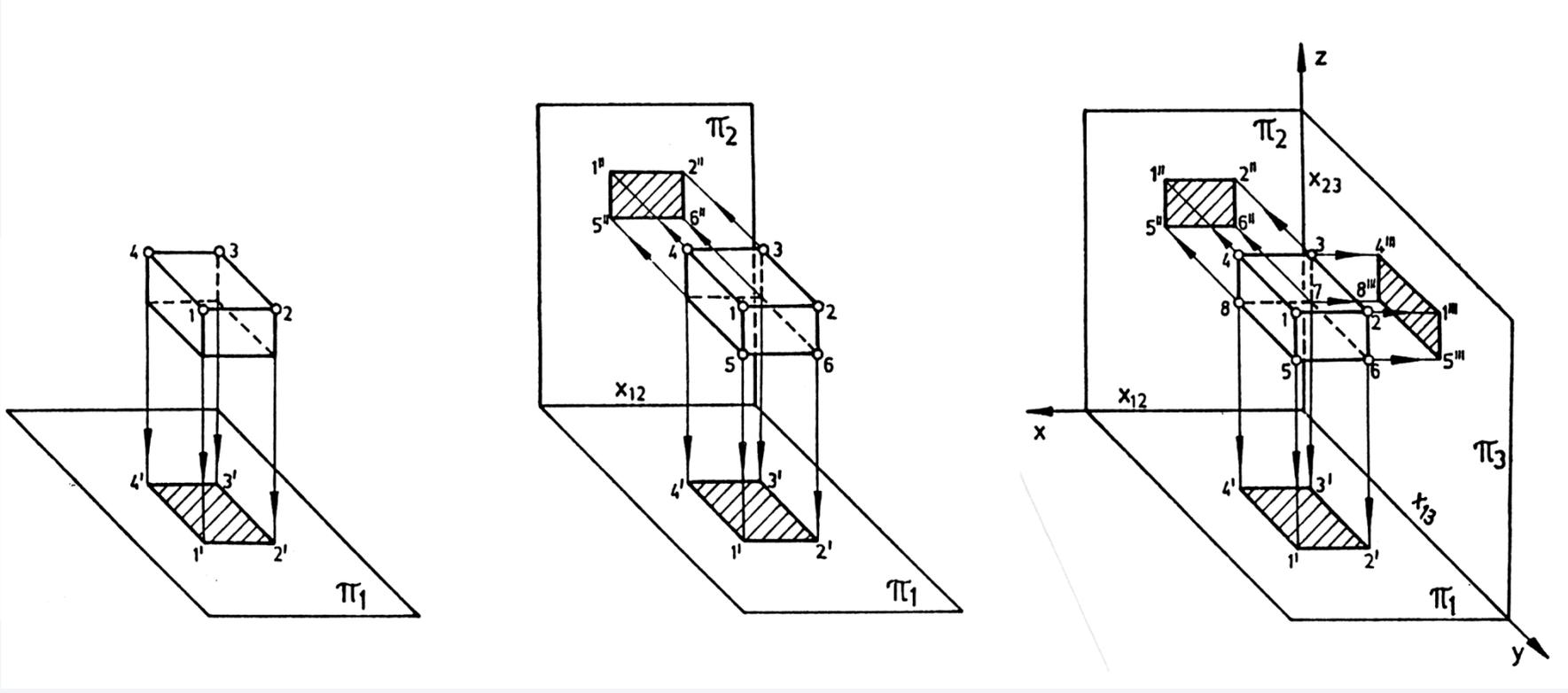
Normalprojektion der Einzelansichten

Mehrtafelprojektion

Eintafelprojektion

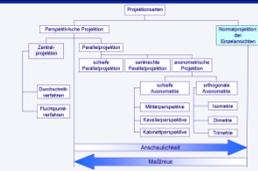
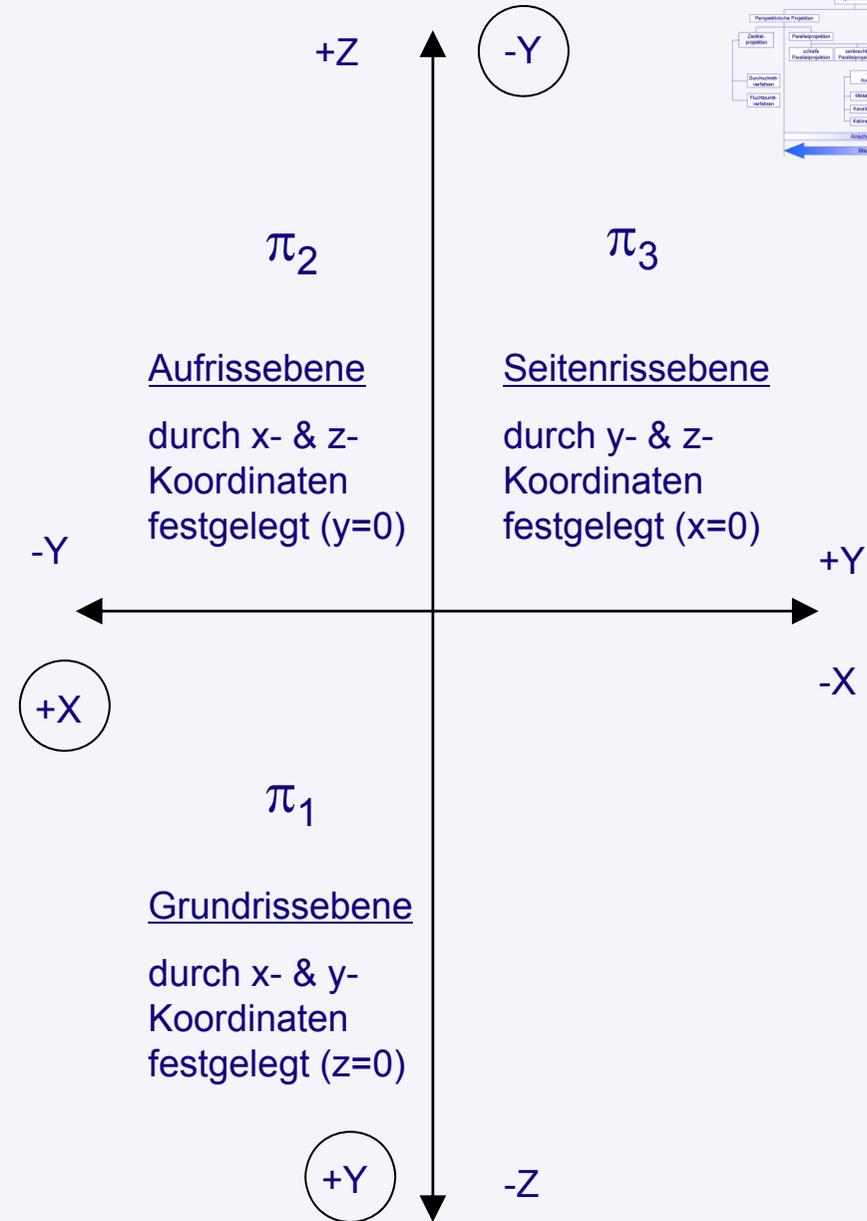
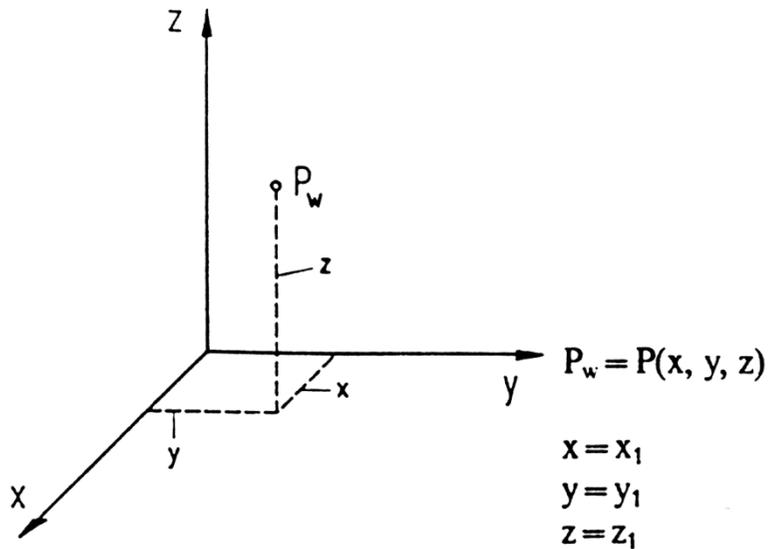
Zweitafelprojektion

Dreitafelprojektion

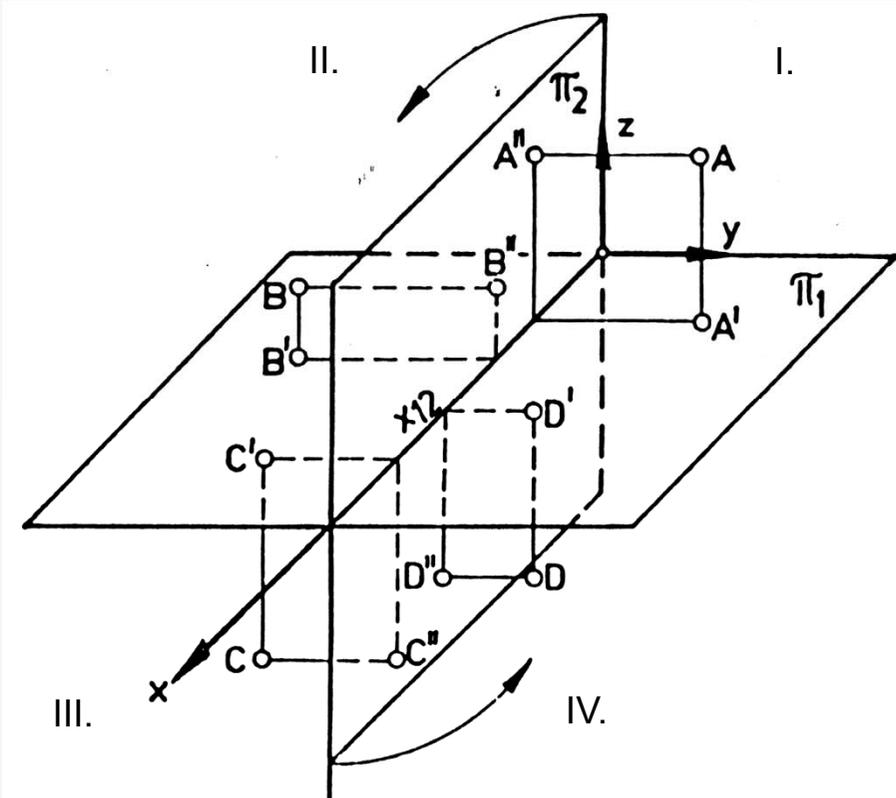
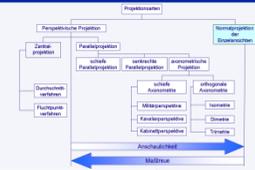


# Rissebenen

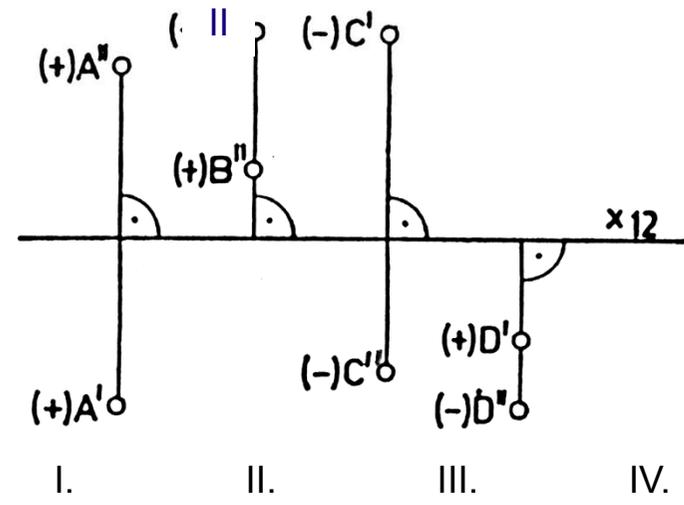
Die Rissebenen basieren auf dem kartesischen Koordinatensystem:



# Punktlagen in vier Raumquadranten

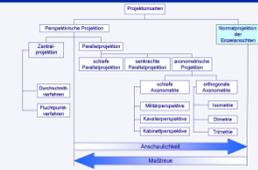


Raumskizze

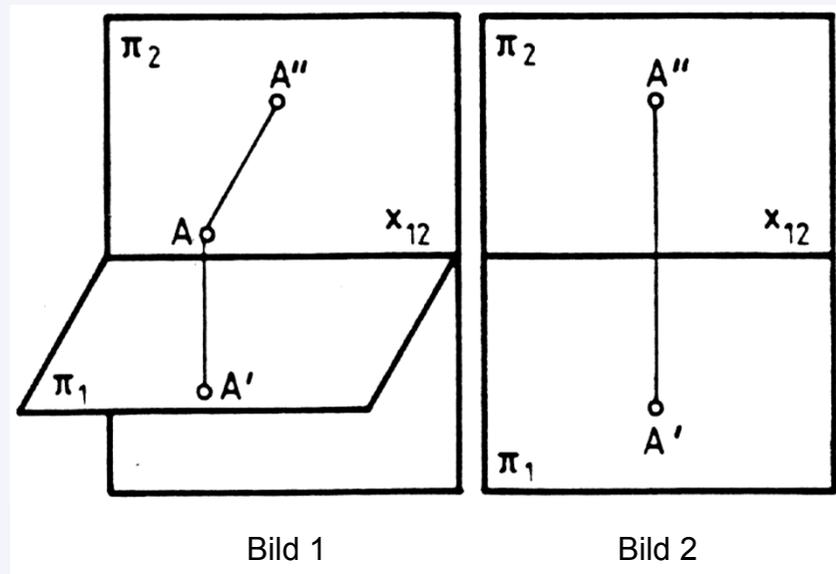


Normalrisse

# Senkrechte Zweitafelprojektion



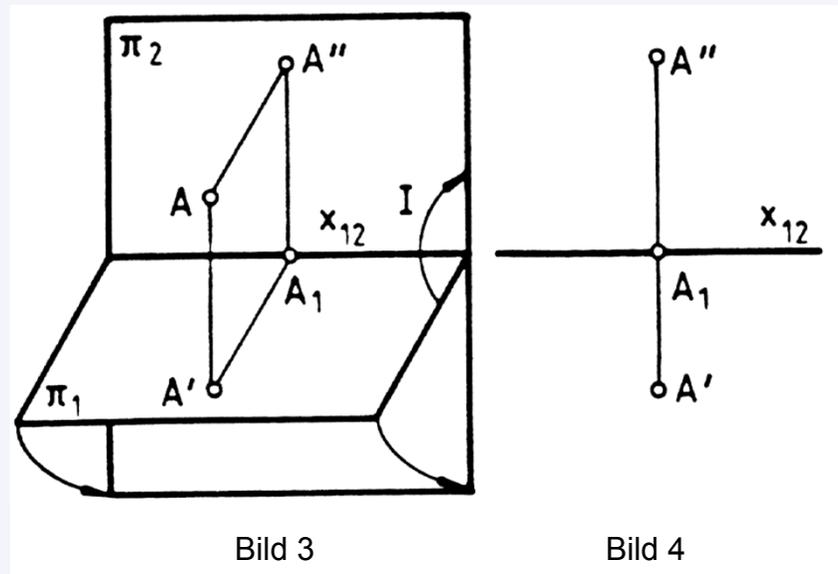
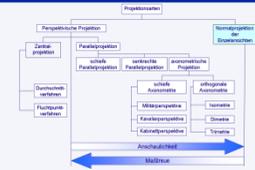
Bei der senkrechten Zweitafelprojektion werden zwei senkrecht stehende Projektionsebenen verwendet, und zwar die der **Draufsicht (Grundrissebene  $\pi_1$ )** und die der **Vorderansicht (Aufrissebene  $\pi_2$ )**. Die Gerade, in der sich beide Ebenen schneiden, ist die Projektionsachse oder Rissachse  $\pi_{12}$ . Diese trennt die erste und die zweite Projektionsebene voneinander. Bei der Zweitafelprojektion dreht man die Projektionsebene der Draufsicht so um die Projektions-achse, dass sie in die Ebene der Vorderansicht fällt.



# Projektion eines Punktes

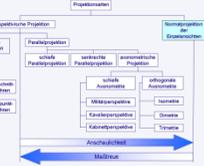
Abbildungen von Raumpunkten auf die Projektionsebene werden neben den Buchstaben meist mit Strichen versehen, um sie den Projektionsebenen zuzuordnen zu können. So erhält die Abbildung eines Raumpunktes in der Draufsicht einen Strich  $A'$  und in der Vorderansicht zwei Striche  $A''$ .

Fällt man das Lot von  $A''$  auf die Draufsicht, so erhält man den Punkt  $A_1$  auf der Projektionsachse  $x_{12}$  (Bild 3). Um die Strecke  $A_1A'$  (Bild 4) liegt  $A$  vor der Ebene der Vorderansicht und um die Strecke  $A''A_1$  über der Ebene der Draufsicht.



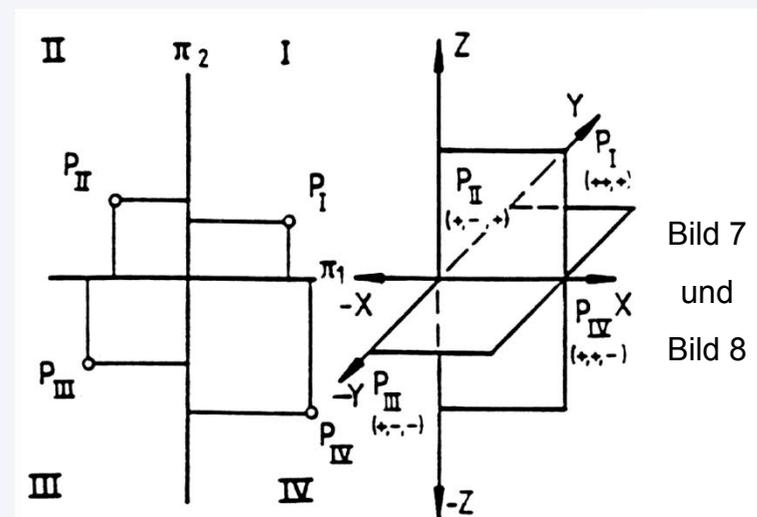
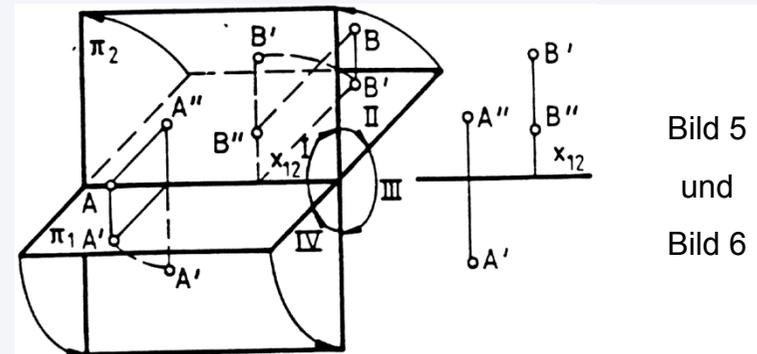
# Projektion eines Punktes

Die Raumpunkte können auch hinter der Ebene der Vorderansicht oder unter der Ebene der Draufsicht liegen (Bild 5, 6, 9, 10). Ihre Lage lässt sich mit Hilfe der vier Raumquadranten I, II, III, IV ermitteln, in die die Draufsicht und die Vorderansicht geteilt wird (Bild 7 & 8).



Hierbei liegt der

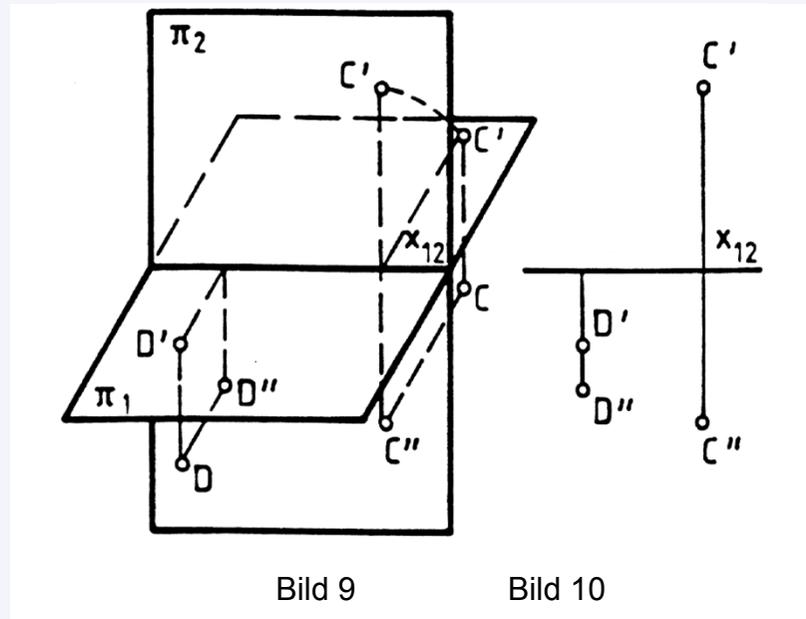
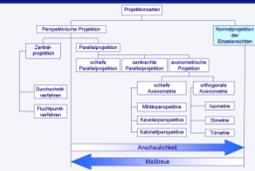
- I. Quadrant über der Draufsicht und vor der Vorderansicht
- II. Quadrant über der Draufsicht und hinter der Vorderansicht
- III. Quadrant unter der Draufsicht und hinter der Vorderansicht
- IV. Quadrant unter der Draufsicht und vor der Vorderansicht



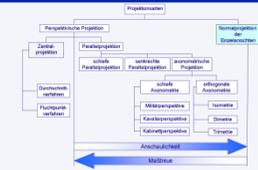
# Projektion eines Punktes

Die Lage der Raumpunkte kann eindeutig mit einem räumlichen  $x, y, z$ -Koordinatensystem festgelegt werden. Dann haben die Koordinaten  $x, y, z$  der Raumpunkte in den vier Quadranten folgende Vorzeichen:

$P_I$ :	I. Raumquadrant:	$+, +, +$
$P_{II}$ :	II. Raumquadrant:	$+, -, +$
$P_{III}$ :	III. Raumquadrant:	$+, -, -$
$P_{IV}$ :	IV. Raumquadrant:	$-, -, -$

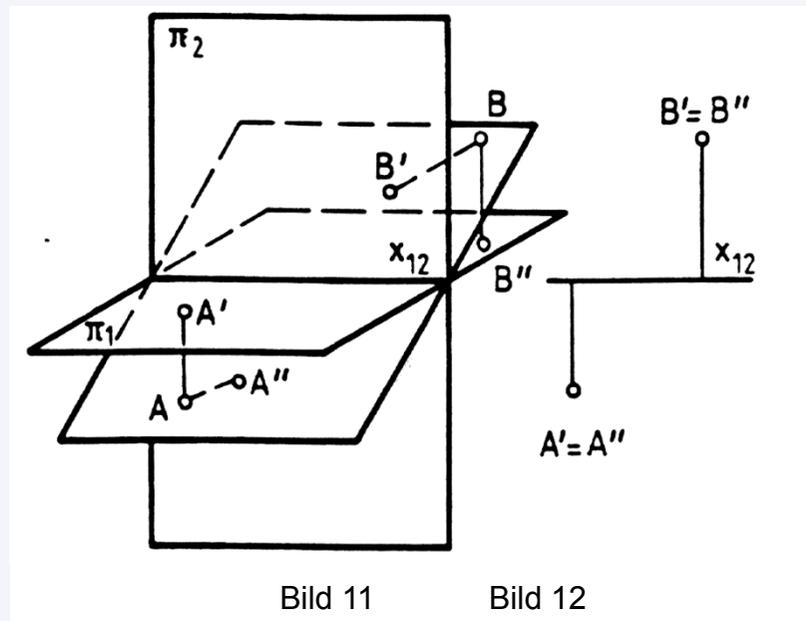


# Projektion eines Punktes



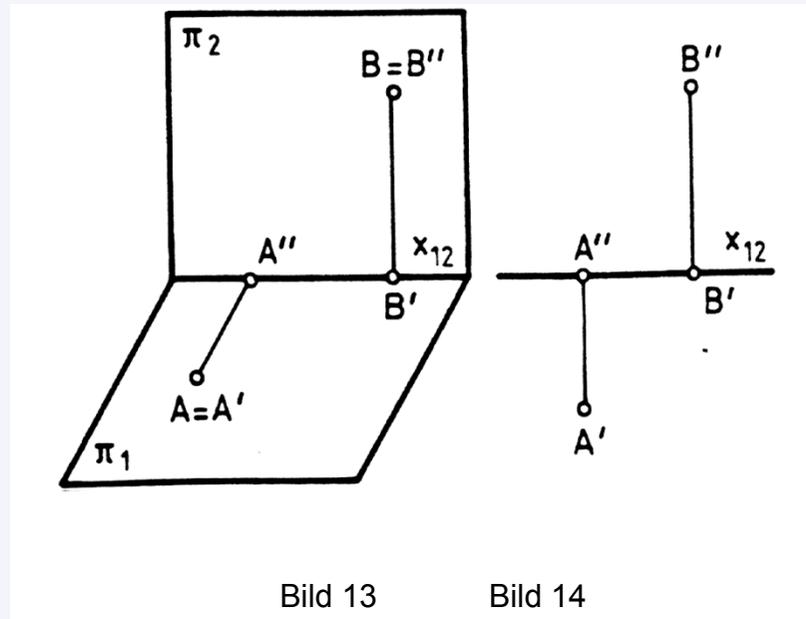
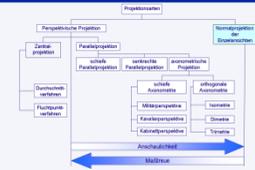
Liegt ein Punkt auf einer Ebene, die den II. und IV. Quadranten halbiert, dann fallen seine Projektionen zusammen, z.B.  $A'$  und  $A''$  sowie  $B'$  und  $B''$  in Bild 11 und Bild 12. Diese Ebene wird **Koinzidenzebene** (koinzidieren = lat. zusammenfallen) genannt.

Liegt ein Punkt auf der Ebene, die den I. und III. Quadranten halbiert, dann liegen seine Projektionen symmetrisch zur Rissachse.

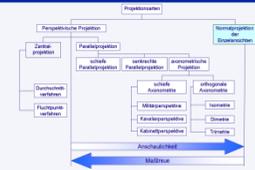


# Projektion eines Punktes

Falls Punkte in einer Bildebene liegen, dann ist  $A = A'$  und  $B = B'$ , wobei  $A''$  und  $B'$  auf der Projektionsachse  $x_{12}$  liegen (Bild 13 & 14).



# Definitionen zur Geraden



1. Eine Gerade ist in ihrer Lage durch zwei ihrer Punkte eindeutig bestimmt.
2. Die Gerade gibt in der Projektion wieder eine Gerade.  
(Sonderfall: Projektion in Richtung der Geraden ergibt Punkt!)
3. Ein Punkt, den eine Gerade mit einer Ebene gemeinsam hat, nennt man Durchstoßpunkt.
4. Den Durchstoßpunkt einer Geraden mit der Bildebene nennt man Spurpunkt.
5. Der geometrische Ort aller Durchstoßpunkte der Geraden einer Raumebene mit einer Bildebene heißt Spurgerade. Das ist der geometrische Ort aller Punkte, die sowohl auf der Raumebene als auch auf der Bildebene liegen.
6. Die Projektion eines Spurpunktes liegt auf der Bildachse.
7. Der Durchstoßpunkt einer Geraden durch die Grundrissebene ist ein Punkt mit der Höhe Null (d. h.  $z = 0$ ).
8. Der Durchstoßpunkt einer Geraden durch die Aufrissebene ist ein Punkt mit dem Abstand Null von dieser Ebene (d. h.  $y = 0$ ).
9. Der Durchstoßpunkt einer Geraden durch die Seitenrissebene ist ein Punkt mit dem Abstand Null von dieser Ebene (d. h.  $x = 0$ ).
10. Durch Schnitte parallel zur Grundrissebene erhält man Höhenlinien.
11. Durch Schnitte parallel zur Aufrissebene erhält man Frontlinien.

# Projektion einer Geraden

Eine Strecke wird im Raum durch zwei Punkte z. B. A und B bestimmt. Verlängert man diese Strecke über ihre beide Endpunkte hinaus, so erhält man eine Raumgerade  $g$ . Durch die Projektionen  $A'$  und  $B'$  ist  $g'$  in der Draufsicht und durch  $A''$  und  $B''$  ist  $g''$  in der Vorderansicht festgelegt (Bild 15 & 16).

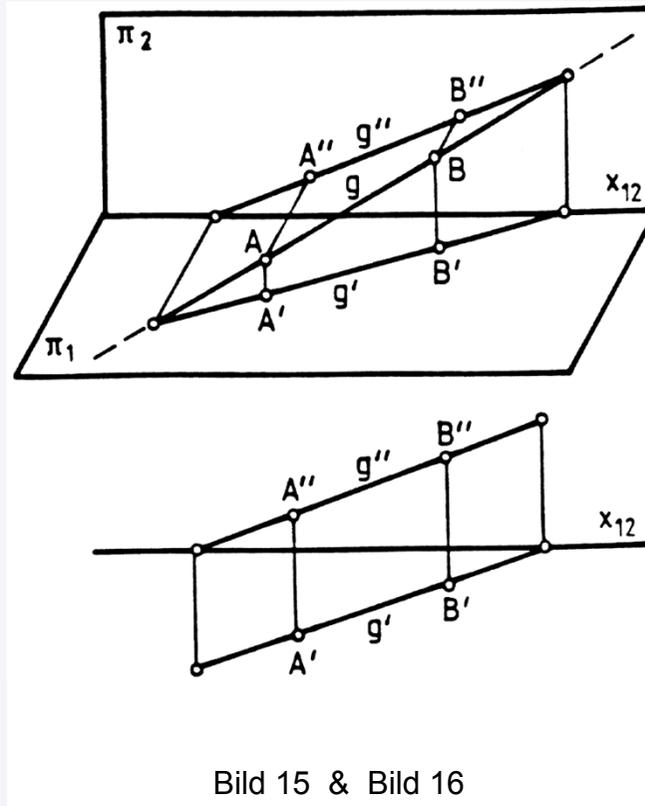
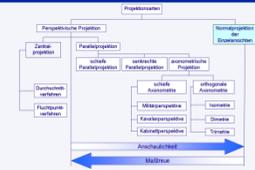


Bild 15 & Bild 16

# Verschiedene Lagen einer Geraden

Die Projektionen einer Geraden sind im allgemeinen wieder Geraden, wobei die Ausnahmen Bild 17 und 18 zeigen.

Steht die Raumgerade  $g$  senkrecht auf der Ebene der Draufsicht, dann ist die Projektion  $g'$  ein Punkt und  $g''$  eine Gerade, die senkrecht auf der Projektionsachse  $x_{12}$  steht.

Steht die Raumgerade  $g$  senkrecht auf der Ebene der Vorderansicht, dann ist die Projektion  $g'$  eine Gerade, die senkrecht auf der Projektionsachse  $x_{12}$  steht und  $g''$  ein Punkt.

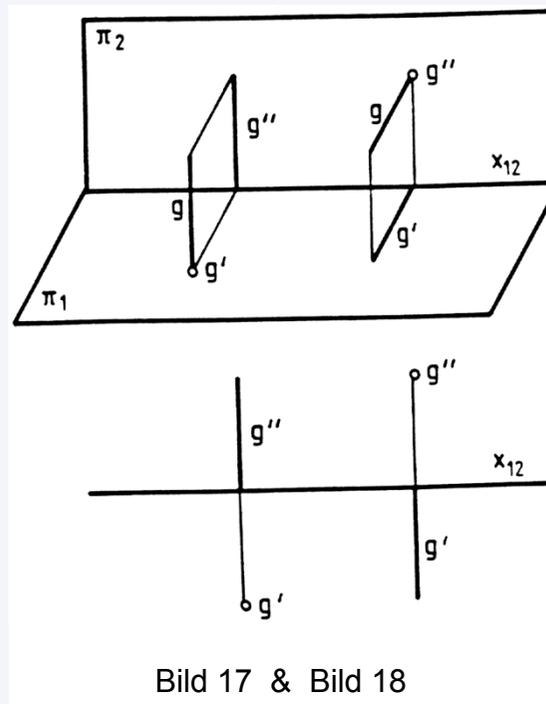
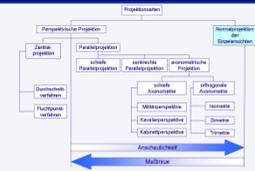
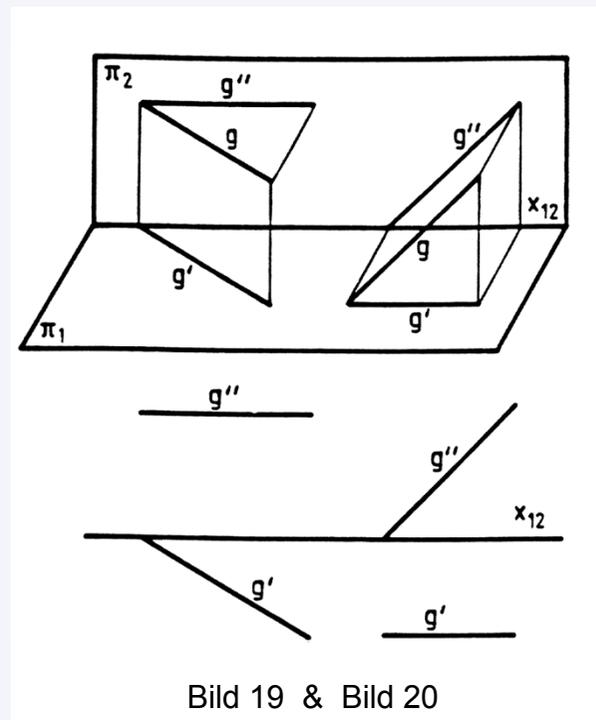
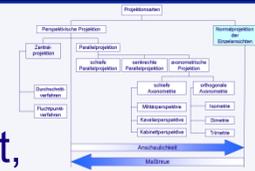


Bild 17 & Bild 18

# Verschiedene Lagen einer Geraden

Verläuft eine Raumgerade  $g$  parallel zur Ebene der Draufsicht, so wird sie als Höhenlinie bezeichnet (Bild 19). Liegt die Raumgerade  $g$  parallel zur Vorderansicht, so wird sie als Frontlinie bezeichnet (Bild 20). Höhen- und Frontlinien werden auch Hauptlinien genannt.



# Verschiedene Lagen einer Geraden

Verläuft eine Raumgerade  $g$  parallel zur Ebene der Draufsicht und der Vorderansicht, dann liegen ihre Projektionen  $g'$  und  $g''$  parallel zur Bildachse  $x_{12}$ .  
 In diesem Falle ist die Raumgerade  $g$  zugleich Höhen- und Frontlinie (Bild 21).

Verläuft eine Raumgerade  $g$  parallel zur Ebene der Seitenansicht, die senkrecht auf der Ebene der Draufsicht und Vorderansicht steht, dann stehen die Projektionen  $g'$  und  $g''$  senkrecht auf der Projektionsachse  $x_{12}$  (Bild 22).

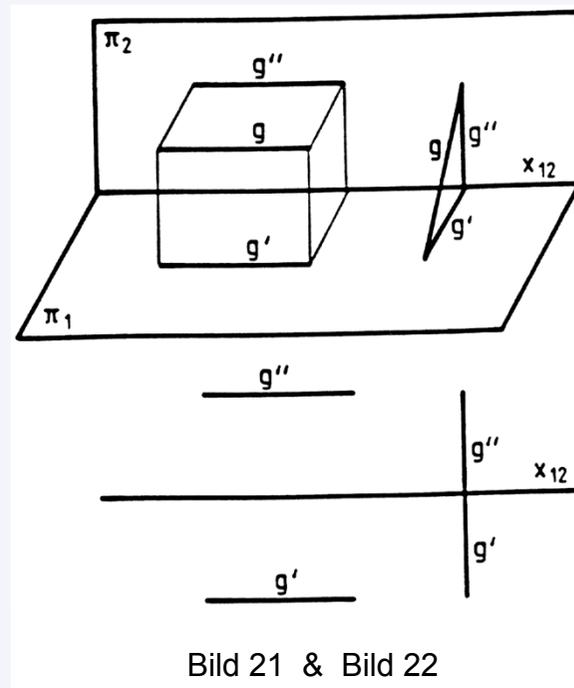
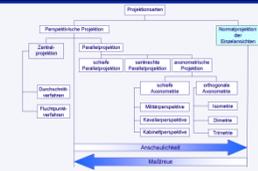
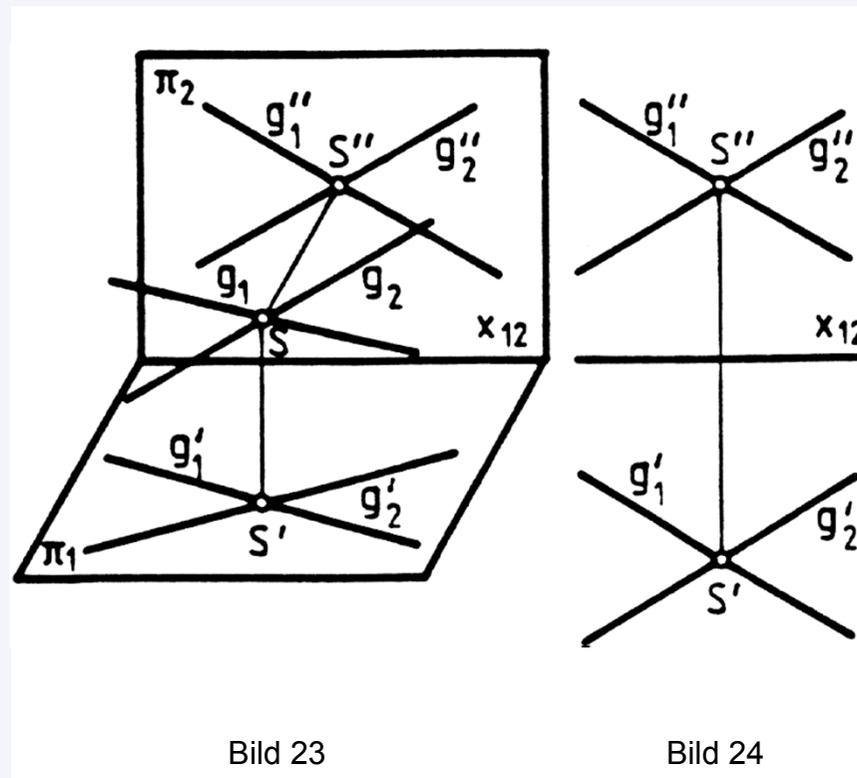
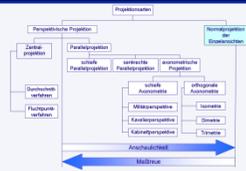


Bild 21 & Bild 22



# Lage zweier Geraden zueinander

Zwei Raumgeraden, die nicht zusammenfallen, können entweder sich schneiden, sich kreuzen, windschief sein oder parallel zueinander sein. Zwei Raumgeraden  $g_1$  und  $g_2$  schneiden sich, wenn auch ihre Projektionen  $g_1'$  und  $g_2'$  sich schneiden und die Schnittpunkte ihrer Projektionen  $S'$  und  $S''$  auf einer Senkrechten zur Projektionsachse  $x_{12}$ , einer Ordnungs-linie, liegen (Bild 23 & 24).



# Lage zweier Geraden zueinander

Zwei Raumgeraden  $g_1$  und  $g_2$  kreuzen sich, wenn die Schnittpunkte ihrer Projektionen in Draufsicht  $S'$  und Vorderansicht  $S''$  nicht auf der gleichen Ordnungslinie liegen (Bild 25 & 26).

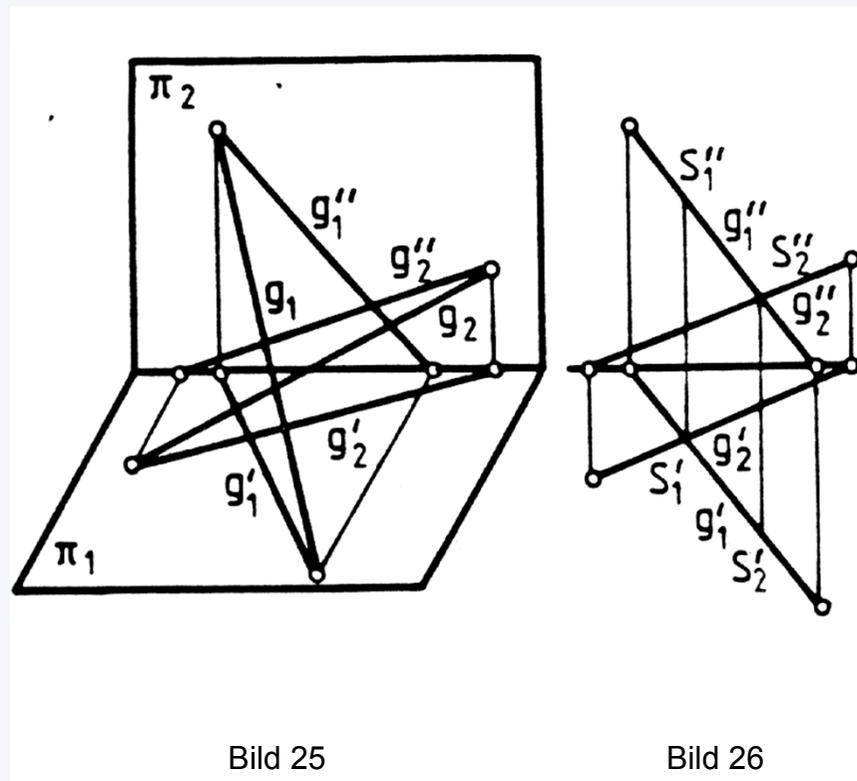
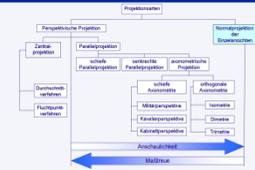
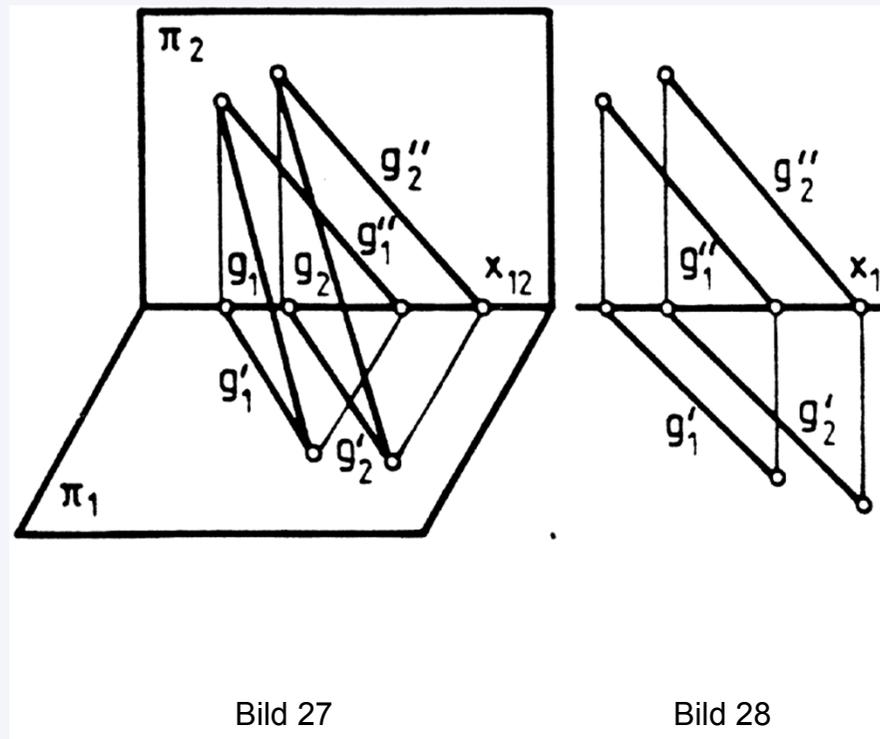
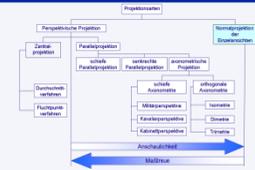


Bild 25

Bild 26

# Lage zweier Geraden zueinander

Zwei Raumgeraden  $g_1$  und  $g_2$  sind parallel zueinander, wenn die Projektionen der Geraden in Draufsicht und Vorderansicht auch parallel sind (Bild 27 & 28).



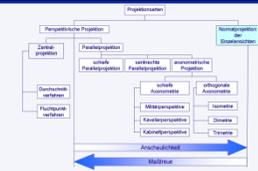
## Wahre Größe

Bei Projektionen werden die abgebildeten Körper zwangsläufig verzerrt dargestellt. Dadurch entsprechen die dargestellten Längen nicht den tatsächlichen Abmessungen.

Es existieren eine Reihe von Verfahren, mit denen aus projizierten Ansichten die tatsächlichen Abmessungen, die sogenannte „wahre Größe“, ermittelt werden kann (z.B. die Mongesche Drehkonstruktion oder das Klappverfahren).

Aufgrund der Komplexität dieser Verfahren wird im Rahmen dieser Vorlesung diese Thematik allerdings nicht weiter vertieft.

# Definitionen zur Ebene



1. Eine Raumbene ist festgelegt durch drei Punkte (nicht auf einer Geraden liegend).
2. Eine Raumbene ist festgelegt durch einen Punkt und eine Gerade (Punkt nicht auf der Geraden liegend).
3. Eine Raumbene ist festgelegt durch zwei sich schneidende Geraden.
4. Eine Raumbene ist festgelegt durch zwei parallele Geraden.

Daraus folgt auch: Eine Raumbene ist festgelegt durch zwei ihrer Spurgeraden.

## Details zu Spurgeraden:

- a) Die Spurgeraden  $e_1$  (Grundrissspur) und  $e_2$  (Aufrissspur) schneiden sich auf der x-Achse.
- b) Die Spurgeraden  $e_2$  und  $e_3$  (Seitenrissspur) schneiden sich auf der z-Achse.
- c) Die Spurgeraden  $e_1$  und  $e_3$  schneiden sich auf der y-Achse.

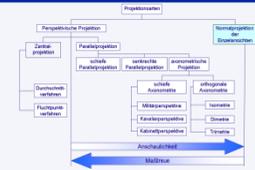
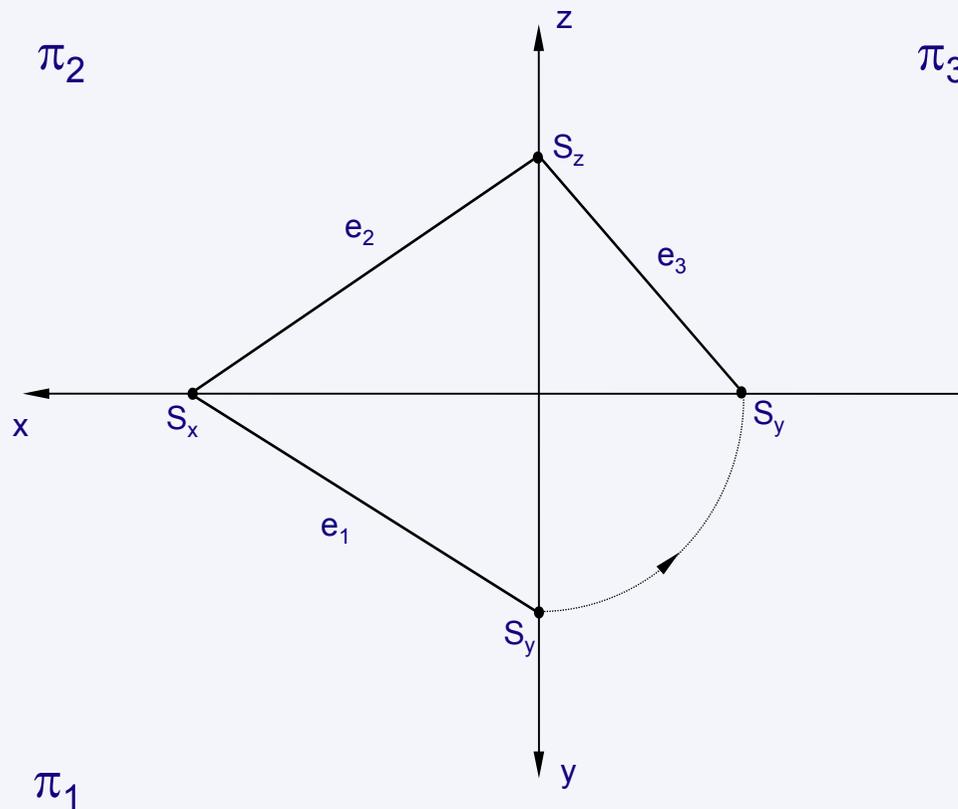
# Definitionen zur Ebene

## Folgerung:

Wenn  $e_1$  und  $e_2$  bekannt sind, kann  $e_3$  gezeichnet werden:

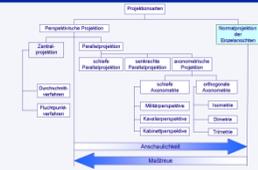
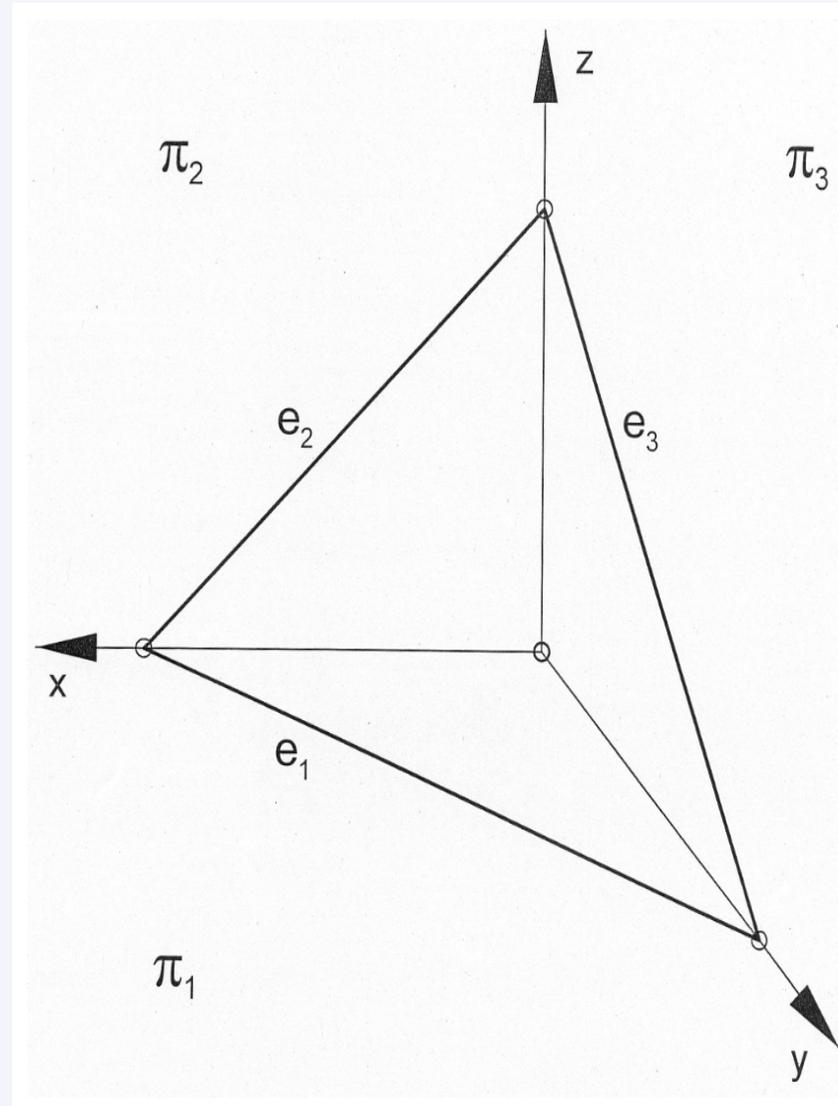
$e_2$ -Durchgang durch z-Achse

$e_1$ -Durchgang durch y-Achse

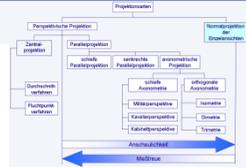


# Perspektivische Darstellung

Ebene  $\varepsilon$  in allgemeiner Lage im Raum

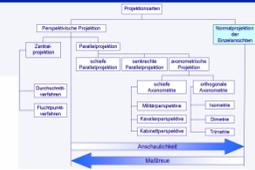
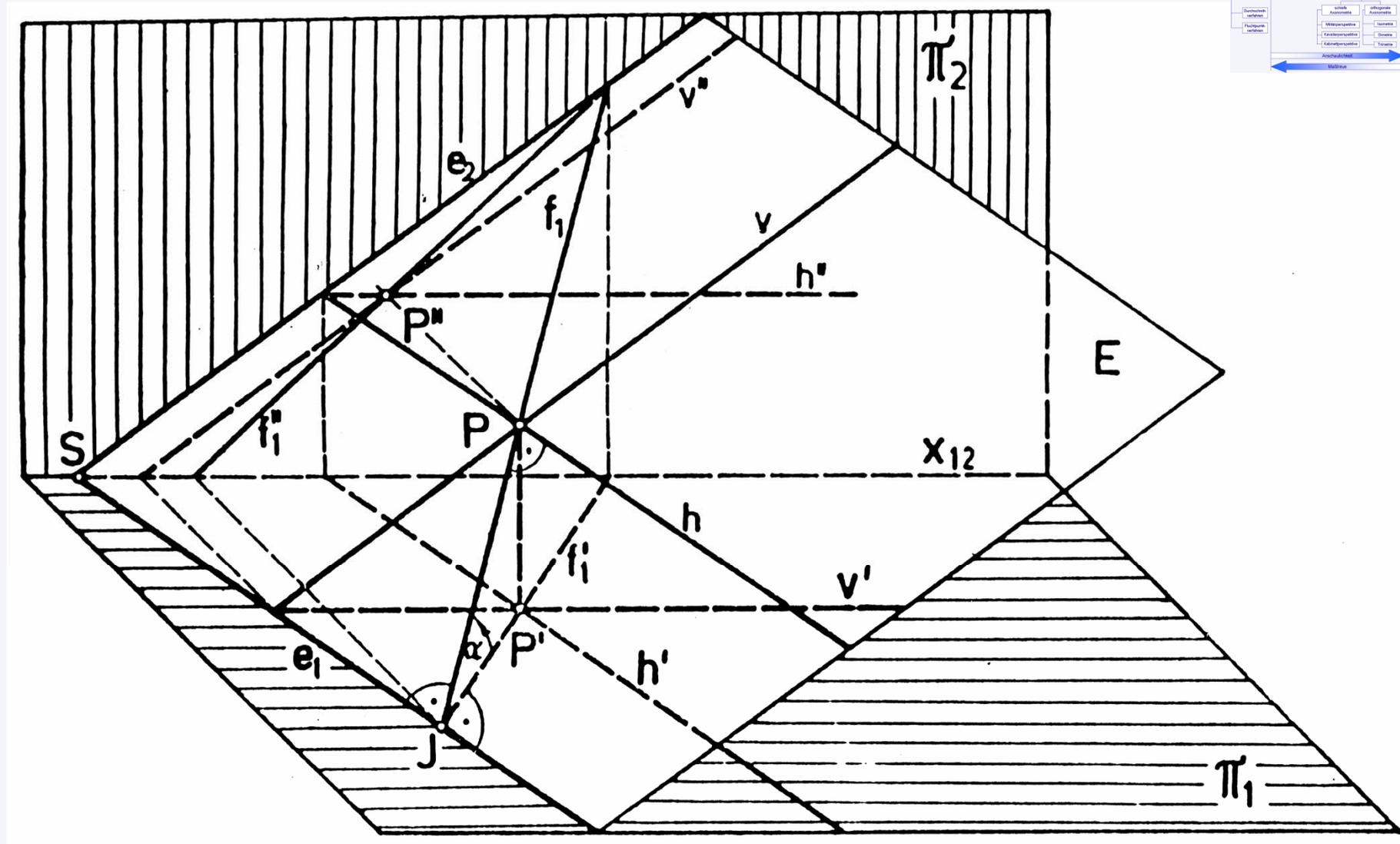


# Mögliche räumliche Lagen einer Ebene und ihre Spurgeraden

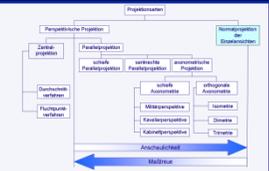
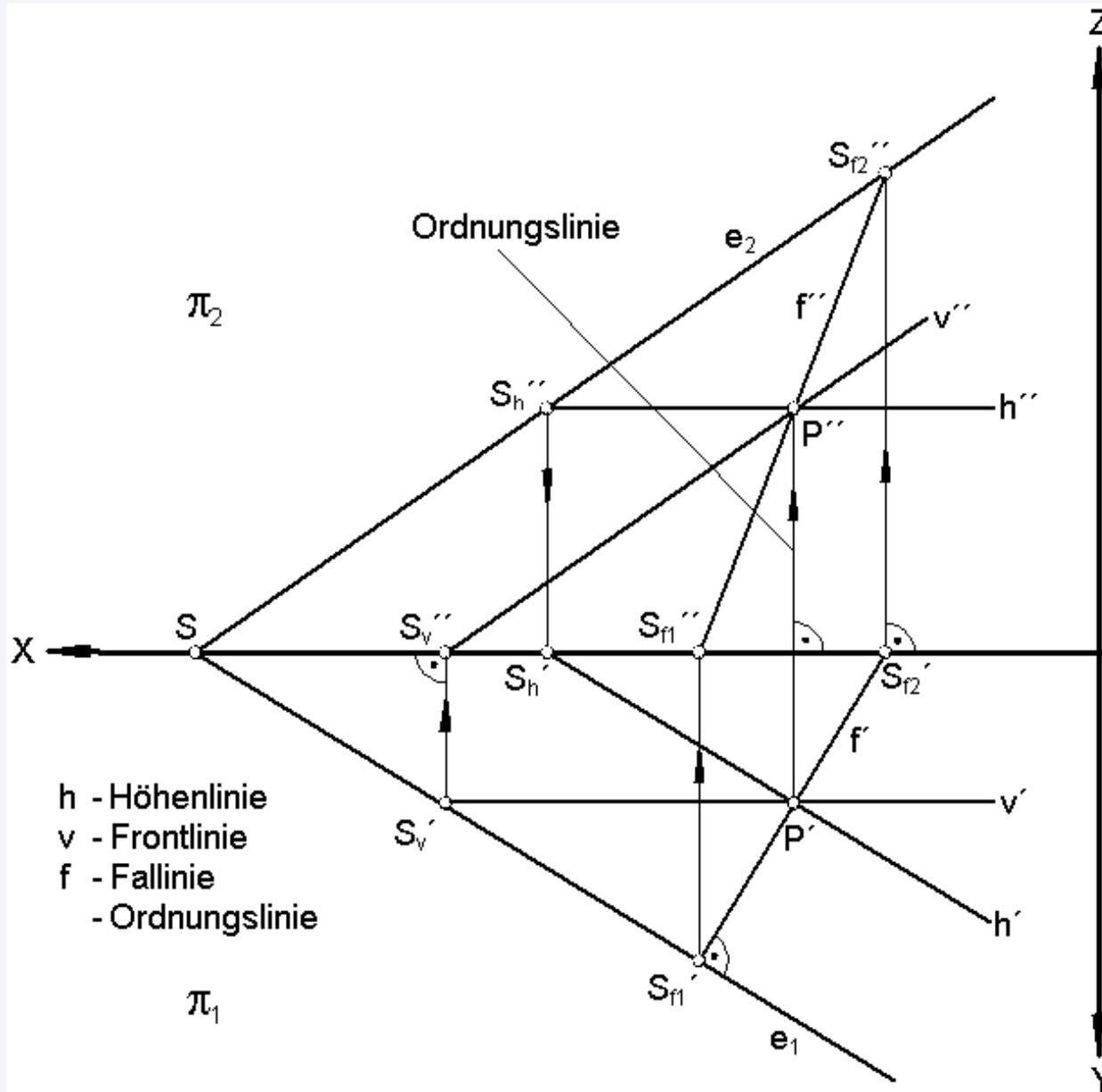


Nr.	Stellung der Ebene zur	Räumliche Darstellung	Lage der Spurgeraden
1	Grundrißebene senkrecht		
2	Aufrissebene senkrecht		
3	Grundrißebene parallel		
4	Aufrissebene parallel		
5	Rißachse x12 parallel		
6	Rißachse x12 senkrecht		
7	Grund- und Aufrissebene geneigt (schief im Raum)		

# Ebenen mit ihren Hauptlinien $h$ , $v$ und $f_1$ im räumlichen Zweitafelsystem

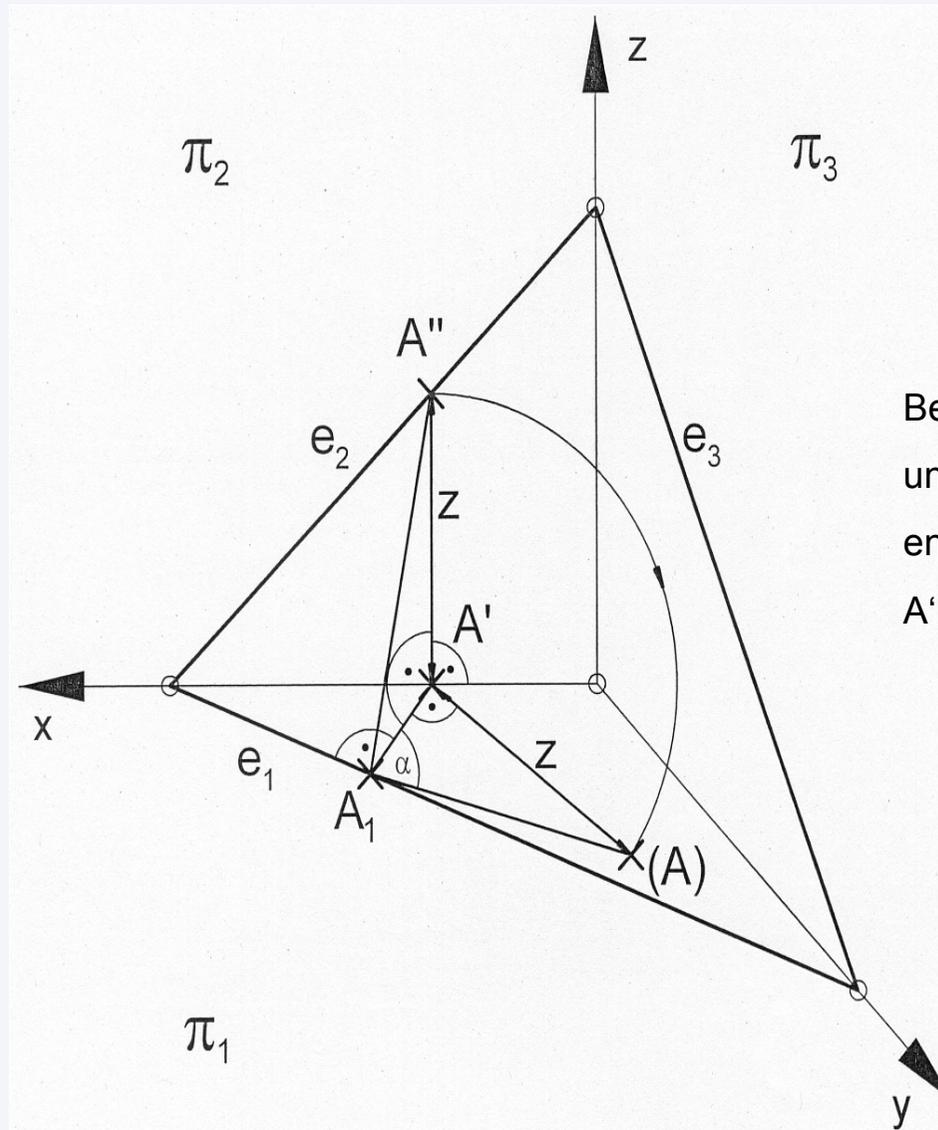


# Projektion der Hauptlinie einer Ebene

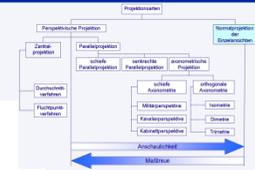


# Perspektivische Darstellung

Bestimmung von Neigungswinkel  $\alpha$  zwischen Raumebene  $e_1$  und Grundrissebene  $\Pi_1$

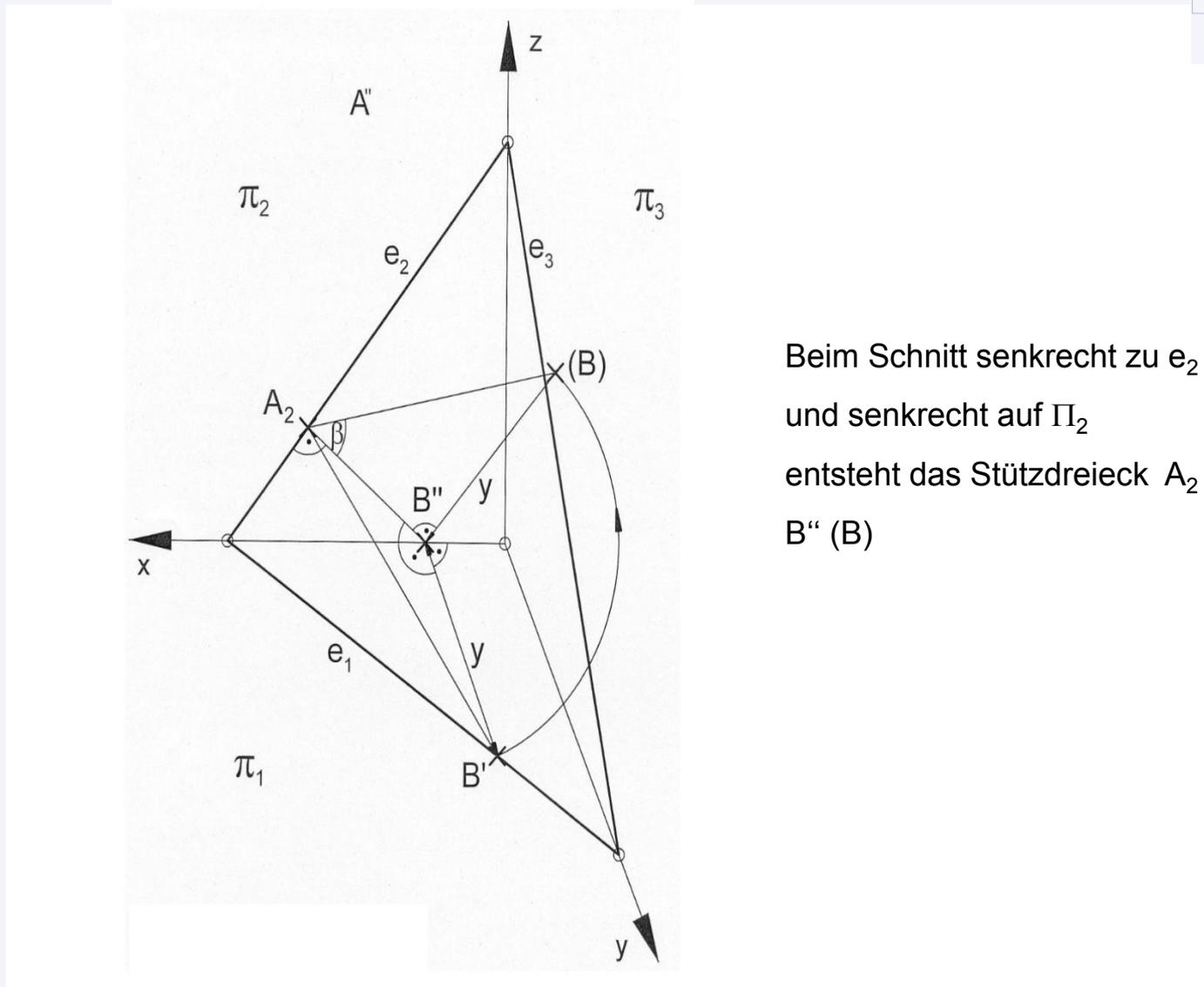


Beim Schnitt senkrecht zu  $e_1$  und senkrecht auf  $\Pi_1$  entsteht das Stützdreieck  $A_1 A' (A)$

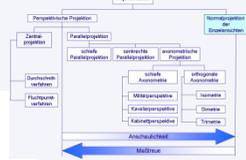


# Perspektivische Darstellung

Bestimmung von Neigungswinkel  $\beta$  zwischen Raumebene  $e_2$  und Grundrissebene  $\Pi_2$

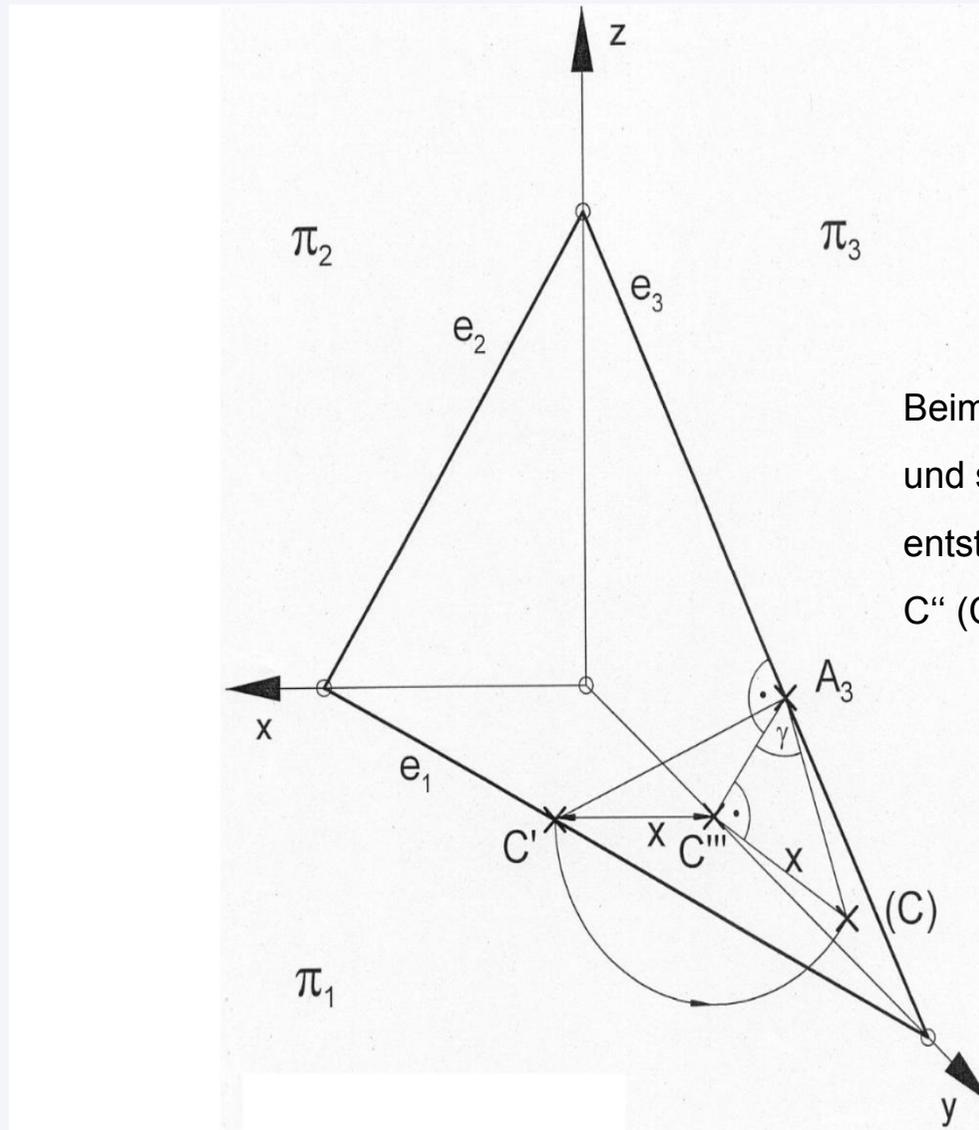


Beim Schnitt senkrecht zu  $e_2$  und senkrecht auf  $\Pi_2$  entsteht das Stützdreieck  $A_2 B'' (B)$

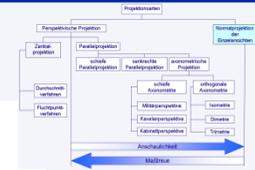


# Perspektivische Darstellung

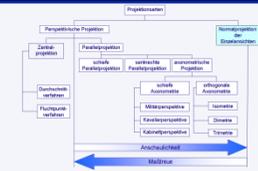
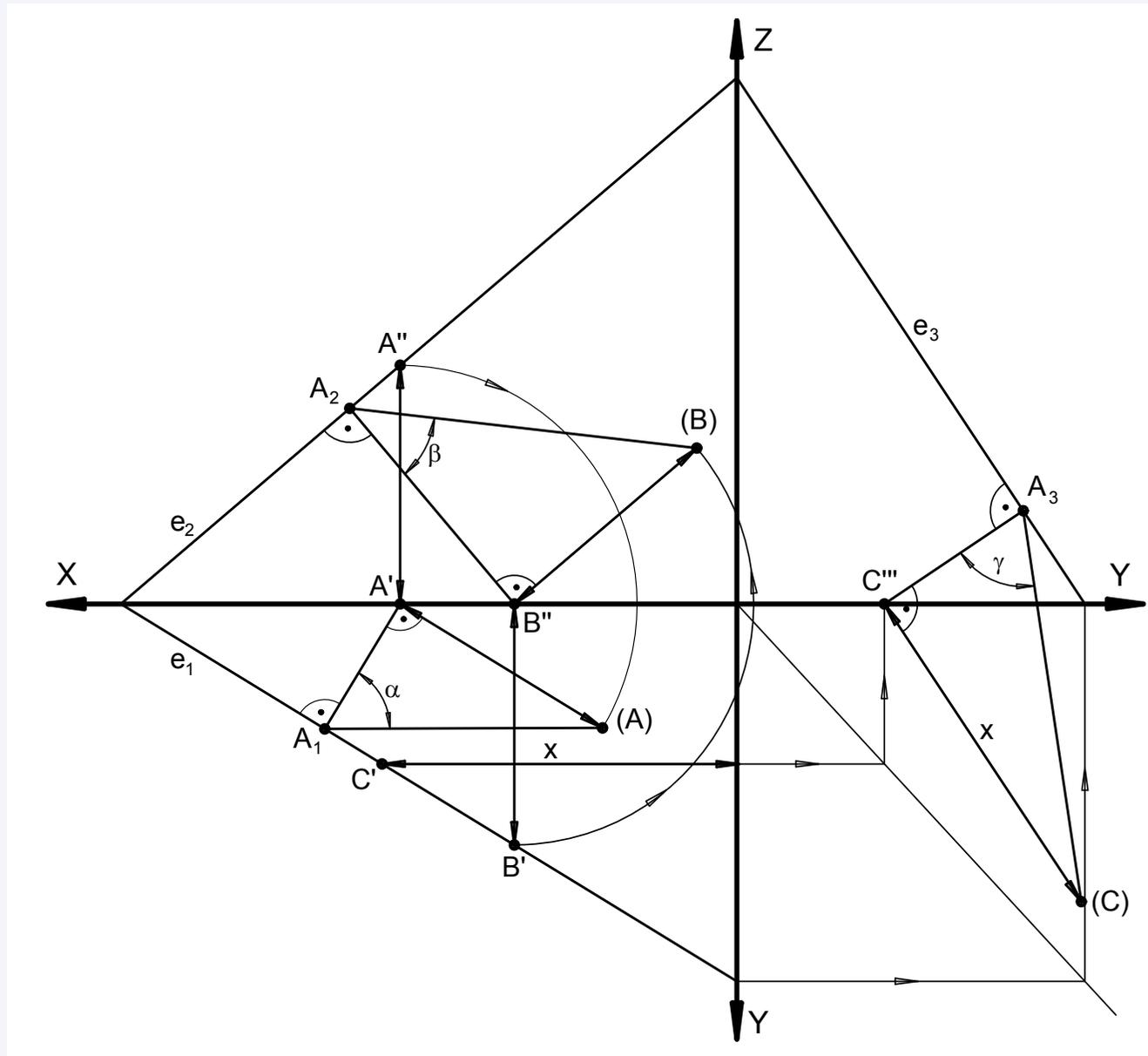
Bestimmung von Neigungswinkel  $\gamma$  zwischen Raumebene  $e_3$  und Grundrissebene  $\Pi_3$



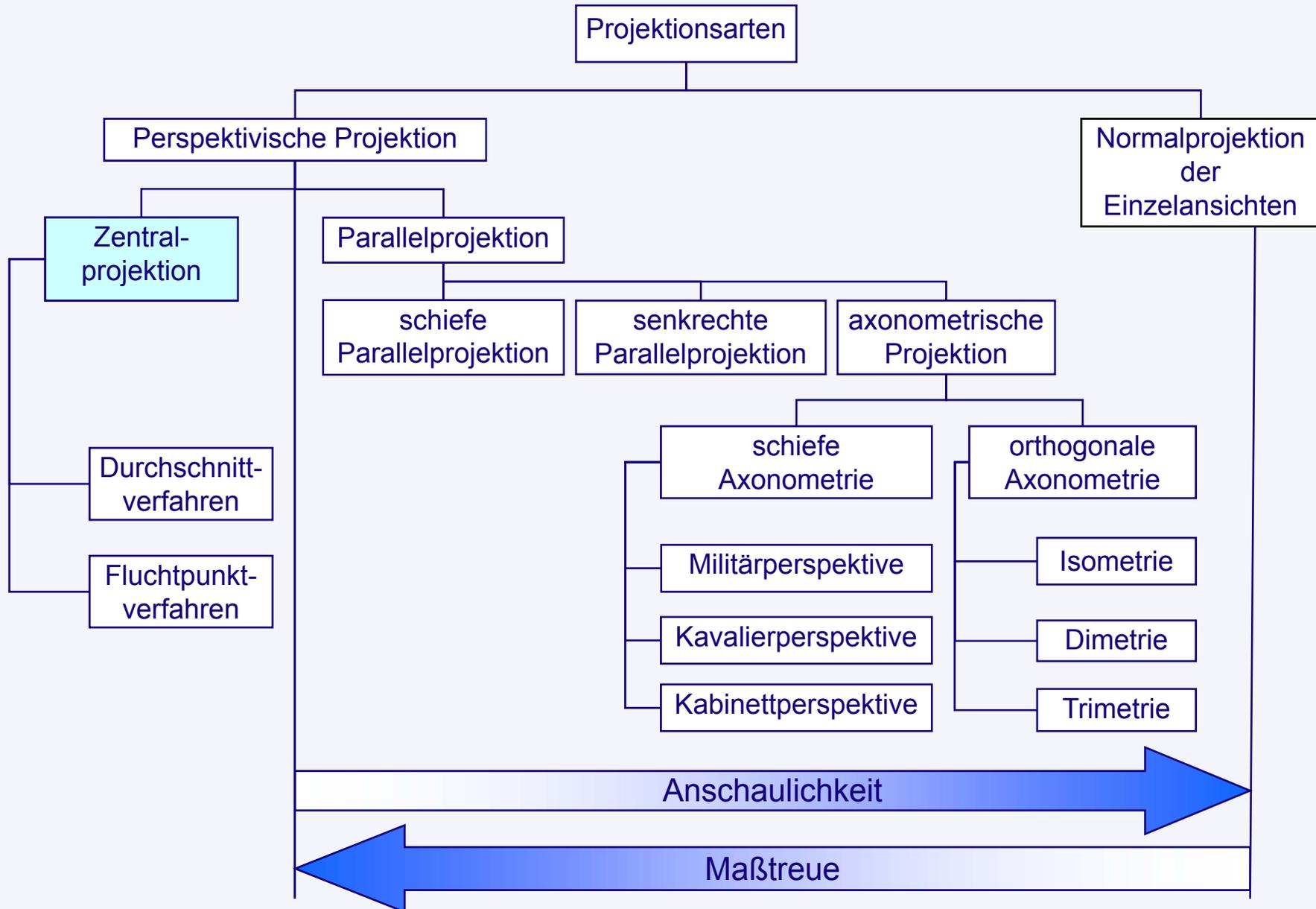
Beim Schnitt senkrecht zu  $e_3$   
und senkrecht auf  $\Pi_3$   
entsteht das Stützdreieck  $A_3$   
 $C''(C)$



# Stützdreieck und Neigungswinkel einer Ebene



# Projektionsarten und Abbildungsverfahren für technische Darstellungen



# Zentralprojektion (Frontperspektive)

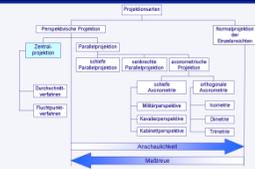
Bei der Frontperspektive bleiben alle waagerechten Körperkanten waagrecht und alle senkrechten Körperkanten senkrecht.

Die schräg in die Tiefe des Raumes verlaufenden Kanten treffen sich im Fluchtpunkt. Fluchtpunkte liegen bei Zentralprojektionen stets auf der Horizontlinie. Die Horizontlinie liegt bei Abbildung von großen Gegenständen in Augenhöhe (Augenhöhe und Werkstückgröße werden im gleichen Maßstab verkleinert).

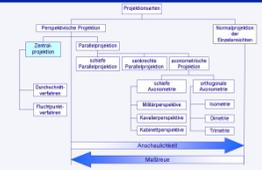
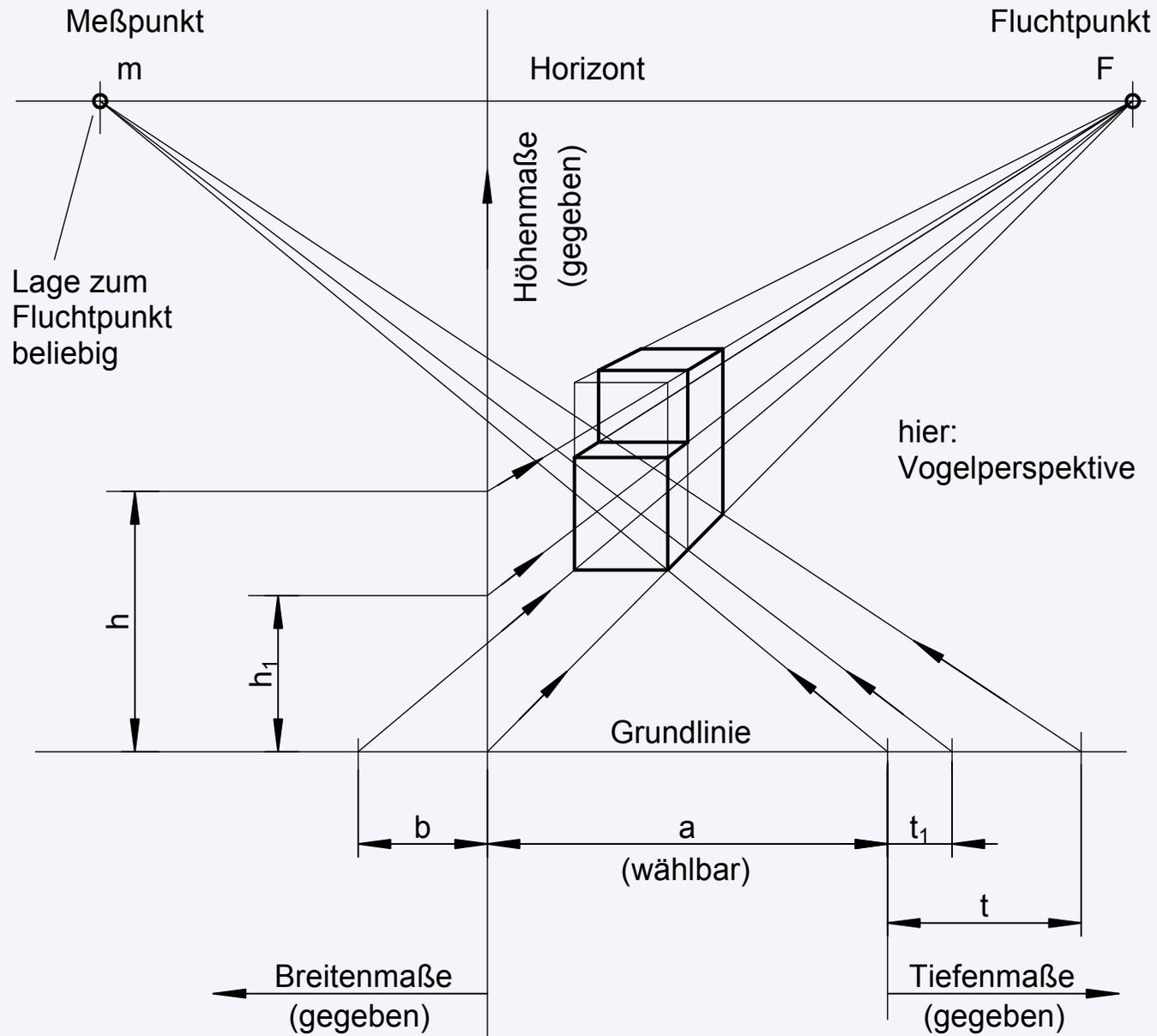
Liegt der Horizont weit über dem dargestellten Werkstück, so spricht man von **Vogelperspektive**, liegt er weit darunter, von **Froschperspektive**.

Auf dem Horizont liegt ferner der Messpunkt (Distanzpunkt). Er bestimmt die Verkürzung der zum Fluchtpunkt verlaufenden Kanten. Der Abstand Messpunkt - Fluchtpunkt ist beliebig, er sollte jedoch nicht kleiner als das Doppelte der größten Werkstückausdehnung gewählt werden.

Das Maß „a“ zwischen Breiten- und Tiefenmaßen legt den Abstand des Raumbildes von der Grundlinie fest.



# Zentralprojektion (Frontperspektive)



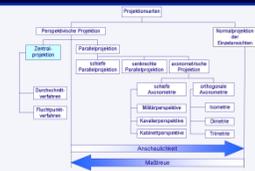
# Zentralprojektion (Eckperspektive)

Zur Konstruktion der Eckperspektive wird die Draufsicht des abzubildenden Gegenstandes in beliebiger Schräglage benötigt. Der Standpunkt soll unterhalb der Mitte der breiteren Draufsichtkante angeordnet werden.

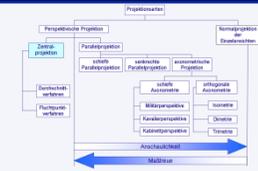
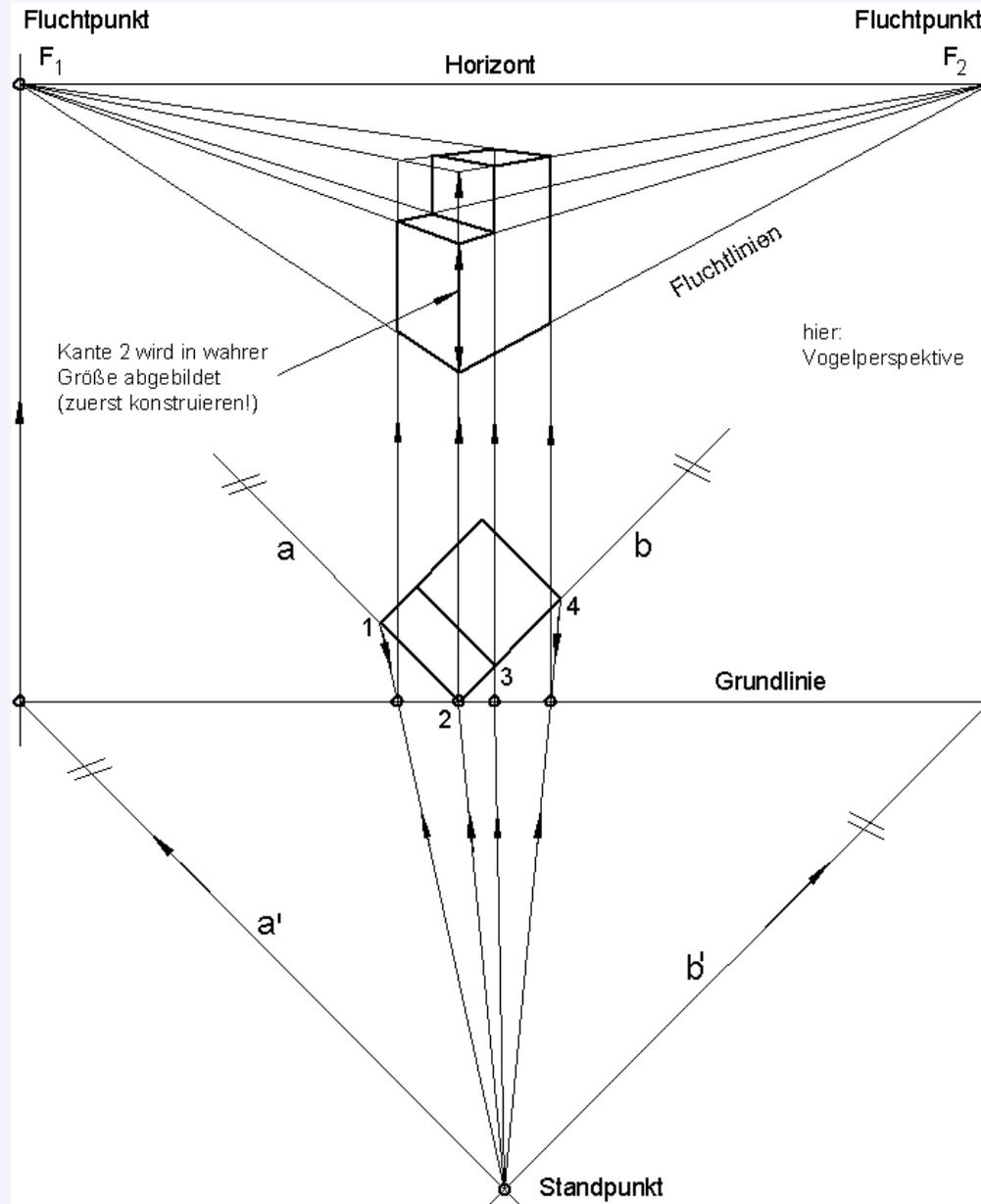
Legt man die Grundlinie durch einen Eckpunkt (2) der Draufsicht, so bildet sich die zugehörige Kante in der Zentralprojektion in wahrer Größe ab. Die Fluchtpunkte werden ermittelt, indem man Linien parallel zu den beiden Draufsichtkanten (a und b) zeichnet, die durch den Standpunkt verlaufen (a' und b').

Ihre Schnittpunkte mit der Grundlinie werden rechtwinklig auf die Horizontlinie projiziert und ergeben dort die gesuchten Fluchtpunkte.

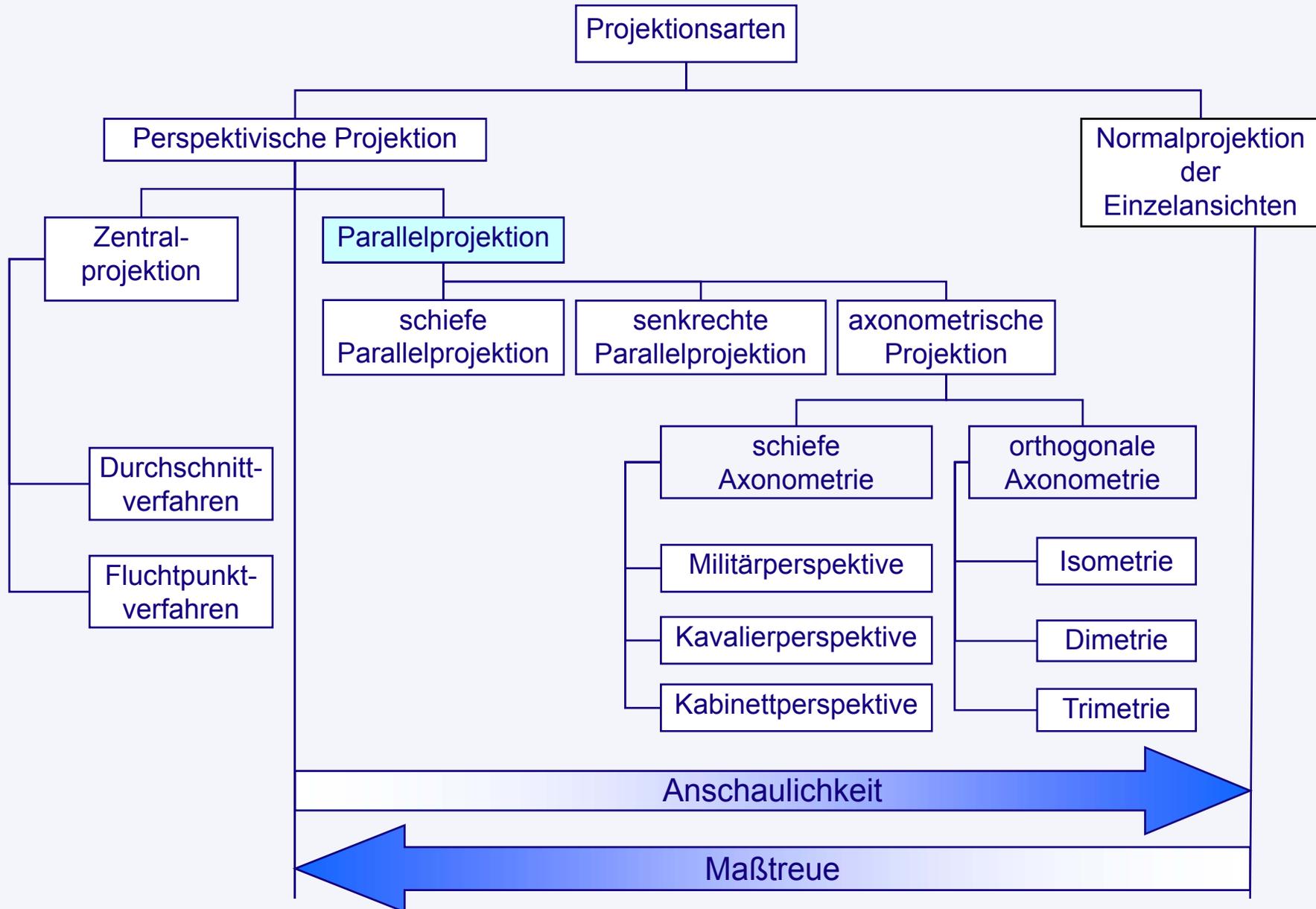
Die Längen der in der Eckperspektive verkürzt dargestellten Körperkanten erhält man, wenn man die Ecken der Draufsicht (1 bis 4) mit dem Standpunkt verbindet und die Schnittpunkte dieser Linien mit der Grundlinie rechtwinklig auf die Fluchtlinien projiziert.



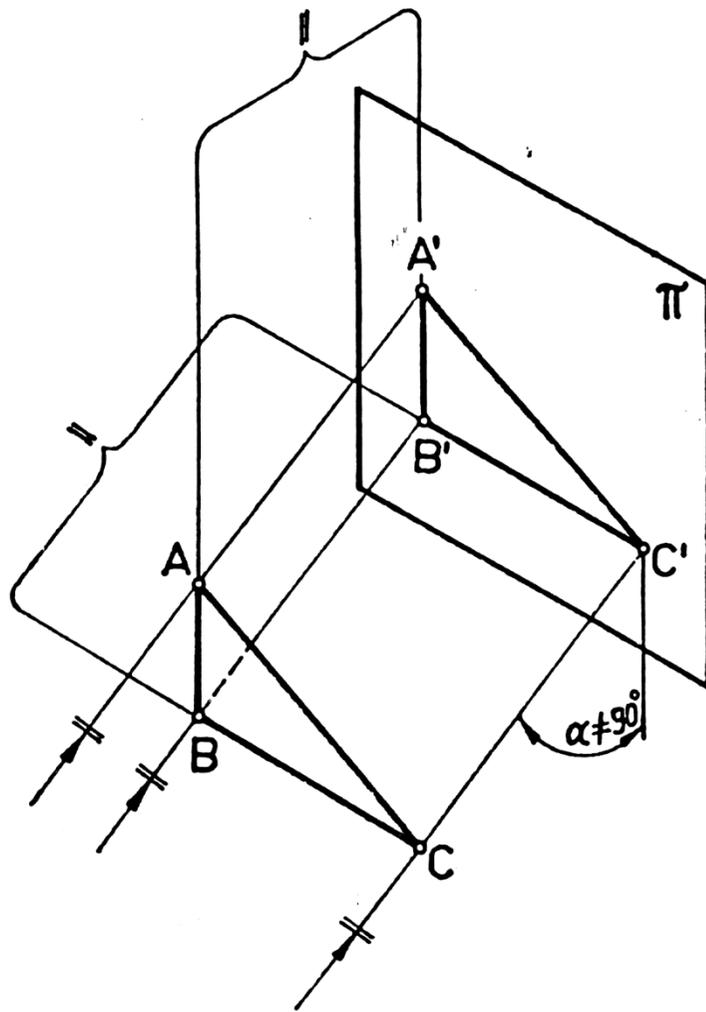
# Zentralprojektion (Eckperspektive)



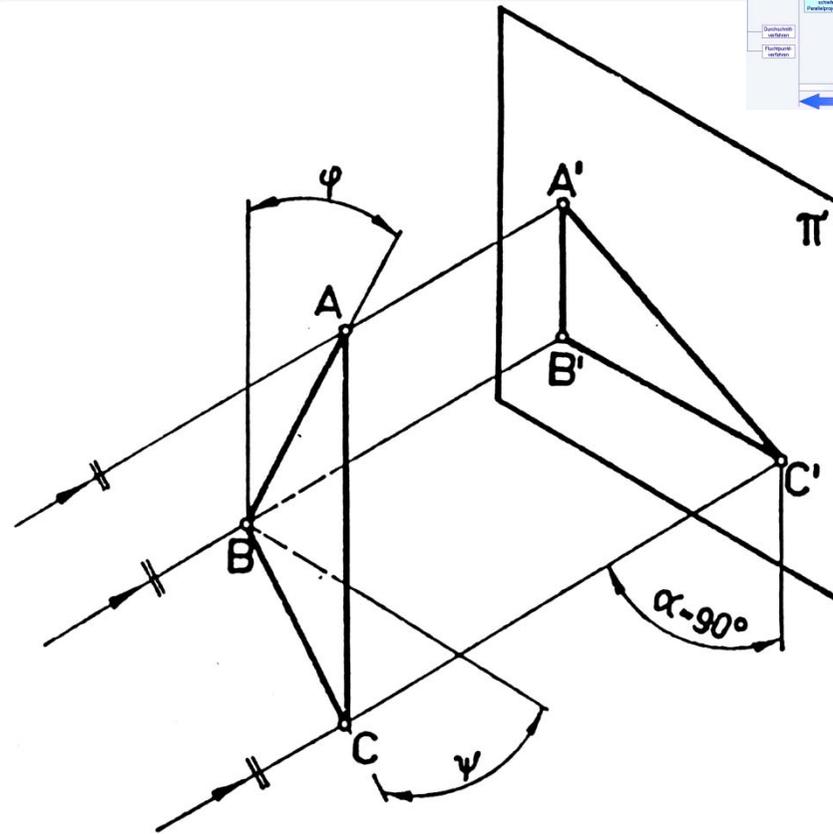
# Projektionsarten und Abbildungsverfahren für technische Darstellungen



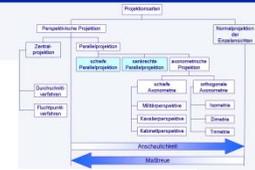
# Schiefe und Senkrechte Parallelprojektion



Schiefe Parallelprojektion

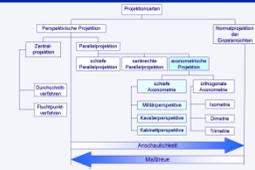


Senkrechte Parallelprojektion



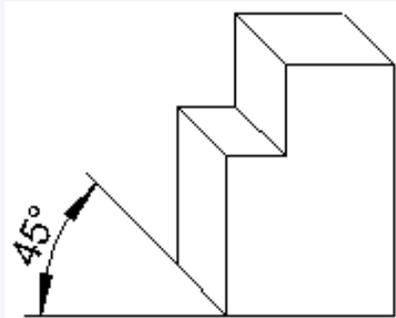
# Schiefe axonometrische Projektion (DIN 5)

Axonometrische Projektionen sind parallelperspektivische Darstellungen.



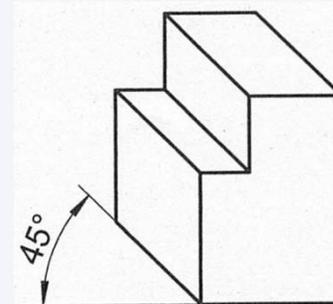
## Kabinettperspektive

Seitenverhältnis 1 : 2 : 0.5



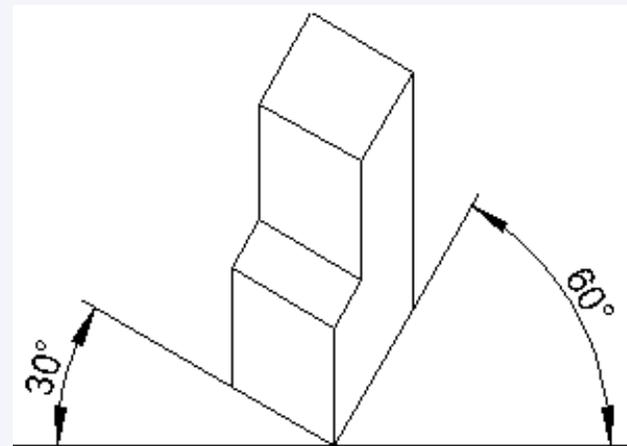
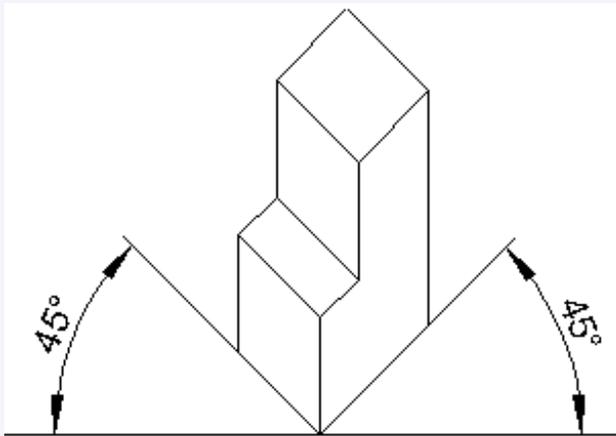
## Kavalierperspektive

Seitenverhältnis 1 : 1 : 1



## Militärperspektive

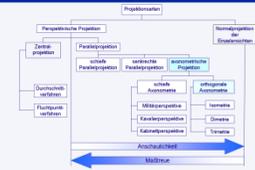
Seitenverhältnis 1 : 1 : 1



# Orthogonale axonometrische Projektion (DIN 5)

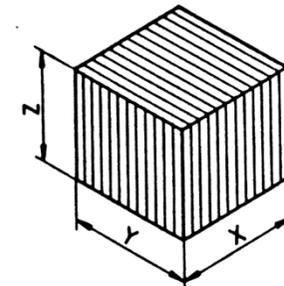
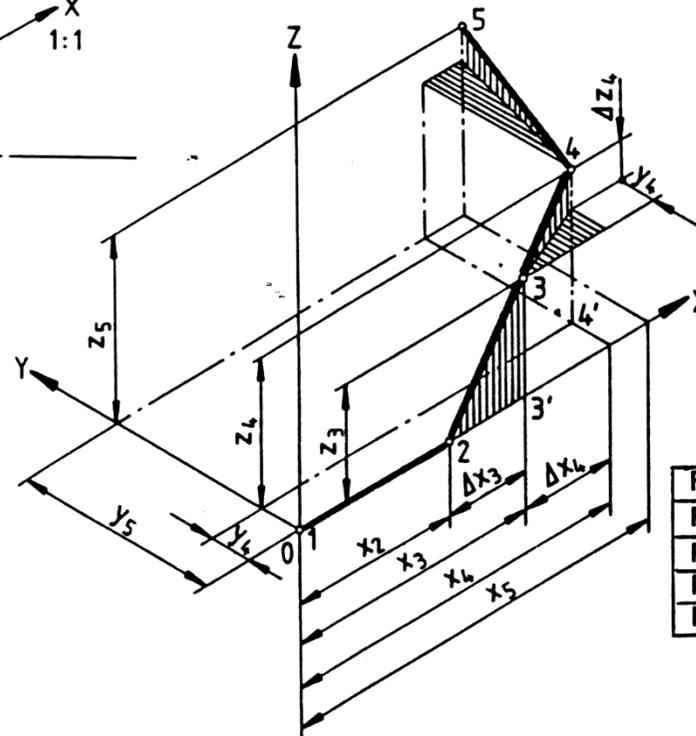
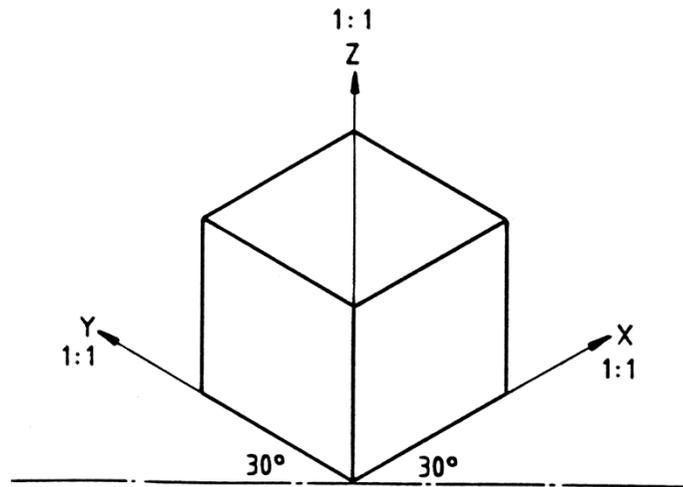
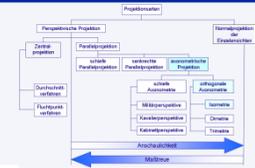
Zu den orthogonalen axonometrischen Projektionen zählen die isometrische und die dimetrische Darstellung.

Im Rohrleitungsbau sind diese Darstellungen unverzichtbar, denn man erkennt alle Rohrneigungen (im Raum) in einer Ansicht. Für den Maschinenbau sind diese Darstellungen, nur in Ausnahmefällen, zur Verdeutlichung zu verwenden.



# Isometrie - Grundlagen

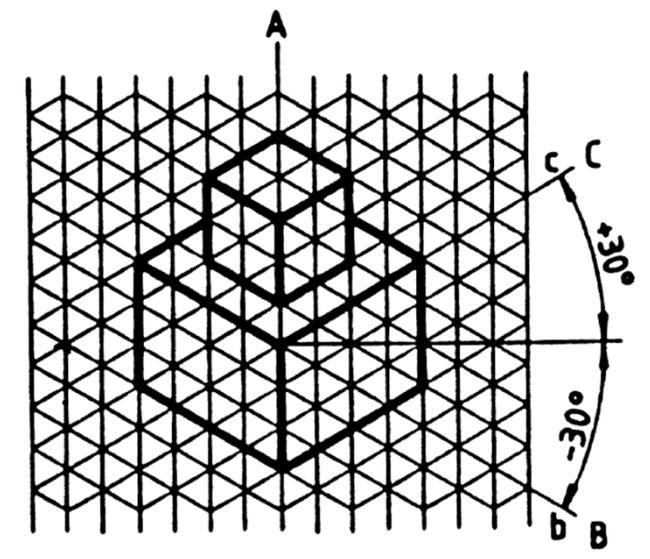
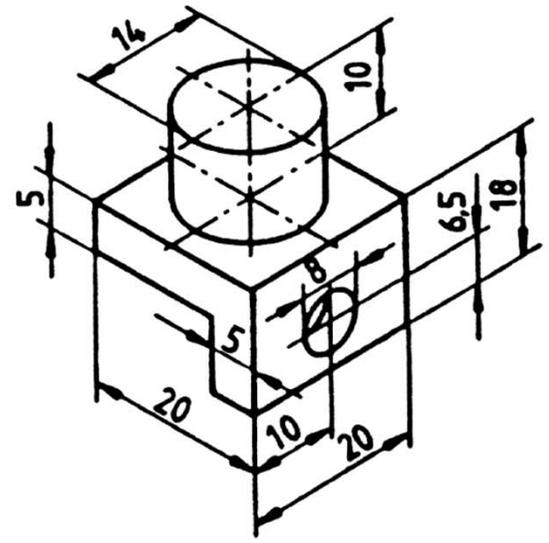
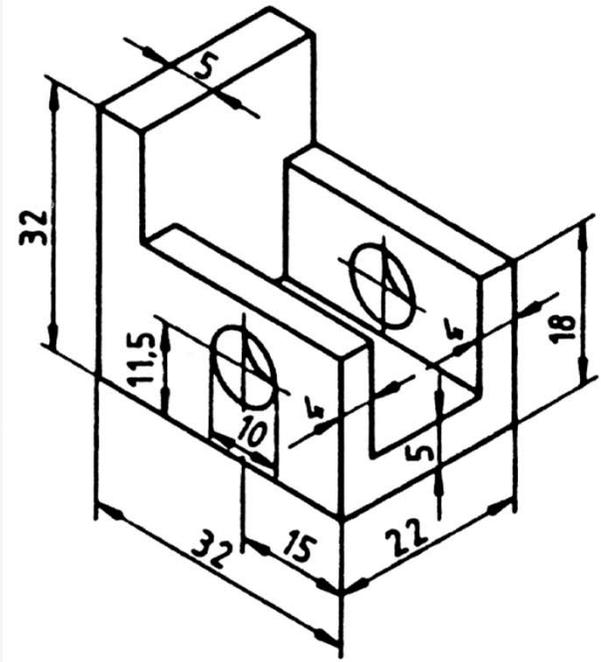
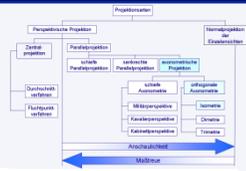
Alle Abmessungen werden im gleichen (= iso) Maßstab gezeichnet (x: y: z wie 1: 1: 1).



Schraffur der Hauptebenen

$P_1$	$x_1 = 0$	$y_1 = 0$	$z_1 = 0$
$P_2$	$x_2 = + 50$	$y_2 = 0$	$z_2 = 0$
$P_3$	$x_3 = + 75$	$y_3 = 0$	$z_3 = + 34$
$P_4$	$x_4 = + 104$	$y_4 = + 12$	$z_4 = + 45$
$P_5$	$x_5 = + 118$	$y_5 = + 62$	$z_5 = + 54$

# Isometrie - Grundlagen



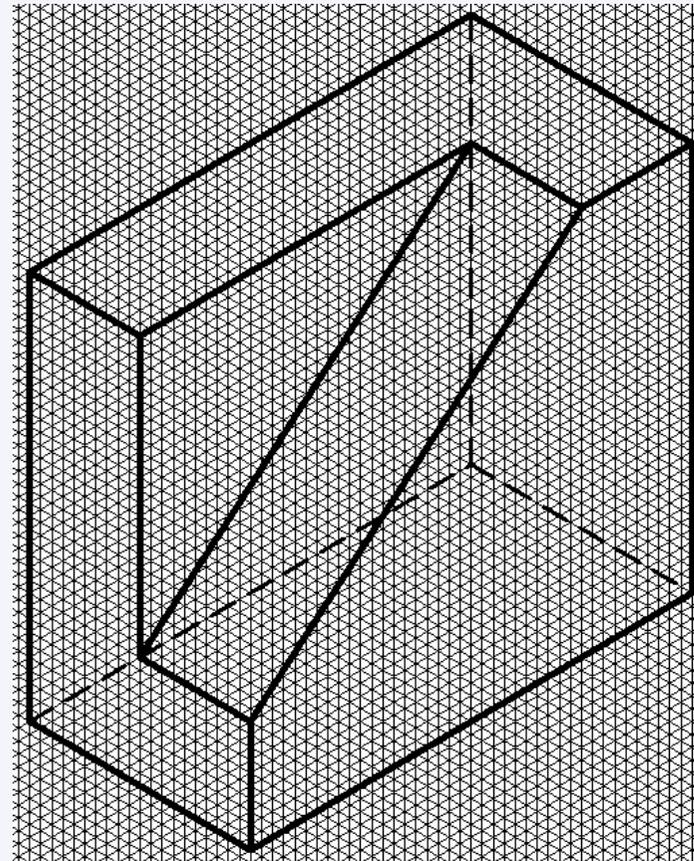
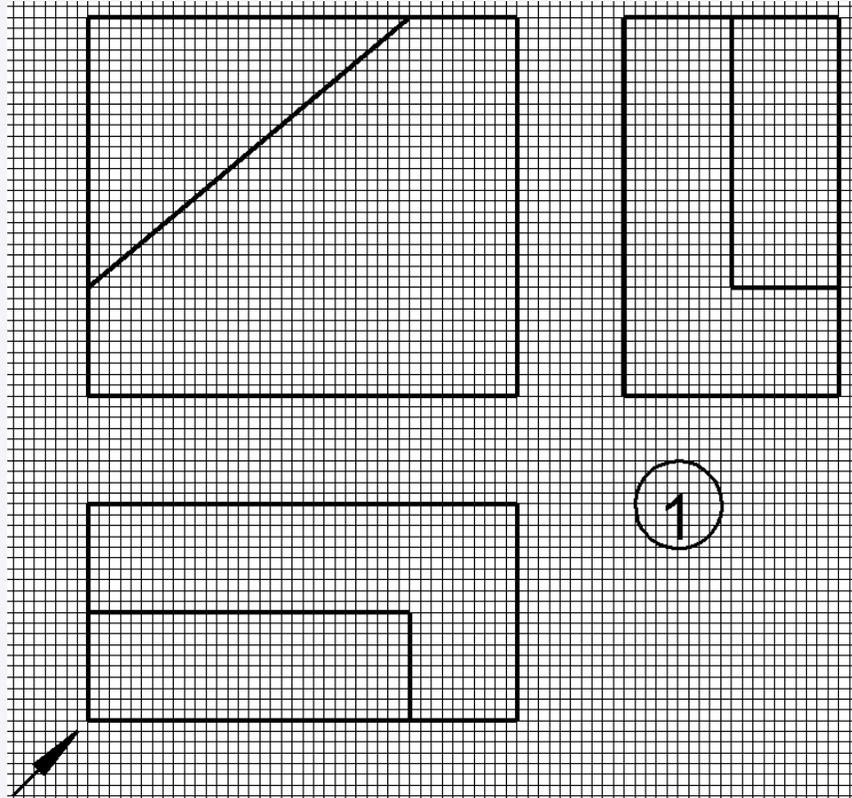
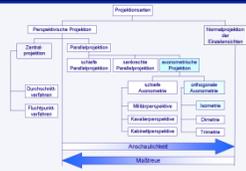
Beispiele für isometrische Darstellung mit Maßeintragung

Isometrisches Liniennetz

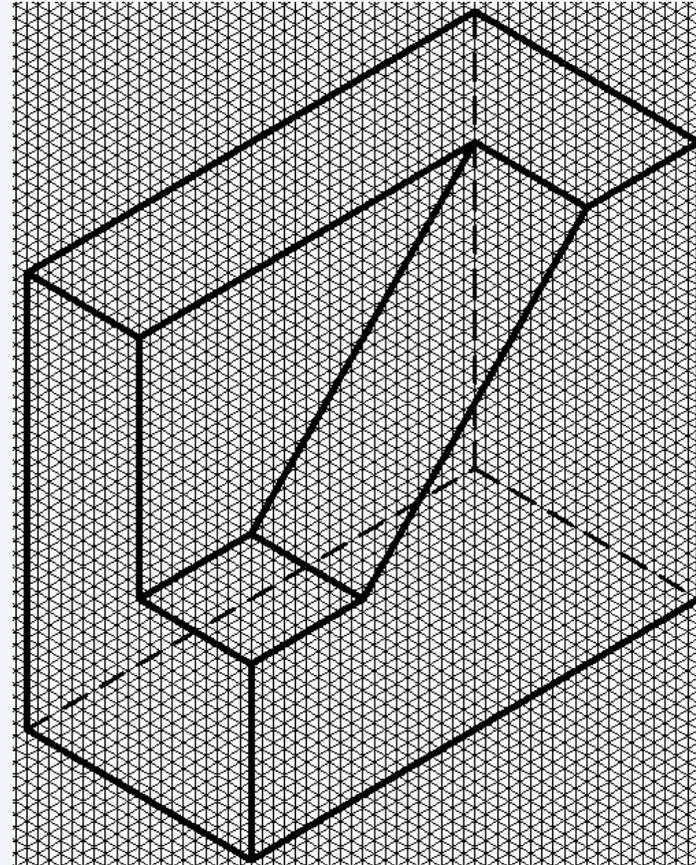
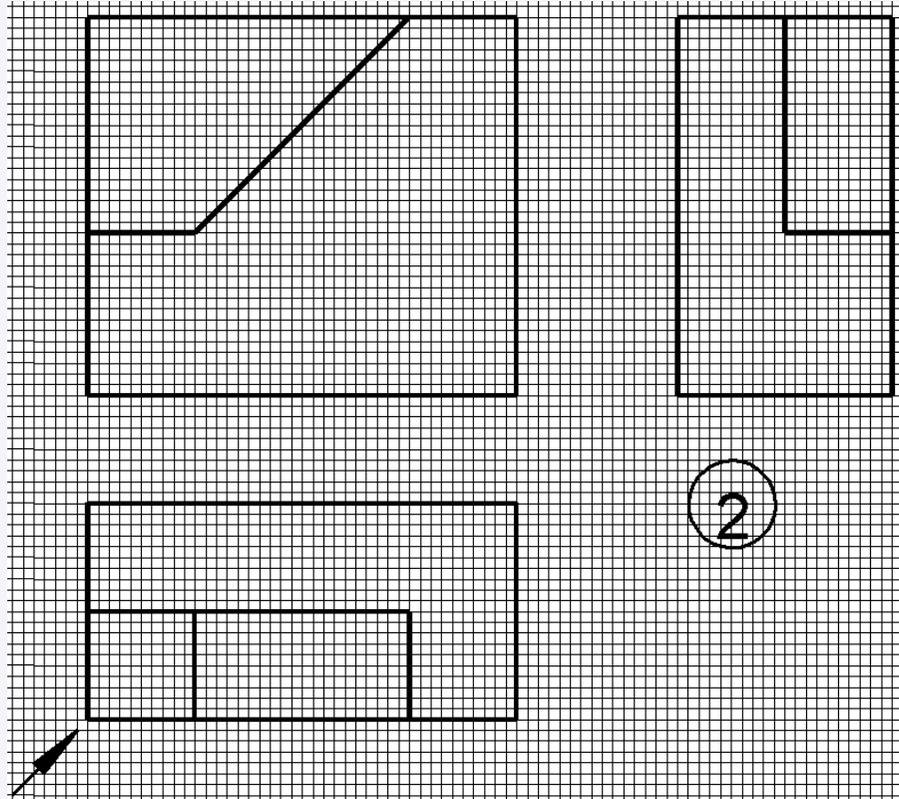
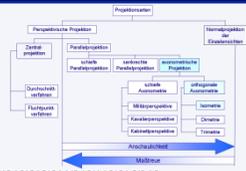




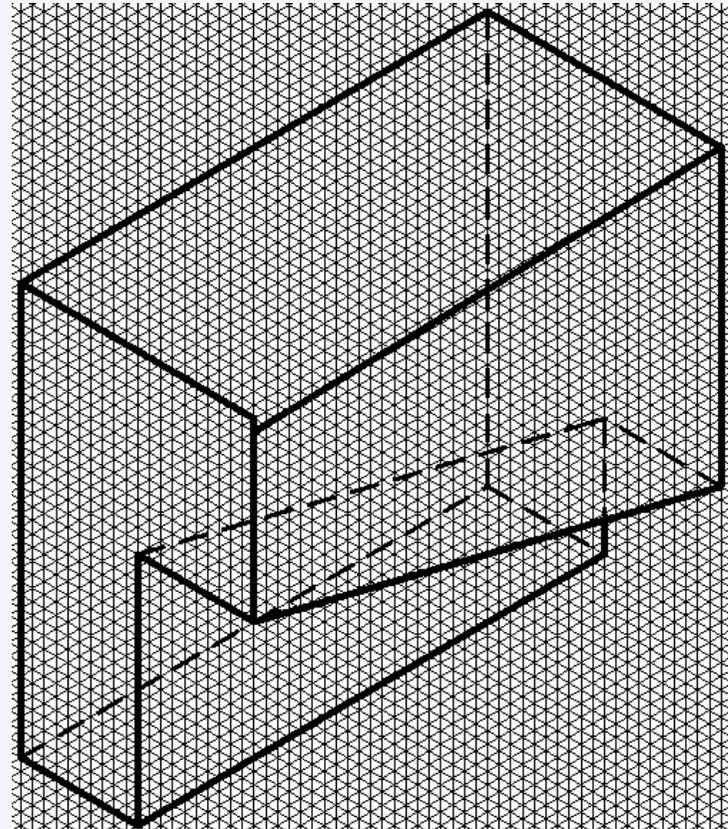
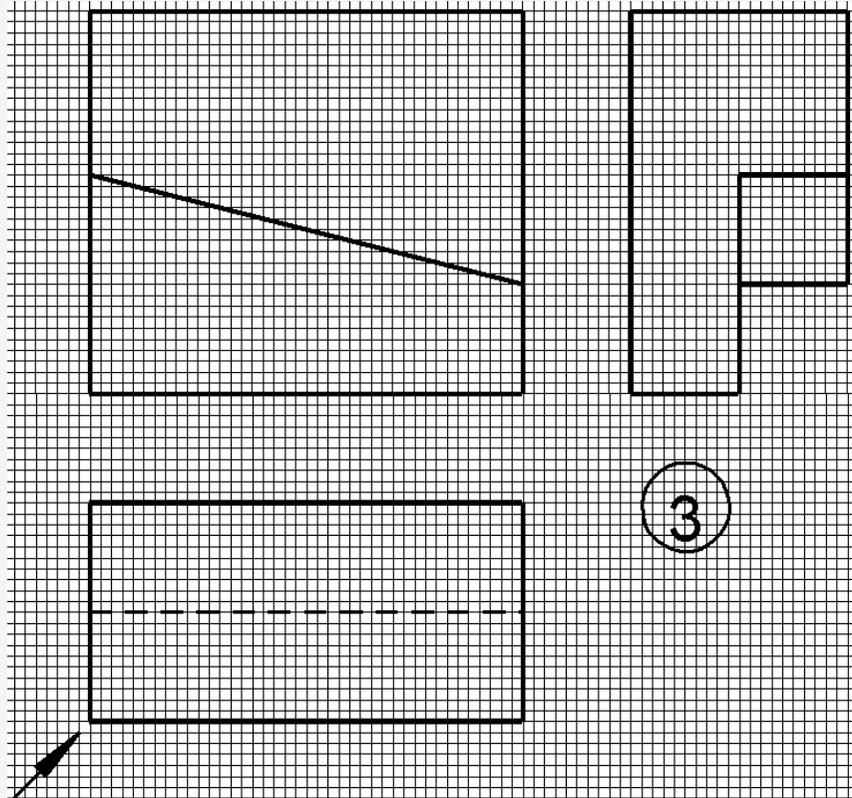
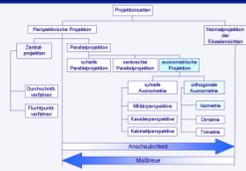
# Isometrie - Beispiele



# Isometrie - Beispiele

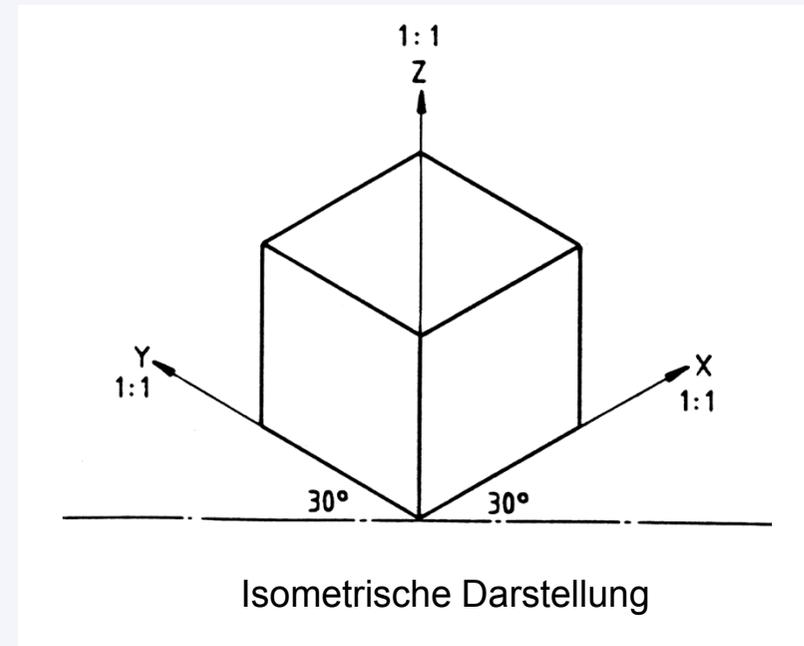
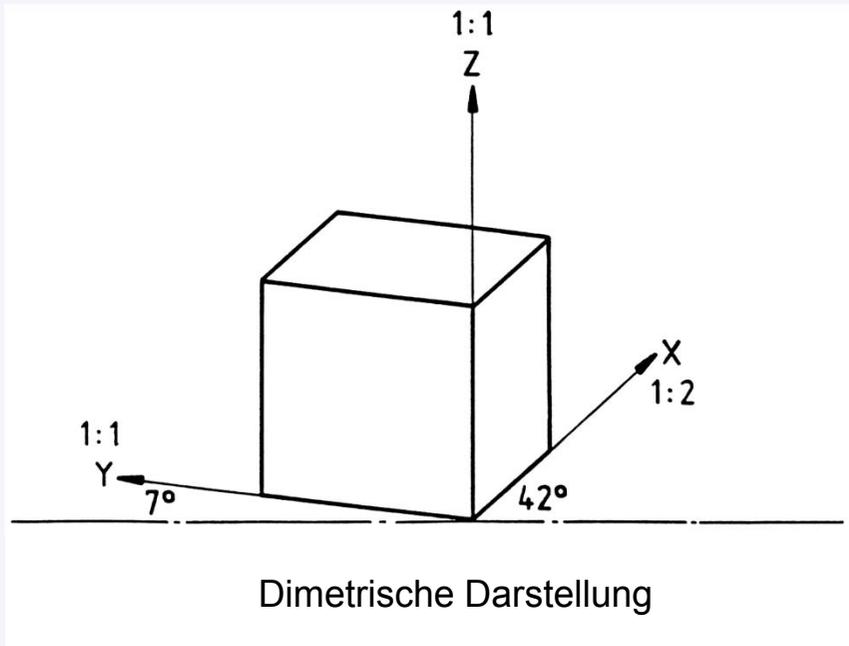
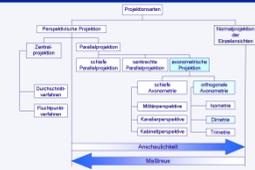


# Isometrie - Beispiele

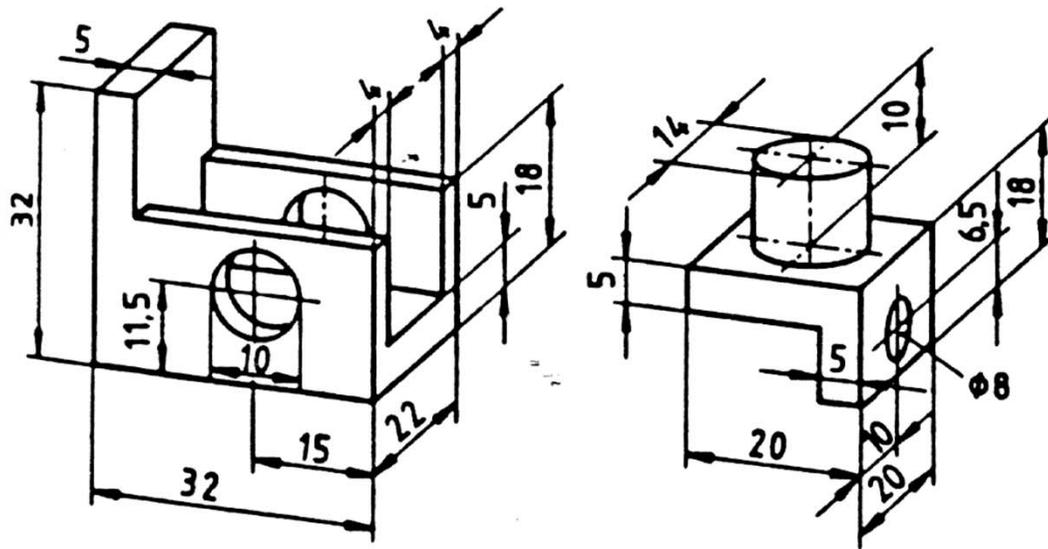
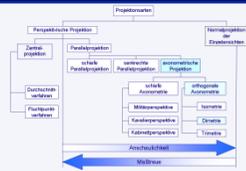


# Dimetrie - Grundlagen

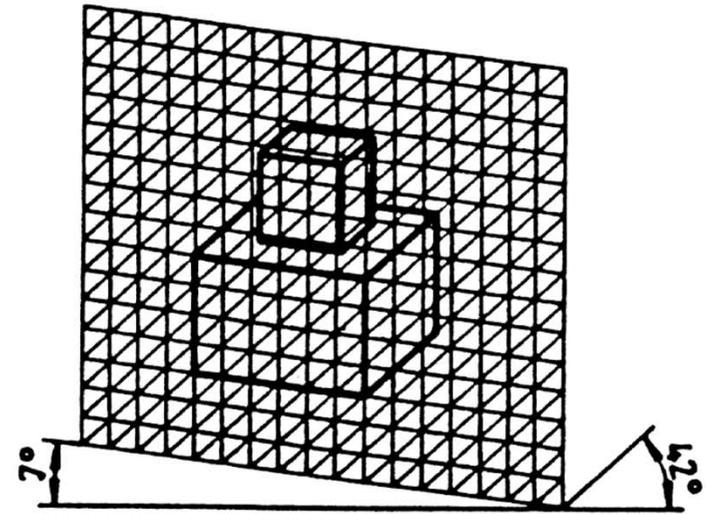
Bei Dimetrie-Darstellungen wird Priorität auf die Vorderansicht gelegt. Durch Anwendung zweier unterschiedlicher Maßstäbe tritt in der Tiefe eine Verkürzung um 50% auf.



# Dimetrie - Beispiel



Beispiele für dimetrische Darstellung mit Maßeintragung



Schrägbildpapier

## *2. Grundkörper und platonische Körper*



# Grundkörper

Technische Gegenstände sind vielfältig gestaltet; dennoch sind in allen Werkstücken nur fünf Grundkörper enthalten:

Prisma

Pyramide

Kugel

Zylinder

Kegel

## **Prisma**

Ein Prisma ist ein Körper, dessen Grund- und Deckfläche parallele kongruente Vielecke sind.

## **Pyramide**

Eine Pyramiden ist ein Körper, der dadurch entsteht, dass die Ecken eines ebenen Vieleckes mit einem Punkt außerhalb der Ebene des Vieleckes verbunden werden.

## **Kugel**

Eine Kugel ist eine gekrümmte geschlossene Fläche. Alle Punkte dieser Fläche haben den gleichen Abstand (Radius) zu einem festen Punkt, dem Mittelpunkt der Kugel.

# Grundkörper

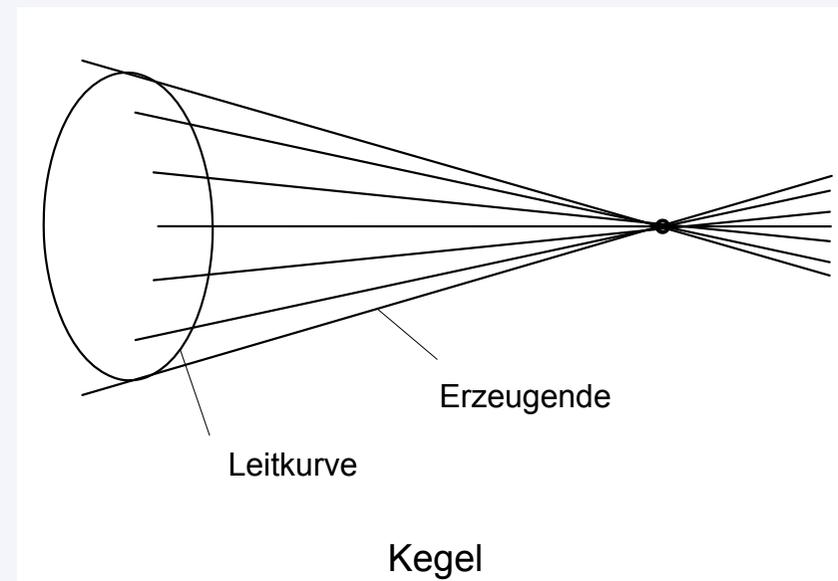
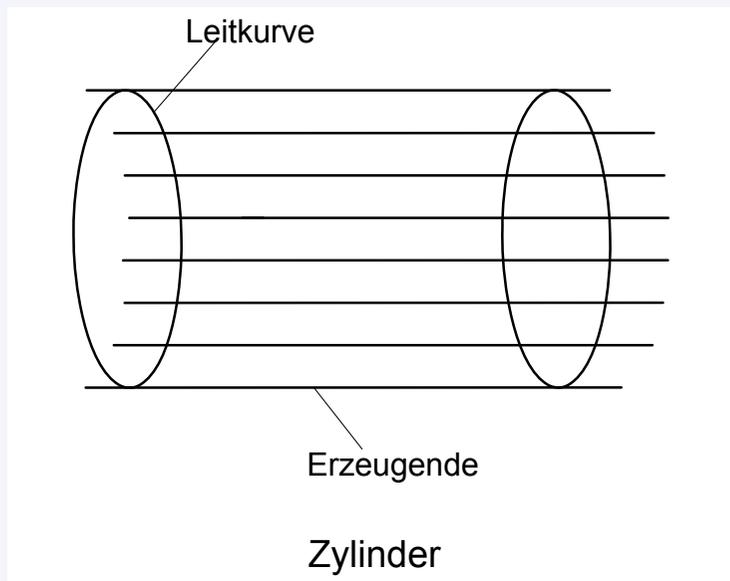
## Zylinder

Ein Zylinder entsteht, wenn eine erzeugende Gerade (Erzeugende) längs einer Leitkurve gleitet, ohne dabei die Richtung zu ändern.

## Kegel

Ein Kegel entsteht, wenn sich eine erzeugende Gerade (Erzeugende) entlang einer Leitkurve bewegt und dabei einer ihrer Punkte stets den gleichen Ort beibehält.

Der feste Punkt wird zur Kegelspitze. Da eine Gerade unendlich lang ist, entsteht ein Doppelkegel. Ist die Leitkurve ein Kreis, so entsteht ein Kreiskegel.



# Platonische Körper

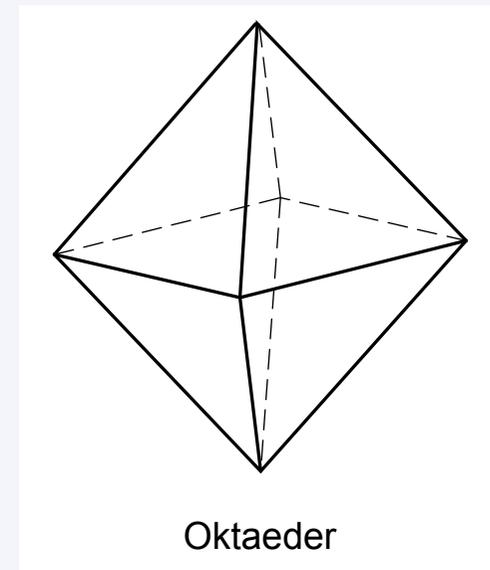
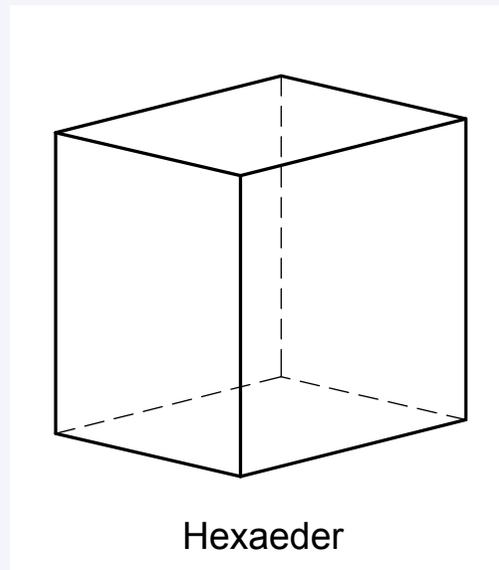
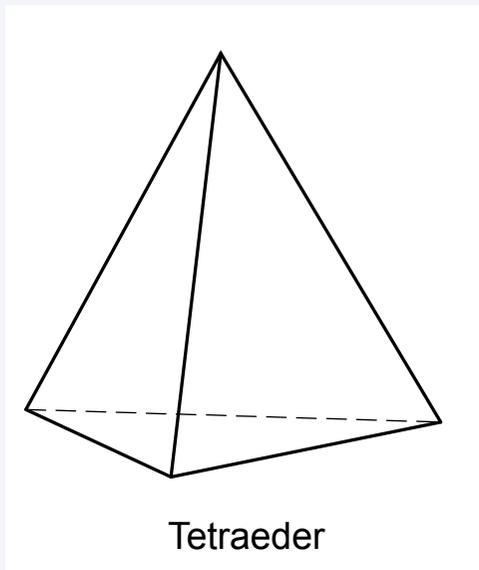
Platonische Körper werden von regelmäßigen kongruenten Vielecken begrenzt.

Es gibt fünf solche platonischen Körper. Sie sind Grundlage aller Kristallformen!

**Tetraeder**, begrenzt von vier gleichseitigen Dreiecken

**Hexaeder** (Würfel), begrenzt von sechs Quadraten

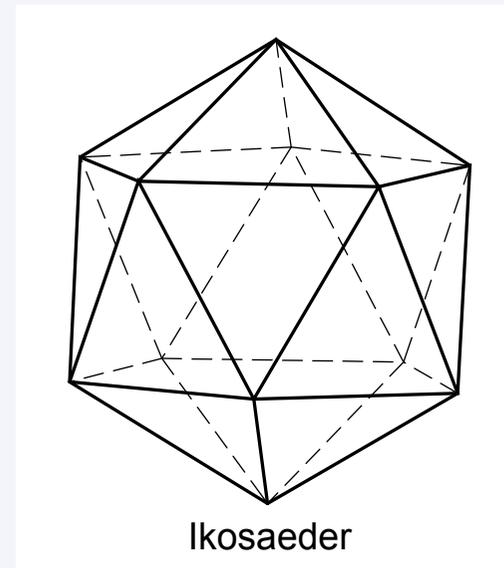
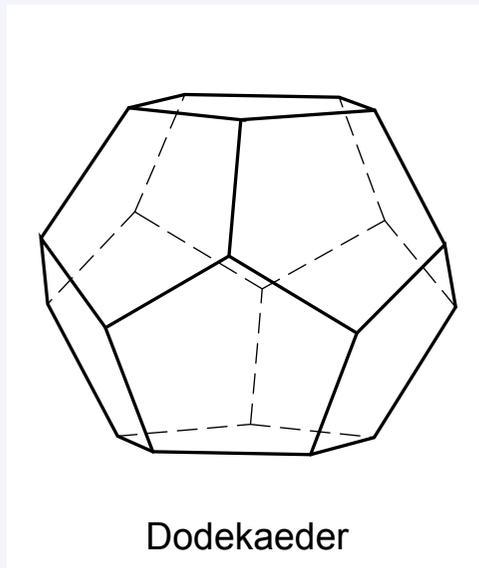
**Oktaeder**, begrenzt von acht gleichseitigen Dreiecken



# Platonische Körper

**Dodekaeder**, begrenzt von zwölf regelmäßigen Fünfecken

**Ikosaeder**, begrenzt von zwanzig gleichseitigen Dreiecken

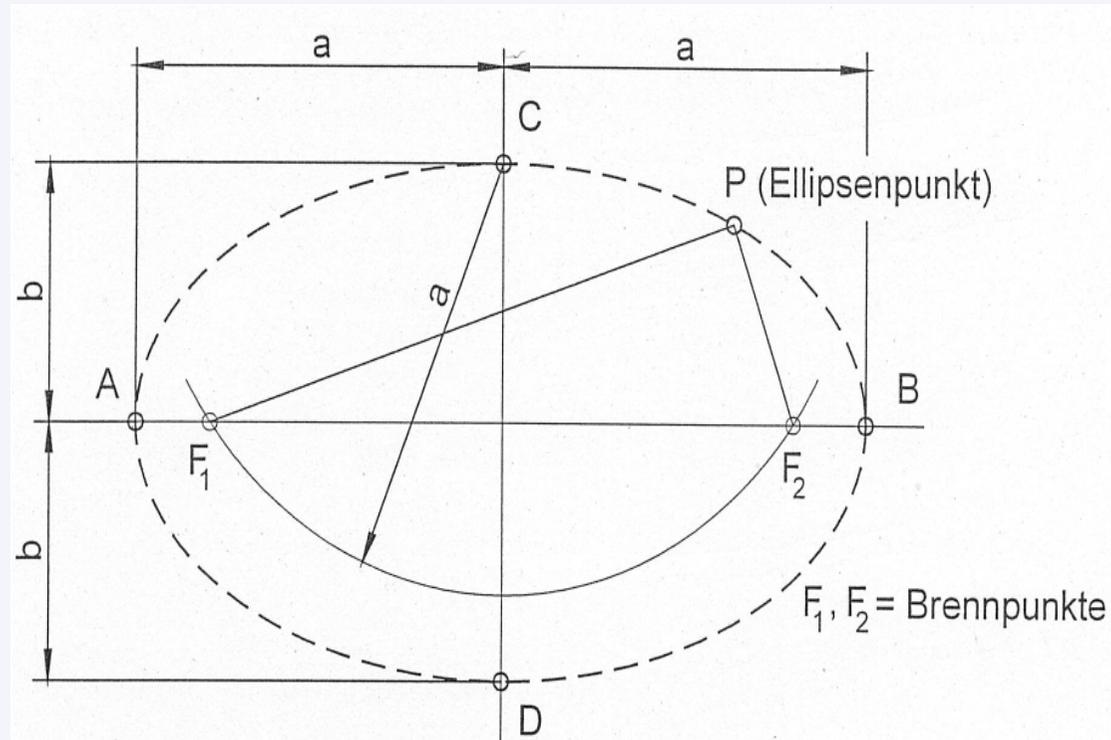


## Ellipsen – Geometrische Definition

Ellipsendefinition:

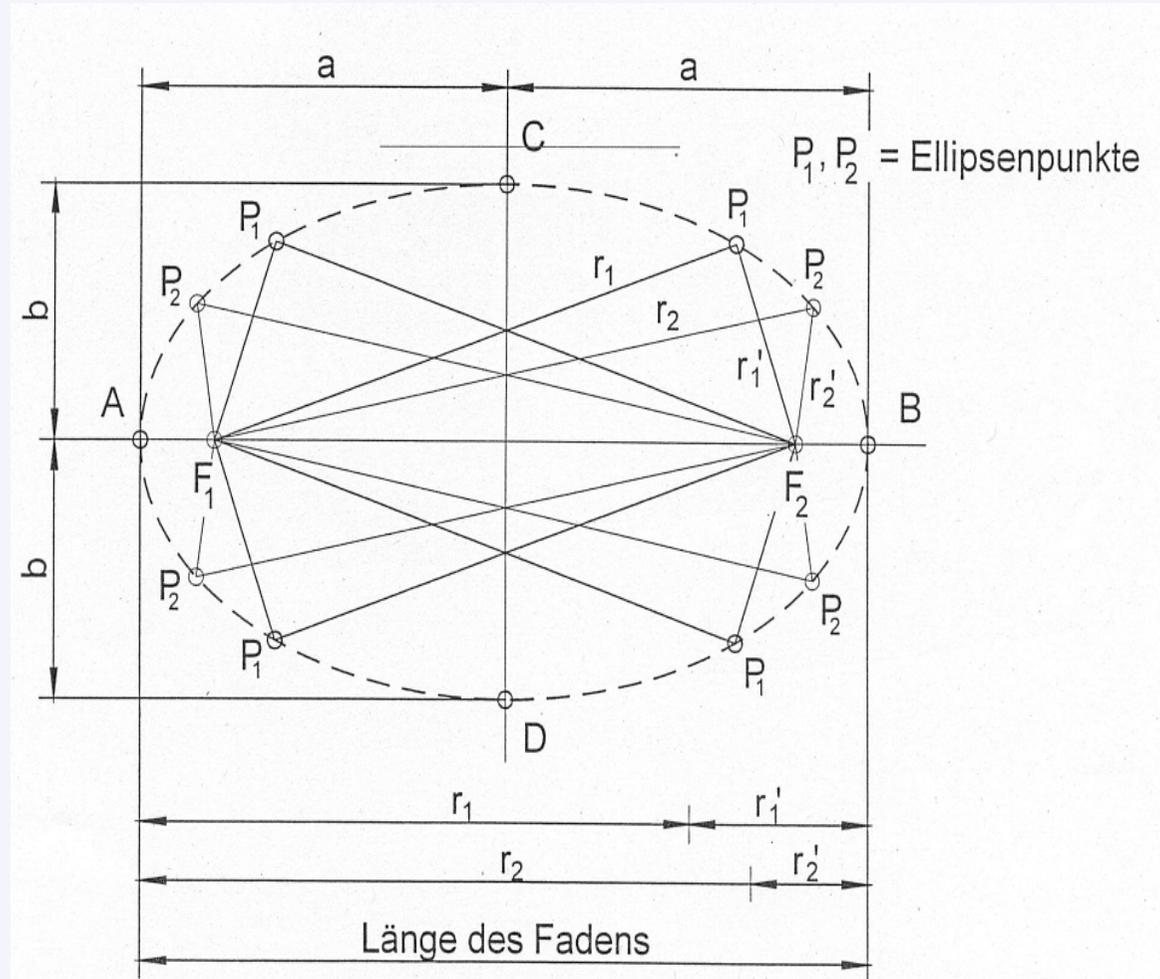
Die Ellipse ist der geometrische Ort aller Punkte, bei denen die Summe der Entfernungen von den beiden Brennpunkten  $F_1$  und  $F_2$  gleich der großen Achse  $2a$  ist:

$$\overline{F_1P} + \overline{F_2P} = 2a$$



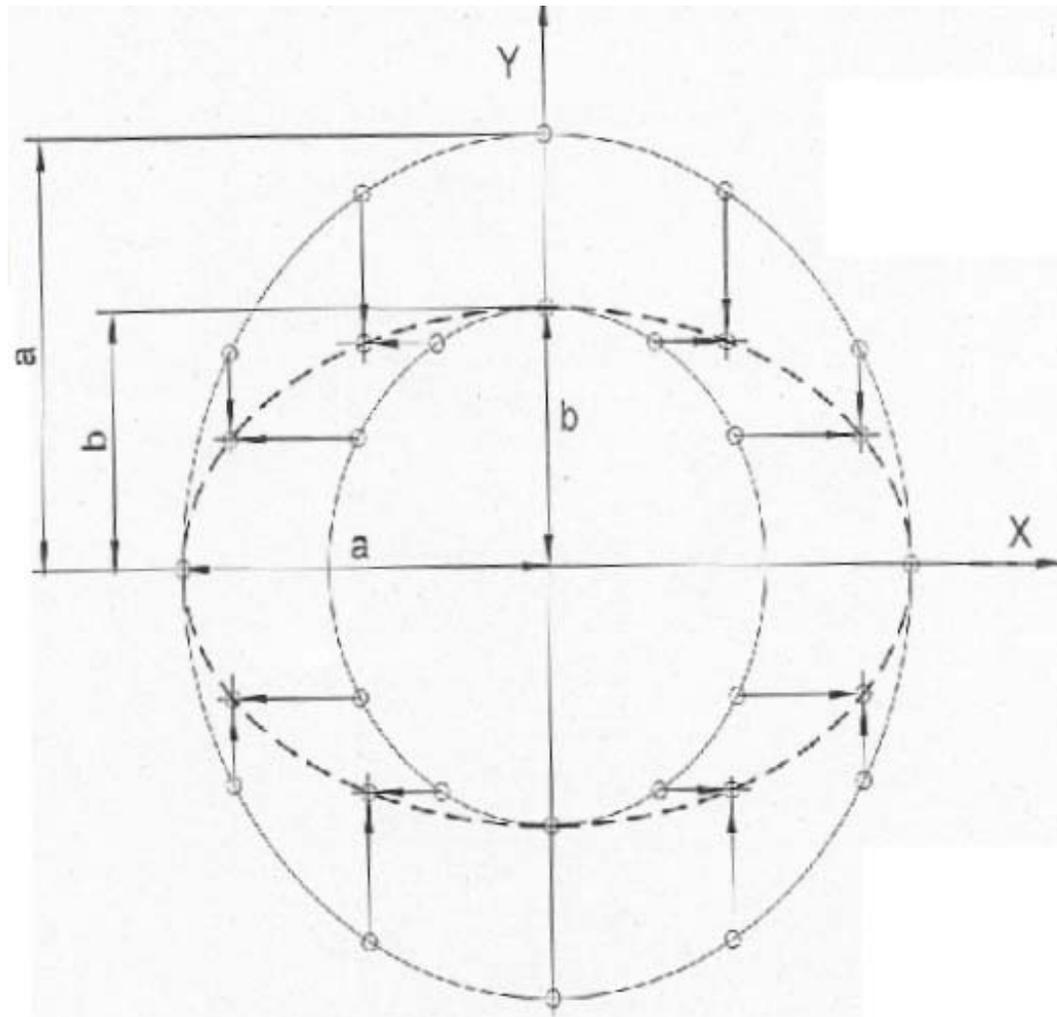
# Ellipsen – Geometrische Definition

Die Brennpunkte  $F_1$  und  $F_2$  ergeben sich aus der Summe der Brennstrahlen



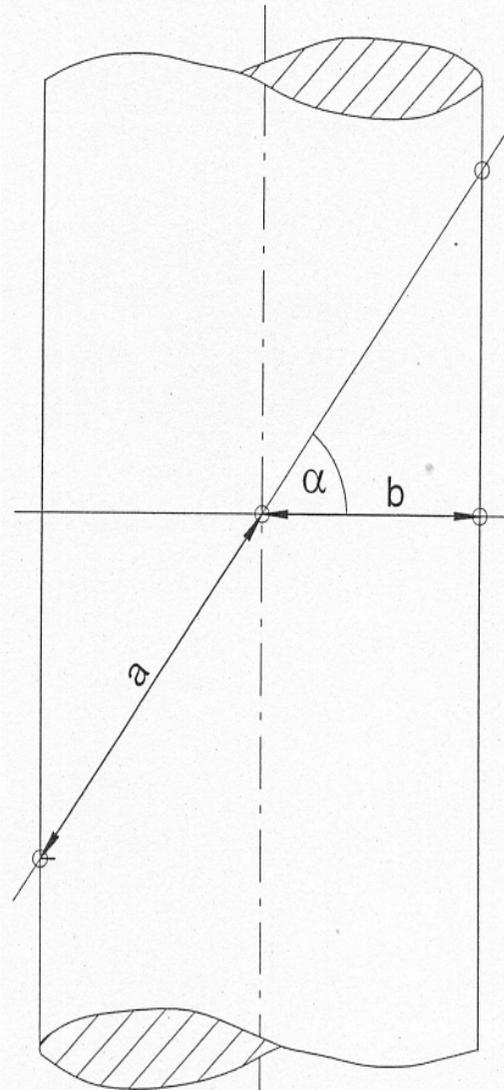
# Ellipsen - Entstehung

1. Drehung des großen Scheitelkreises ( $r = a$ ) um die X-Achse
2. Drehung des kleinen Scheitelkreises ( $r = b$ ) um die Y-Achse (nach außen!)



# Ellipsen - Entstehung

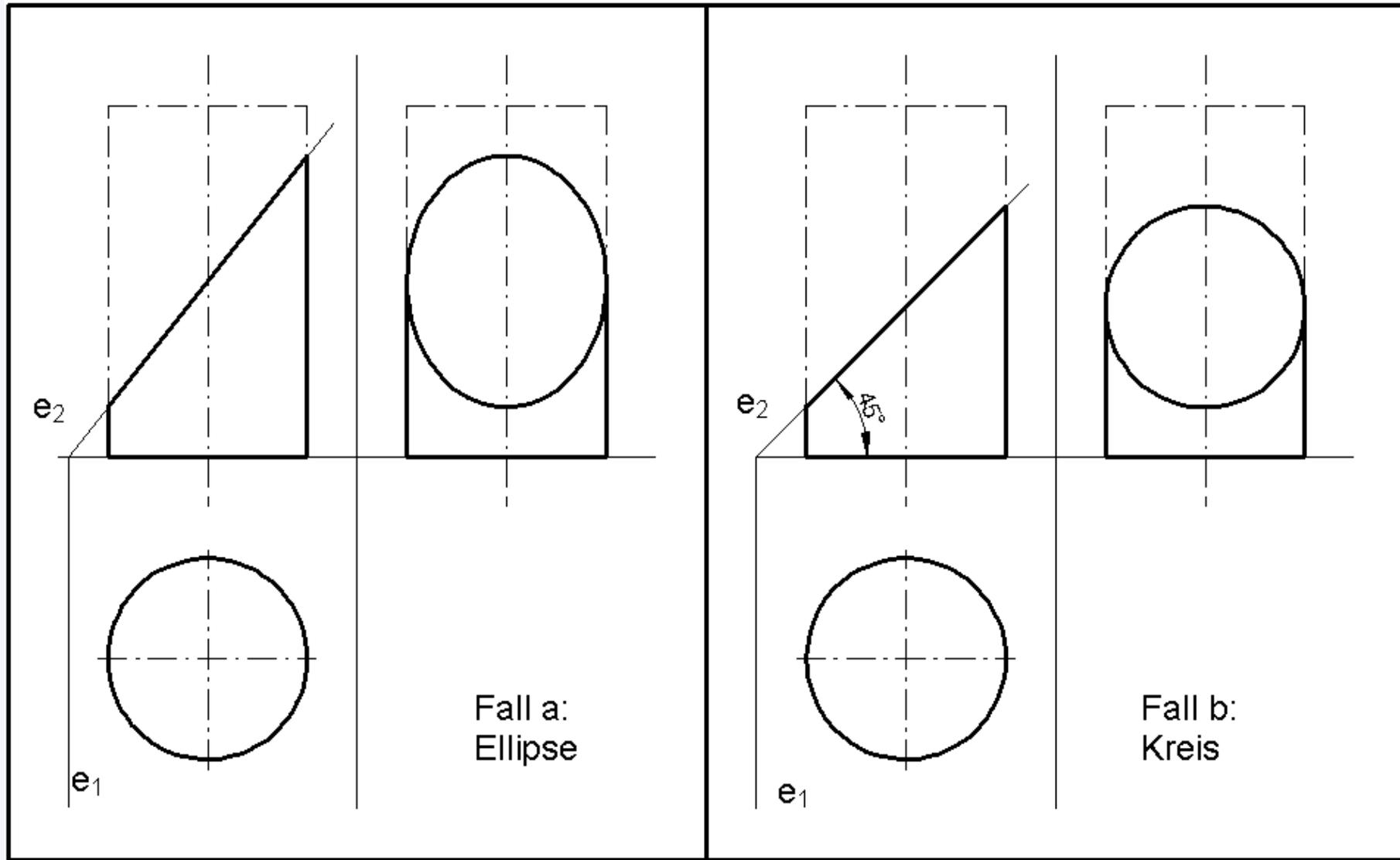
3. Ebener Schnitt unter dem Winkel  $\alpha$  schräg zur Achse eines Kreiszyllinders mit  $r = b$ .
4. Projektion eines Kreiszyllinders mit  $r = b$  auf eine Projektions-ebene, die unter dem Winkel  $\alpha$  schräg zur Kreiszyllinderachse steht



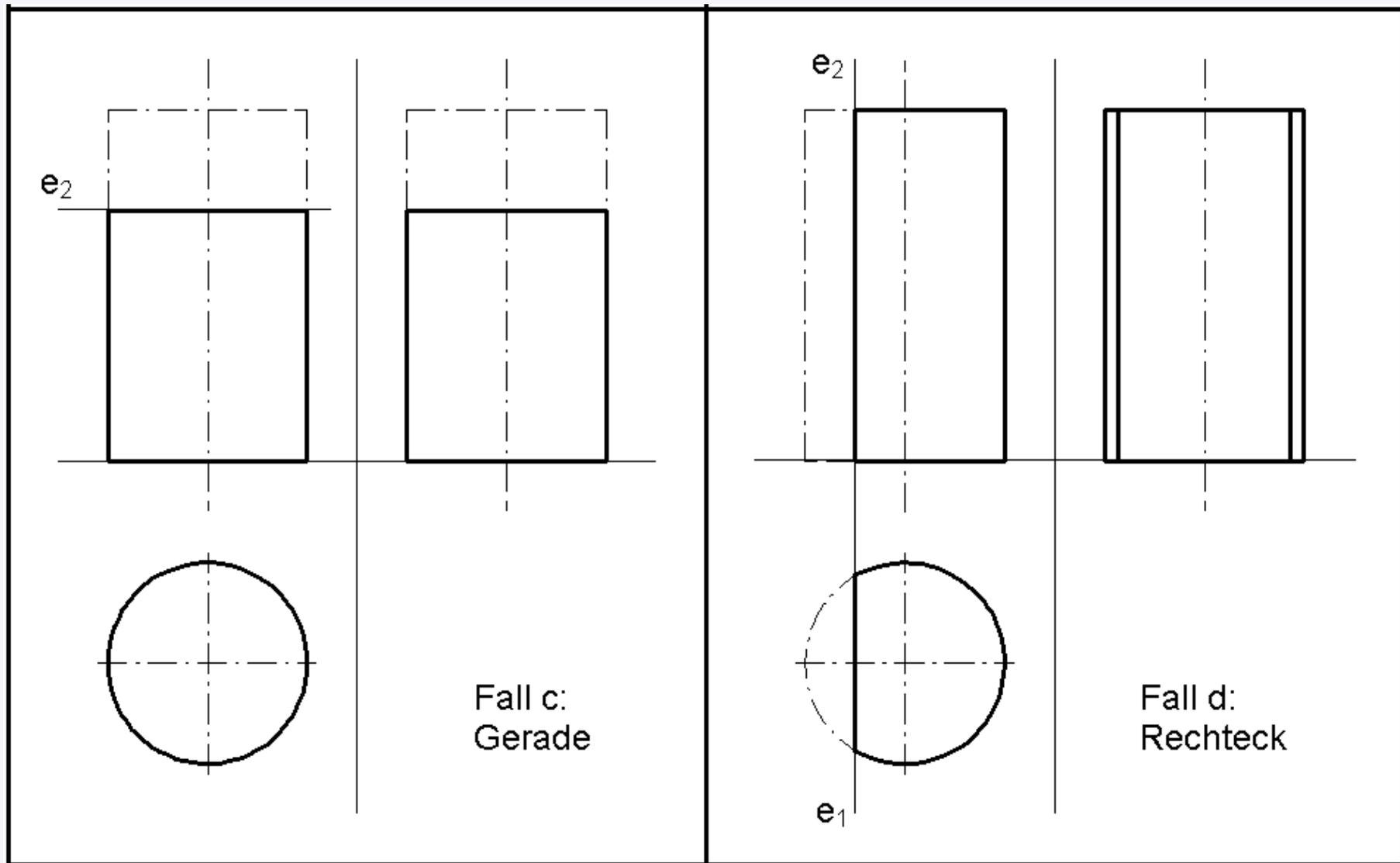
# 3. Schritte



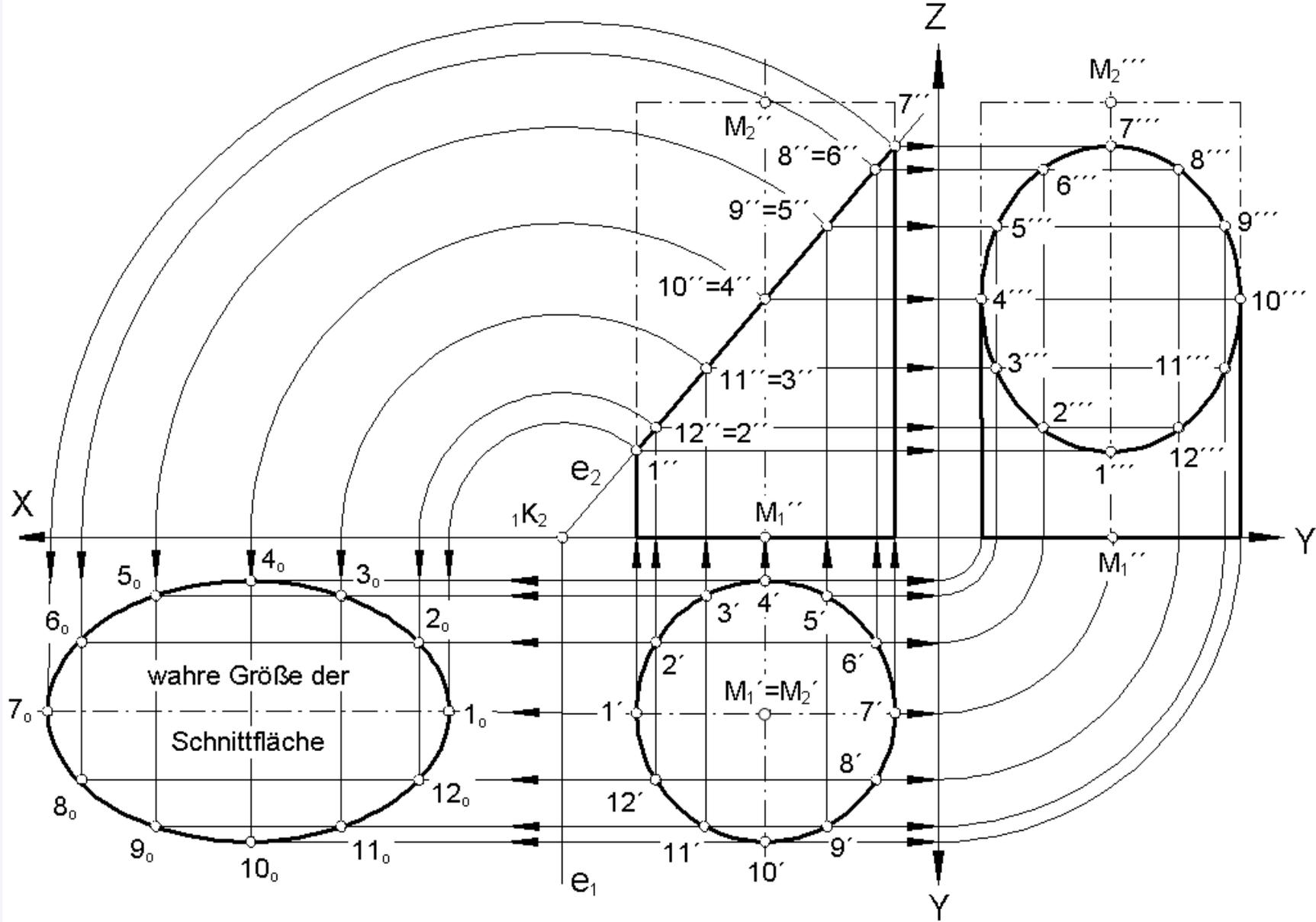
# verschiedene Zylinderschnitte



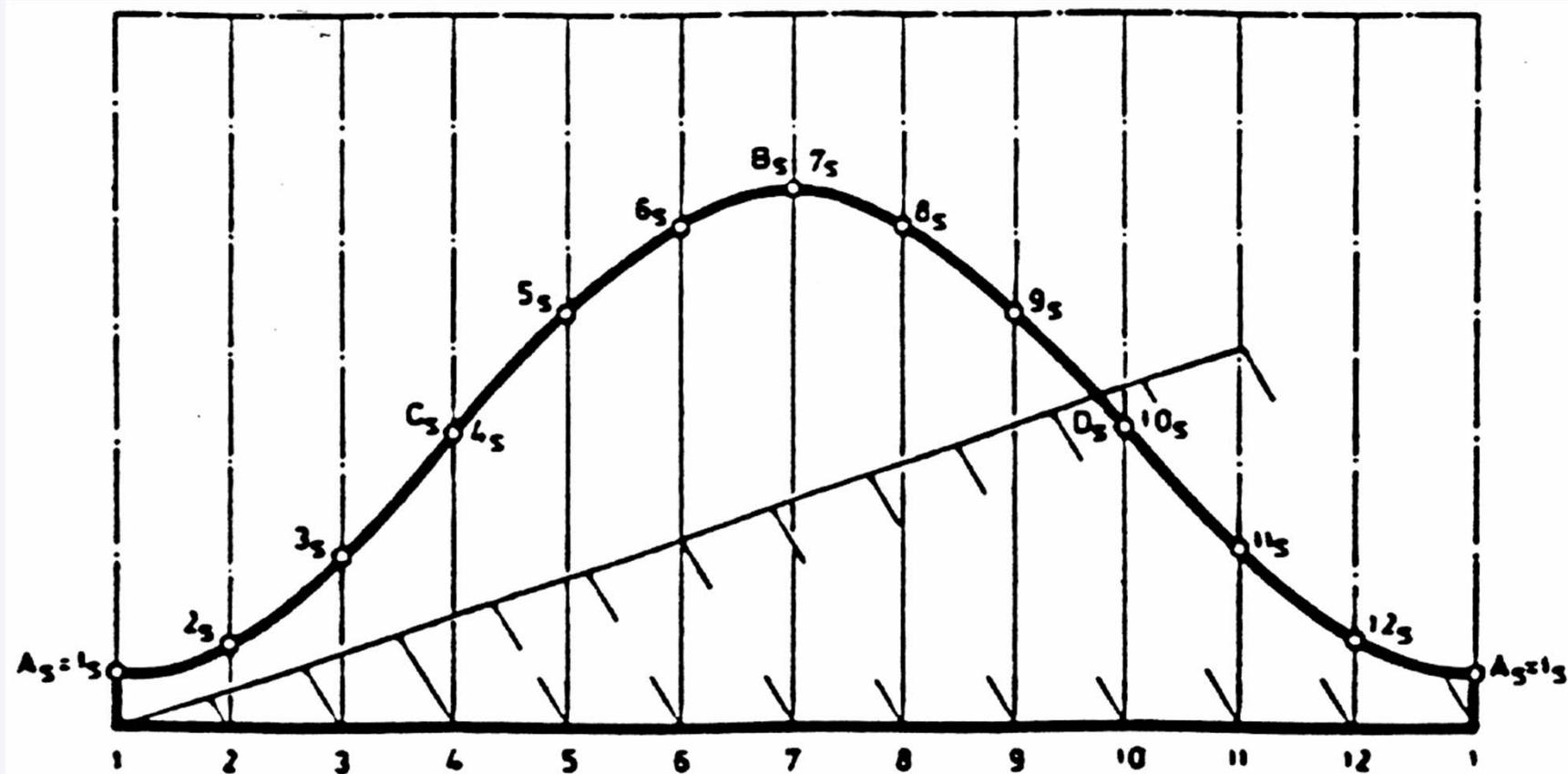
# verschiedene Zylinderschnitte



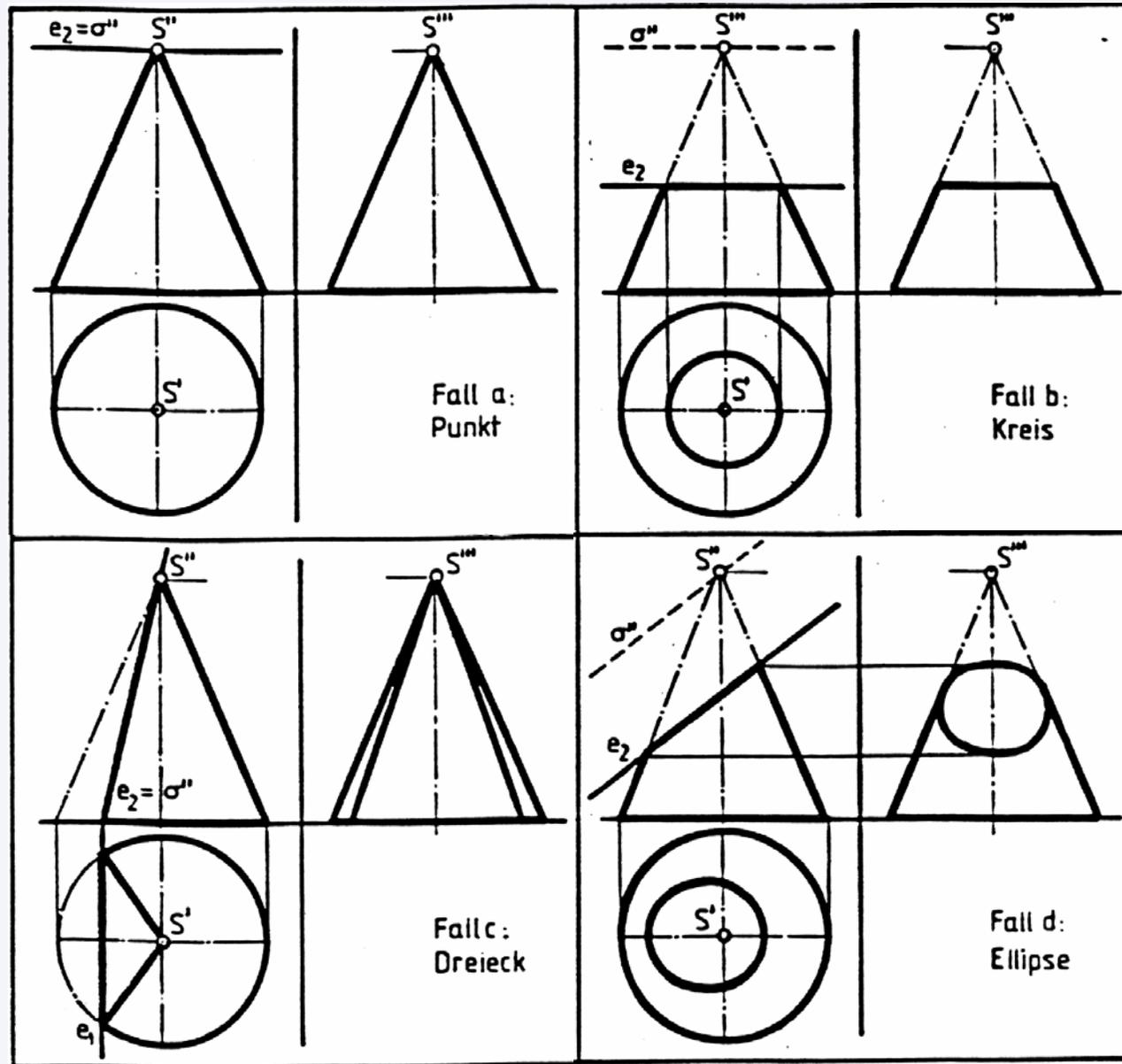
# schräger Zylinderschnitt



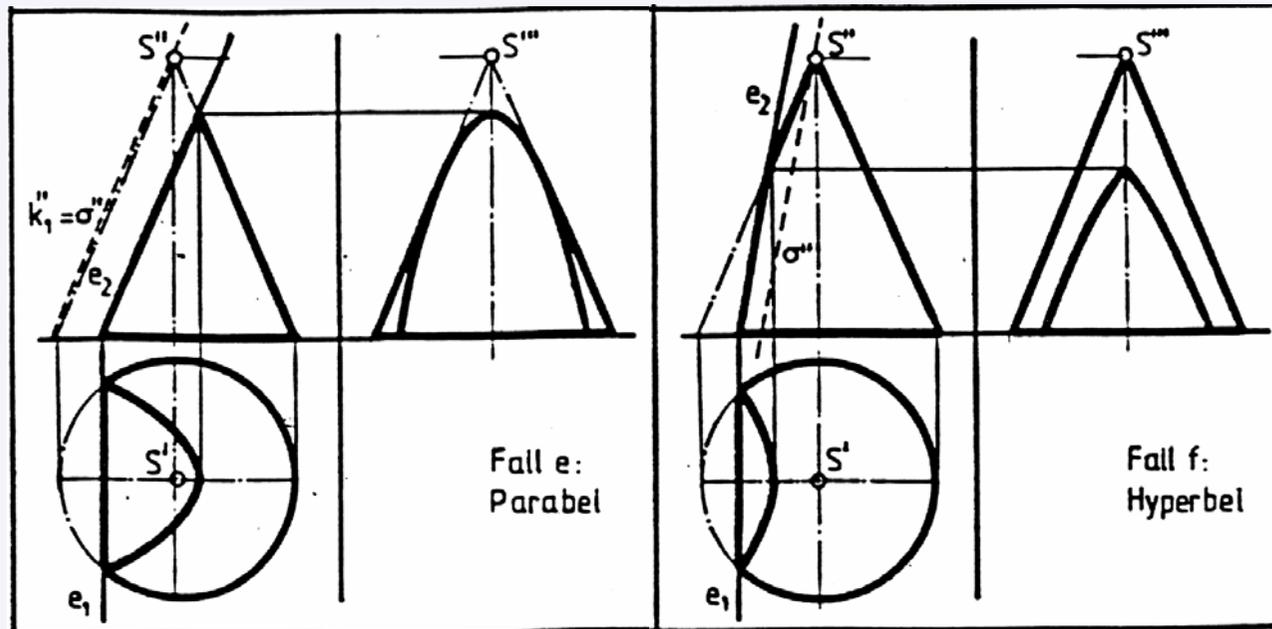
# Zylinderschnitt - Mantelabwicklung



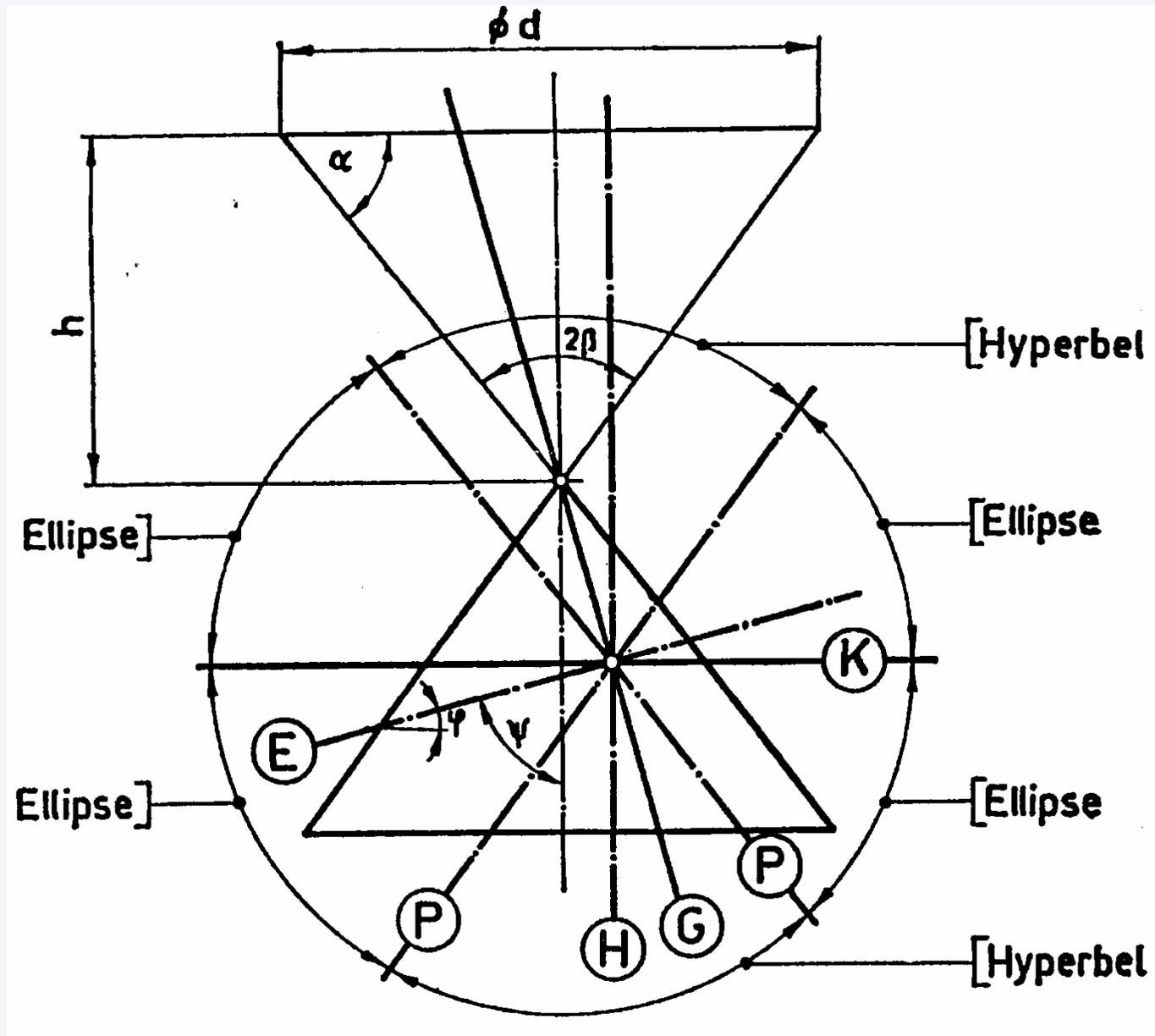
# verschiedene Kegelschnitte



# verschiedene Kegelschnitte



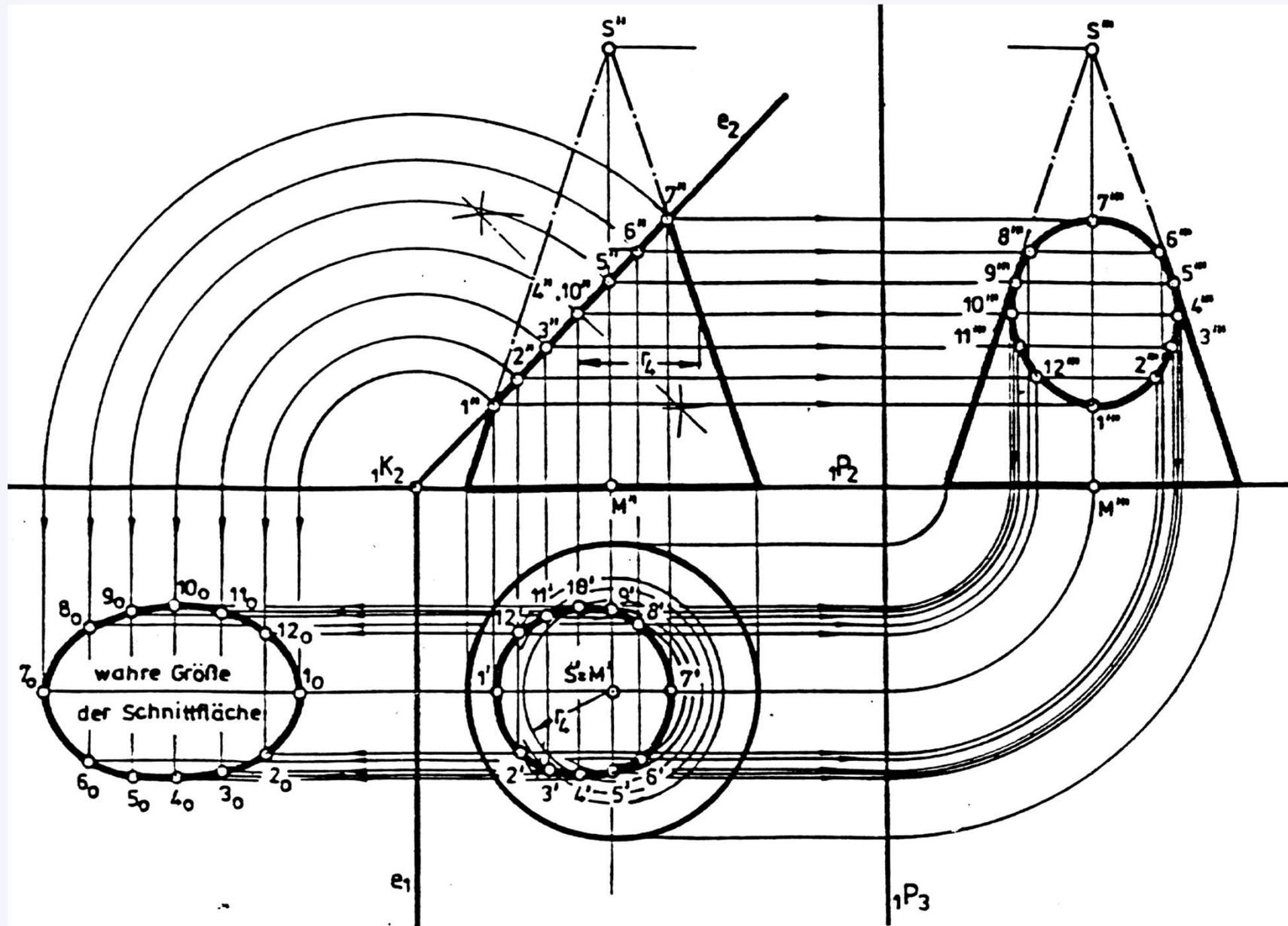
# Kegelschnittlagen



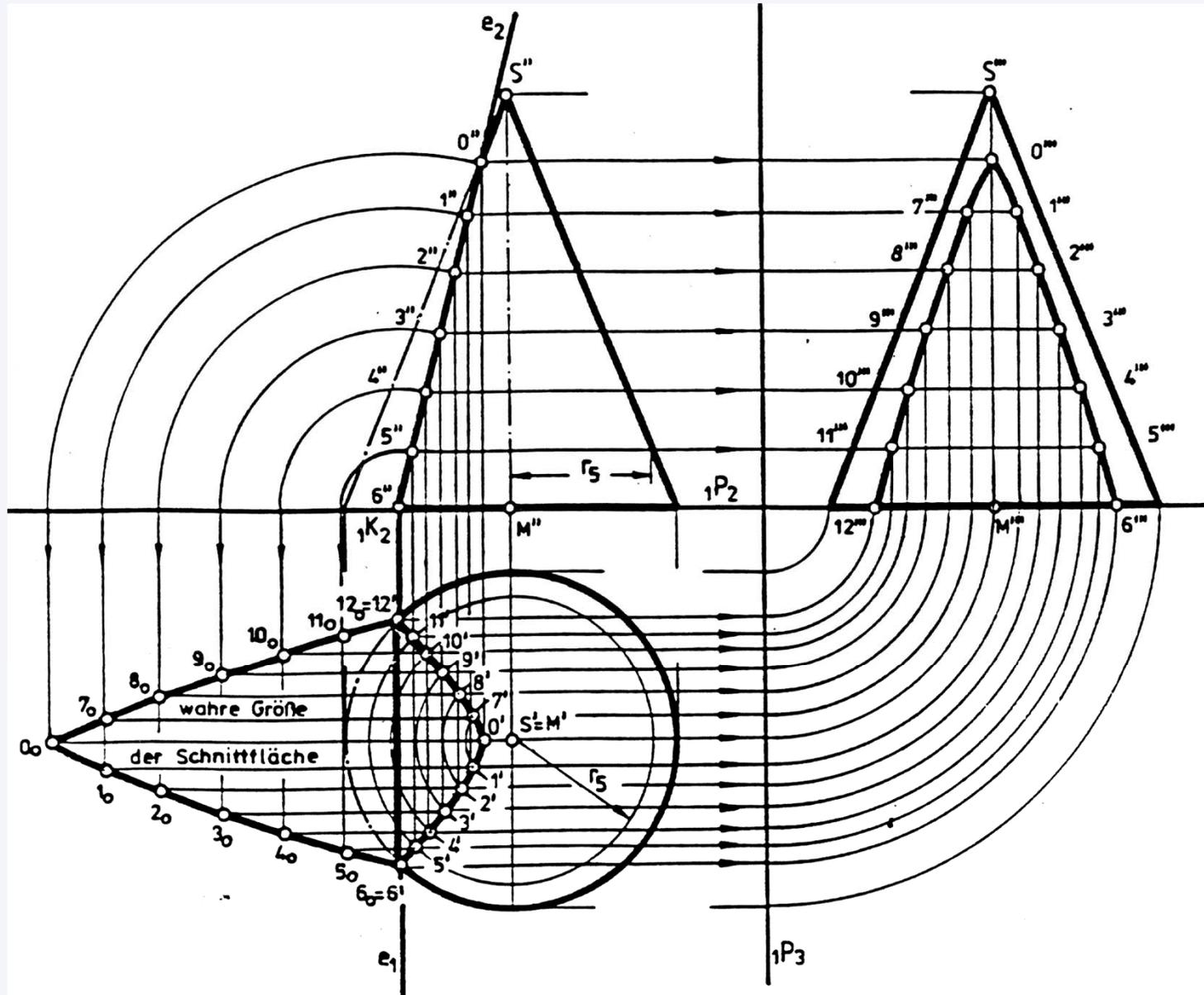
# Kegelschnittlagen

Schnitt- ebene	Lage der Schnittebene	Neigung der Schnittebene gegen die		Kegel- Schnittfigur
		$\pi_1$ -Ebene	Kegelachse	
K	senkrecht zur Kegelachse	$\varphi = 0^\circ$	$\psi = 90^\circ$	Kreis
E	schräg zu sämtlichen Mantellinien	$\varphi < \alpha$	$\psi > \beta$	Ellipse
P	parallel zur Mantellinie	$\varphi = \alpha$	$\psi = \beta$	Parabel
H	durch Doppelkegel	$\varphi > \alpha$	$\psi < \beta$	Hyperbel
G	durch Kegelspitze oder Kegelachse	$90^\circ > \varphi > \alpha$	$0^\circ < \psi < \beta$	zwei Geraden (Dreieck)

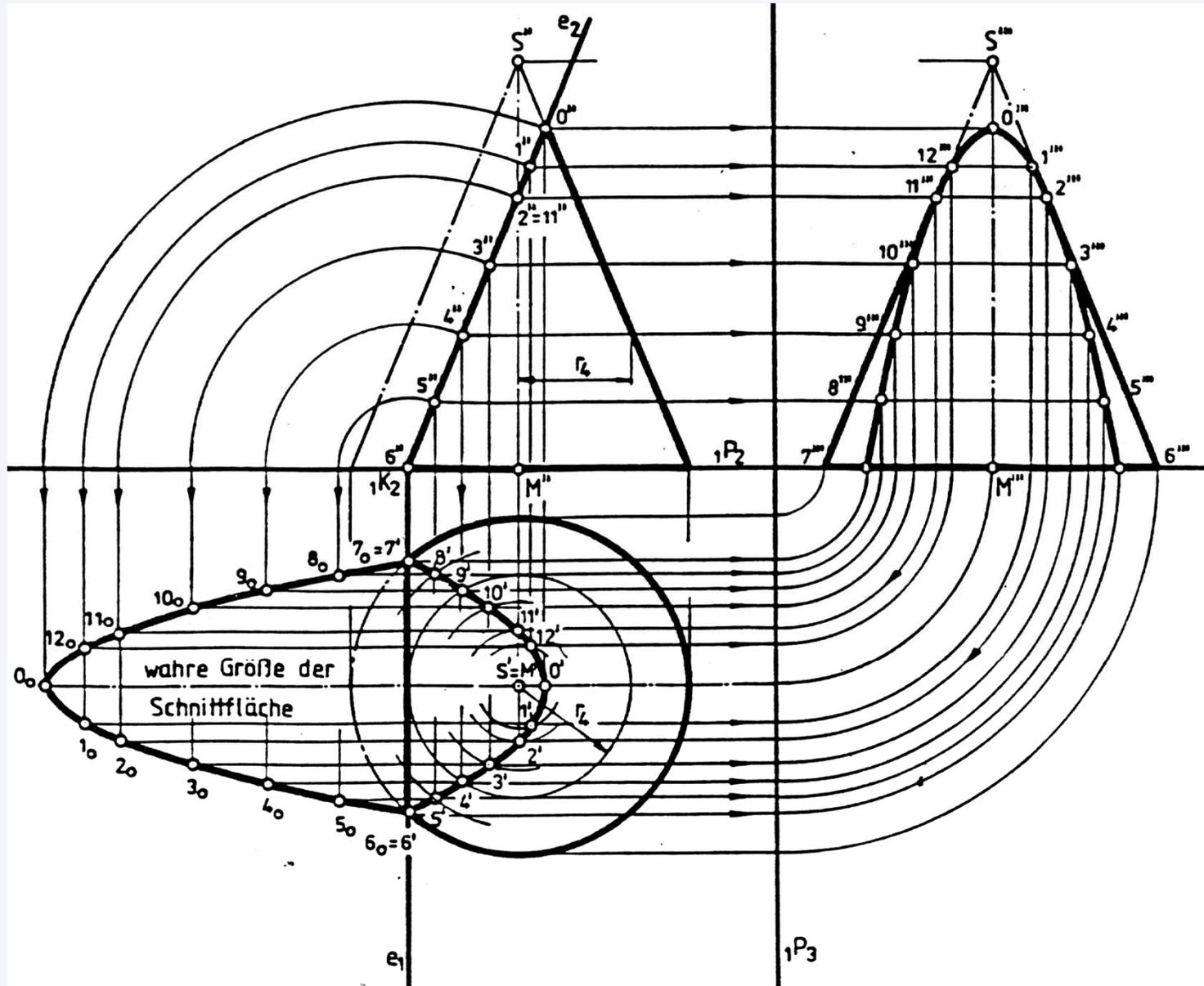
# Kegelschnitt schräg zu sämtlichen Mantellinien: Ellipse



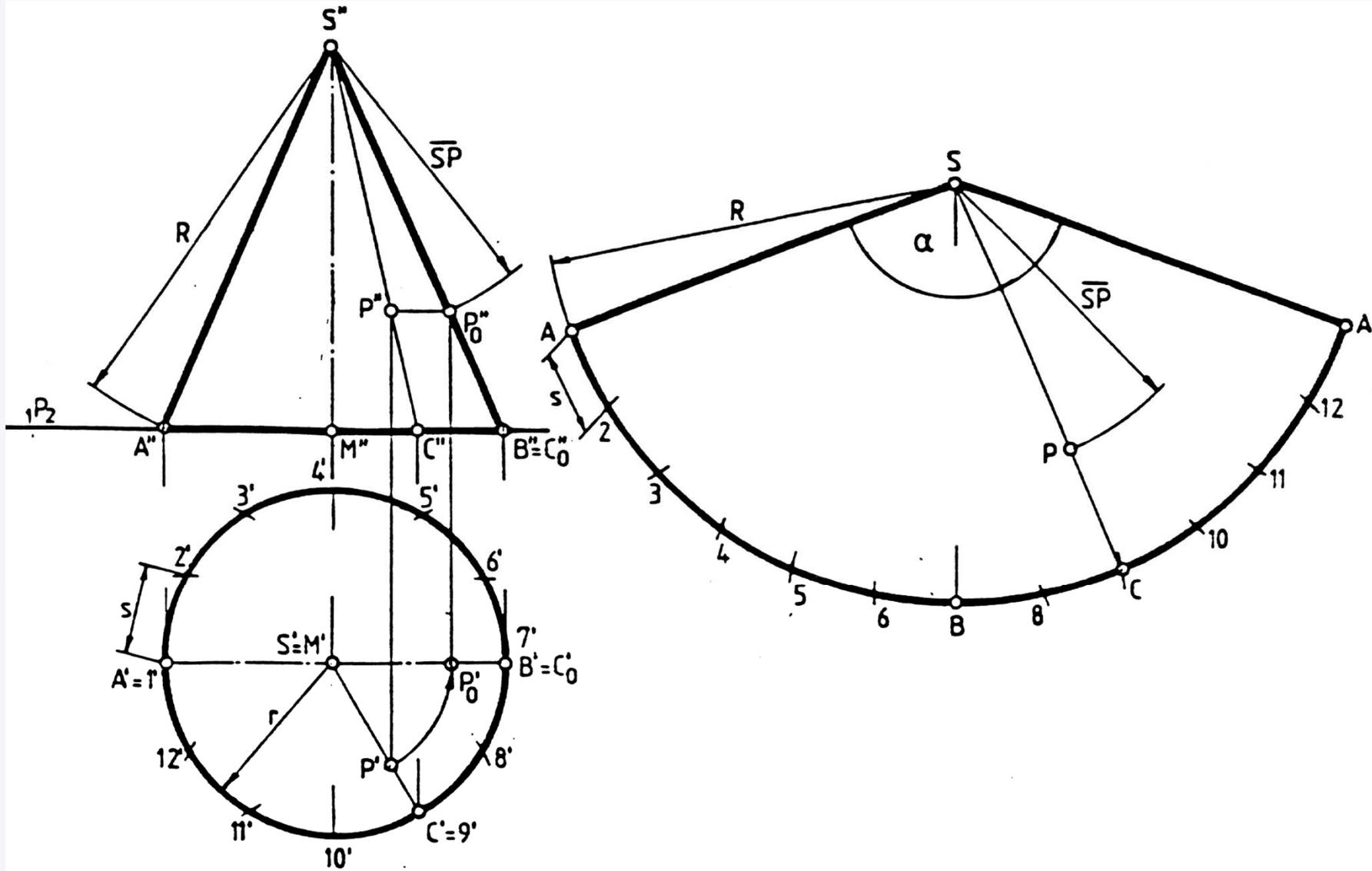
# Kegelschnitt durch Doppelkegel: Hyperbel



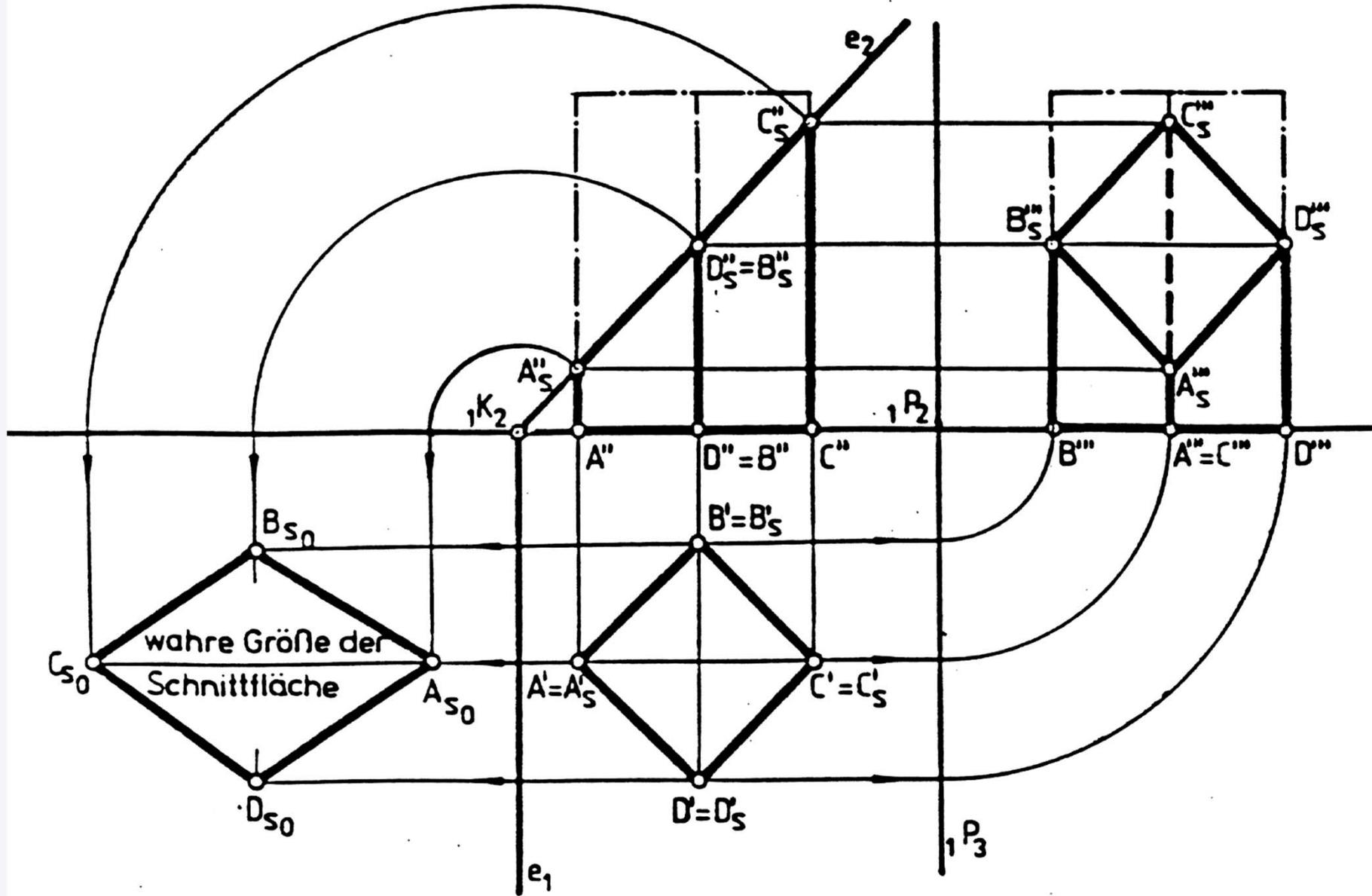
# Kegelschnitt parallel zur Mantellinie: Parabel



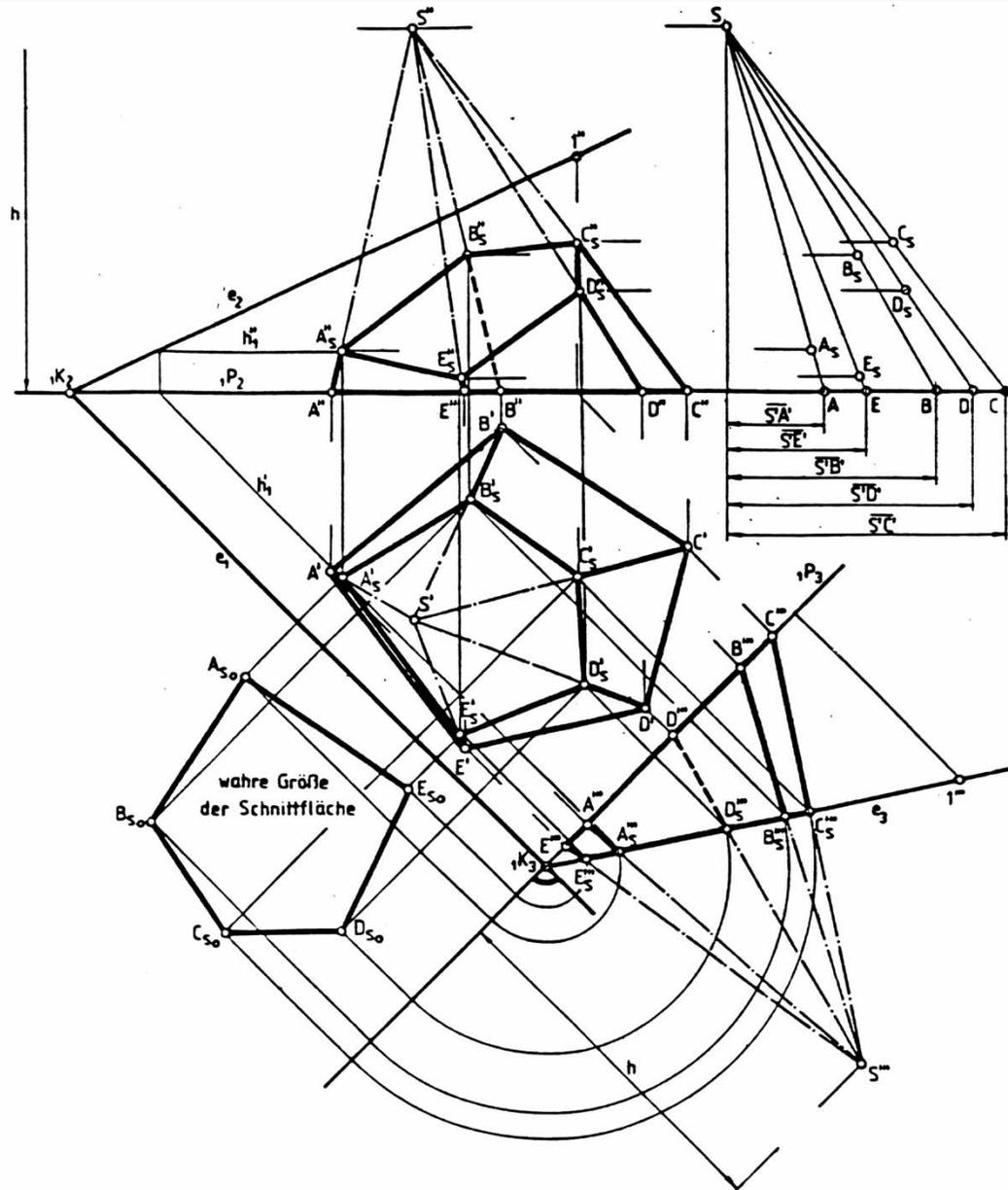
# Kegelabwicklungen



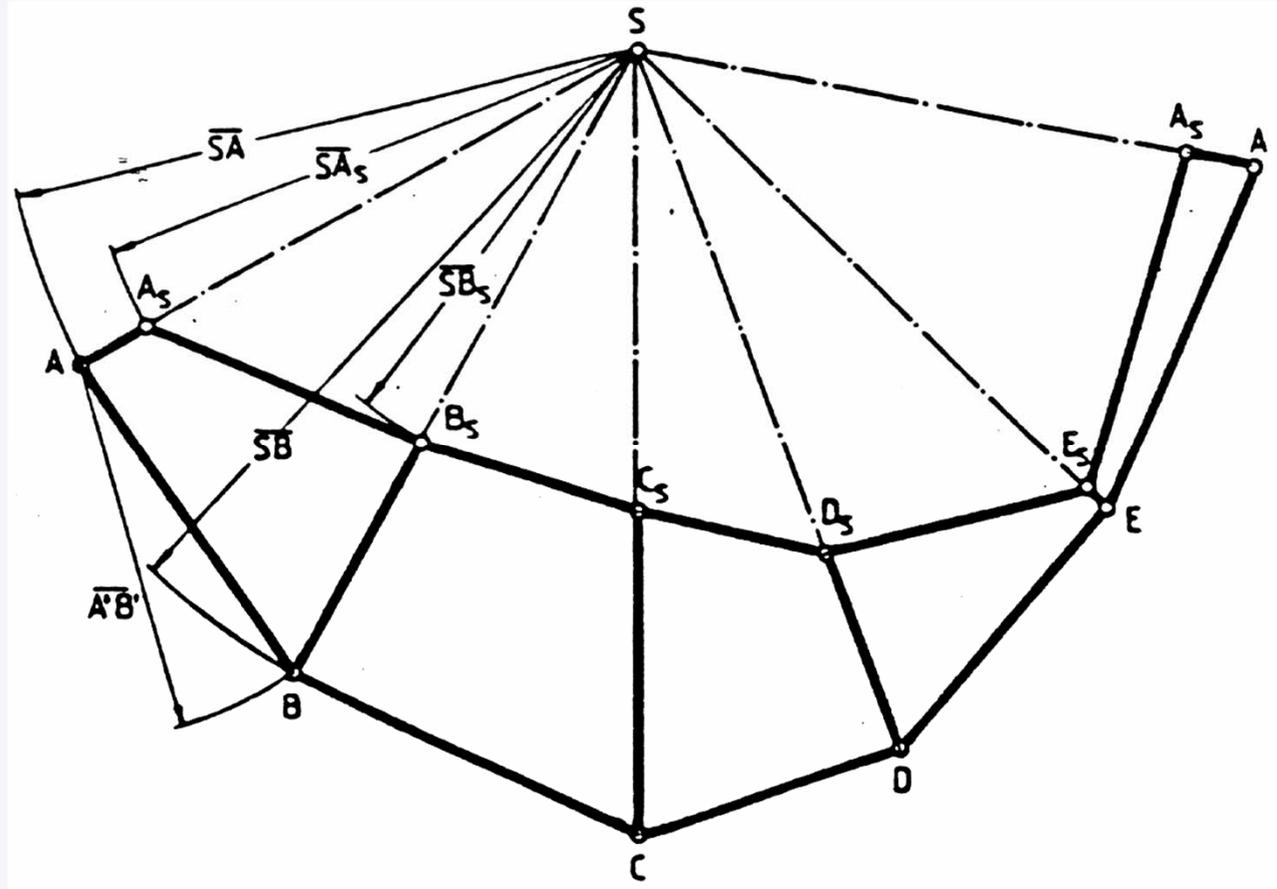
# Vierkant-Pyramidenschnitt



# Pyramide schräggeschnitten



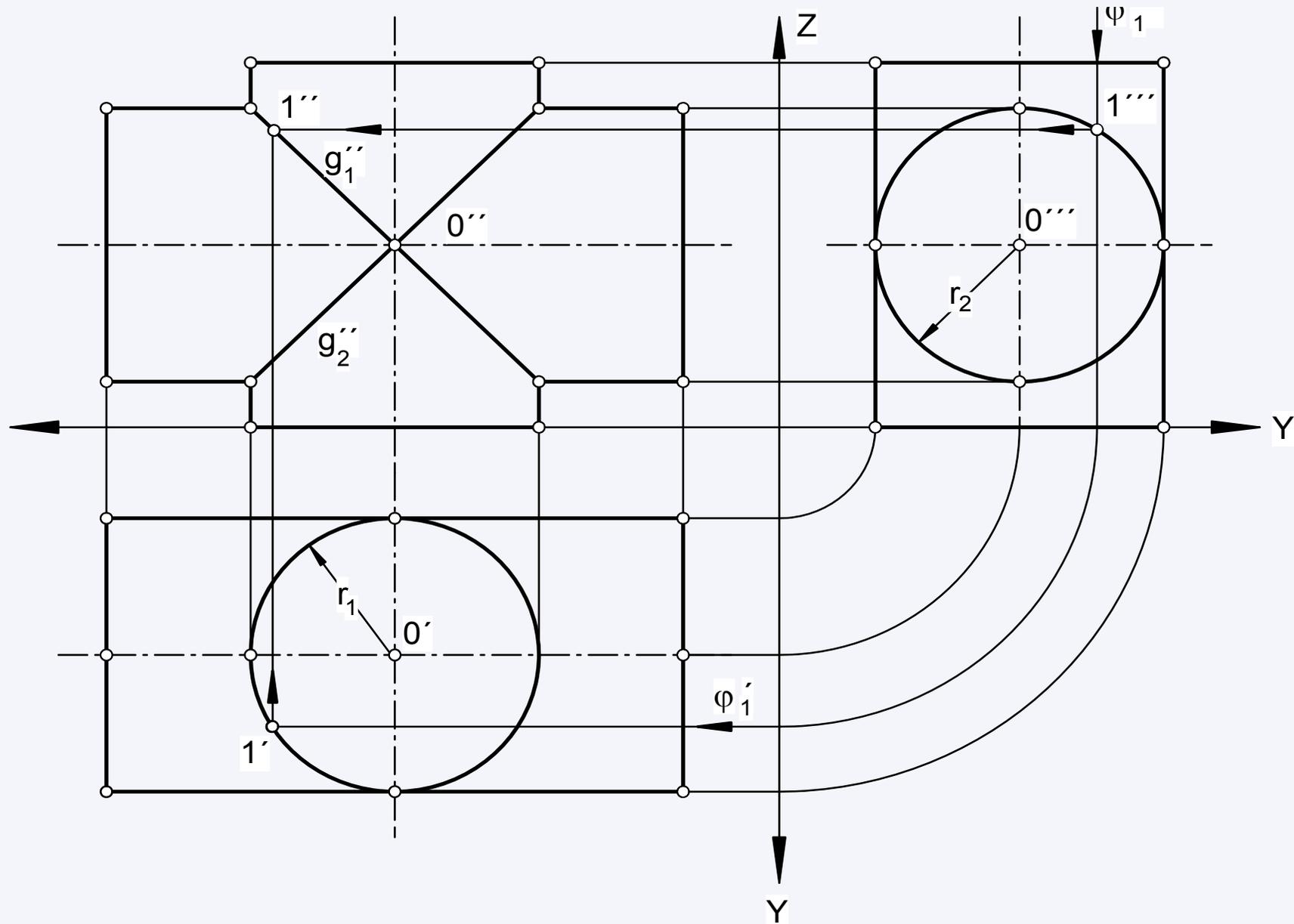
# Pyramide schräggeschnitten - Mantelabwicklung



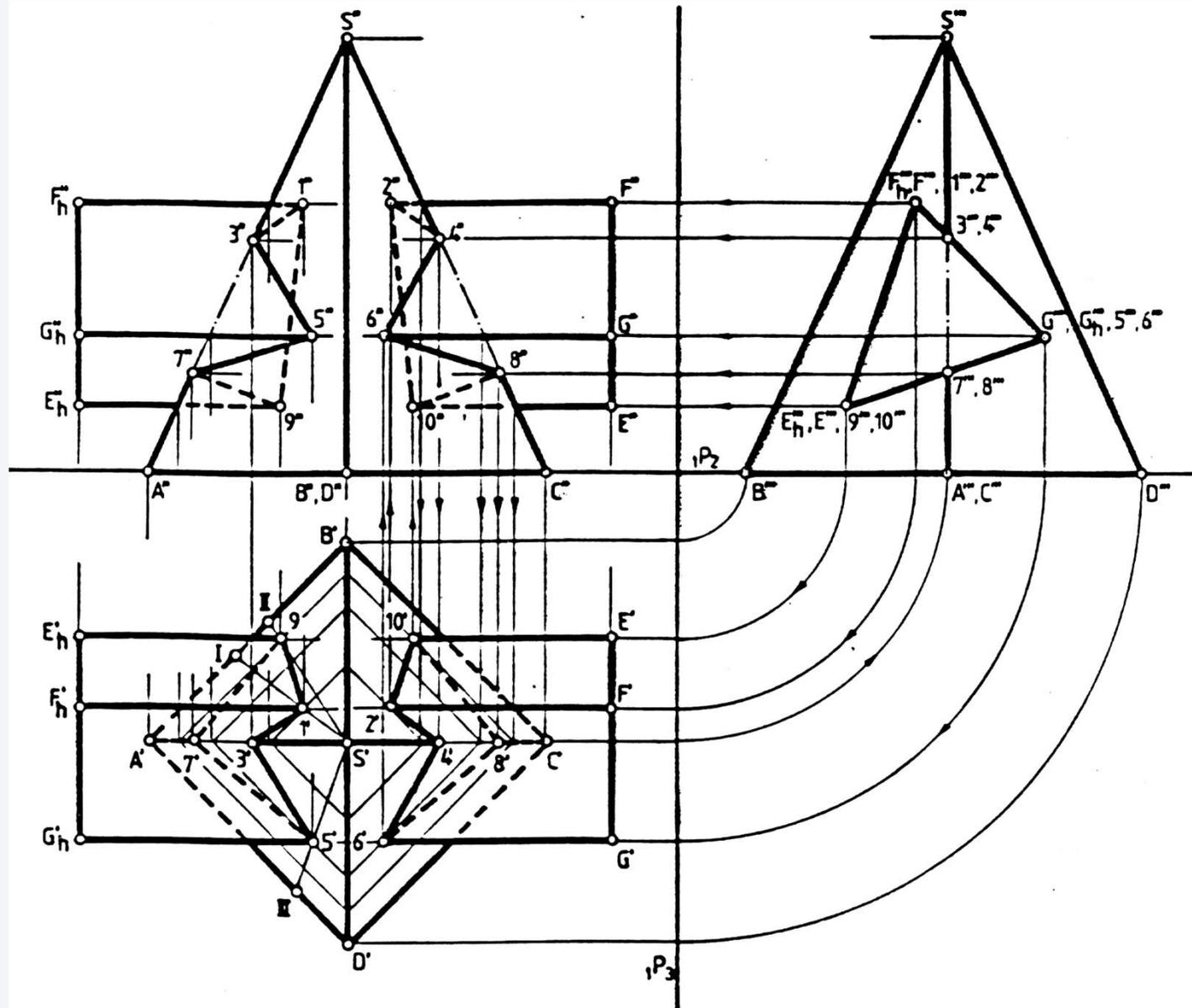
# *4. Durchdringungen*



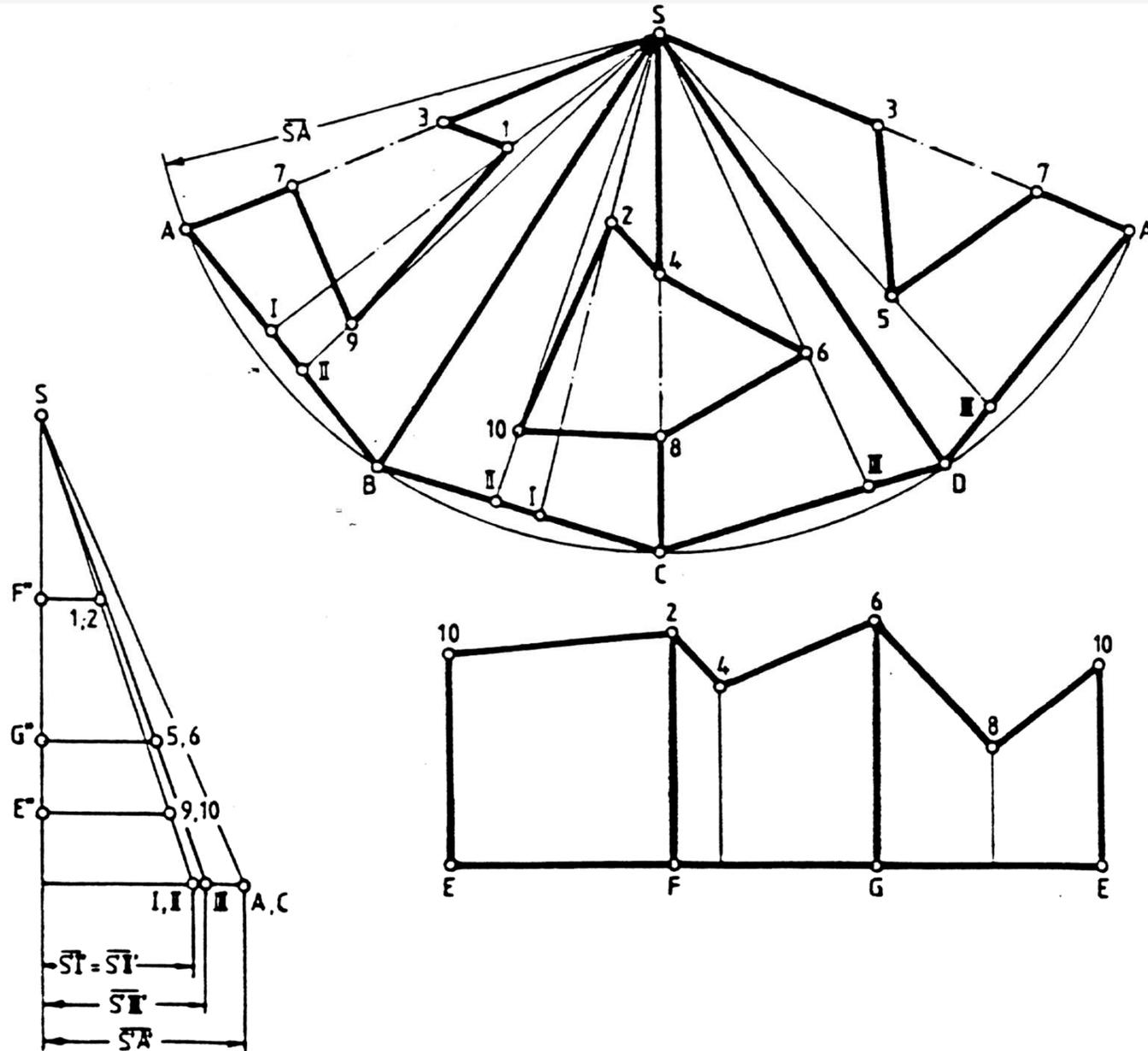
# Durchdringung 1



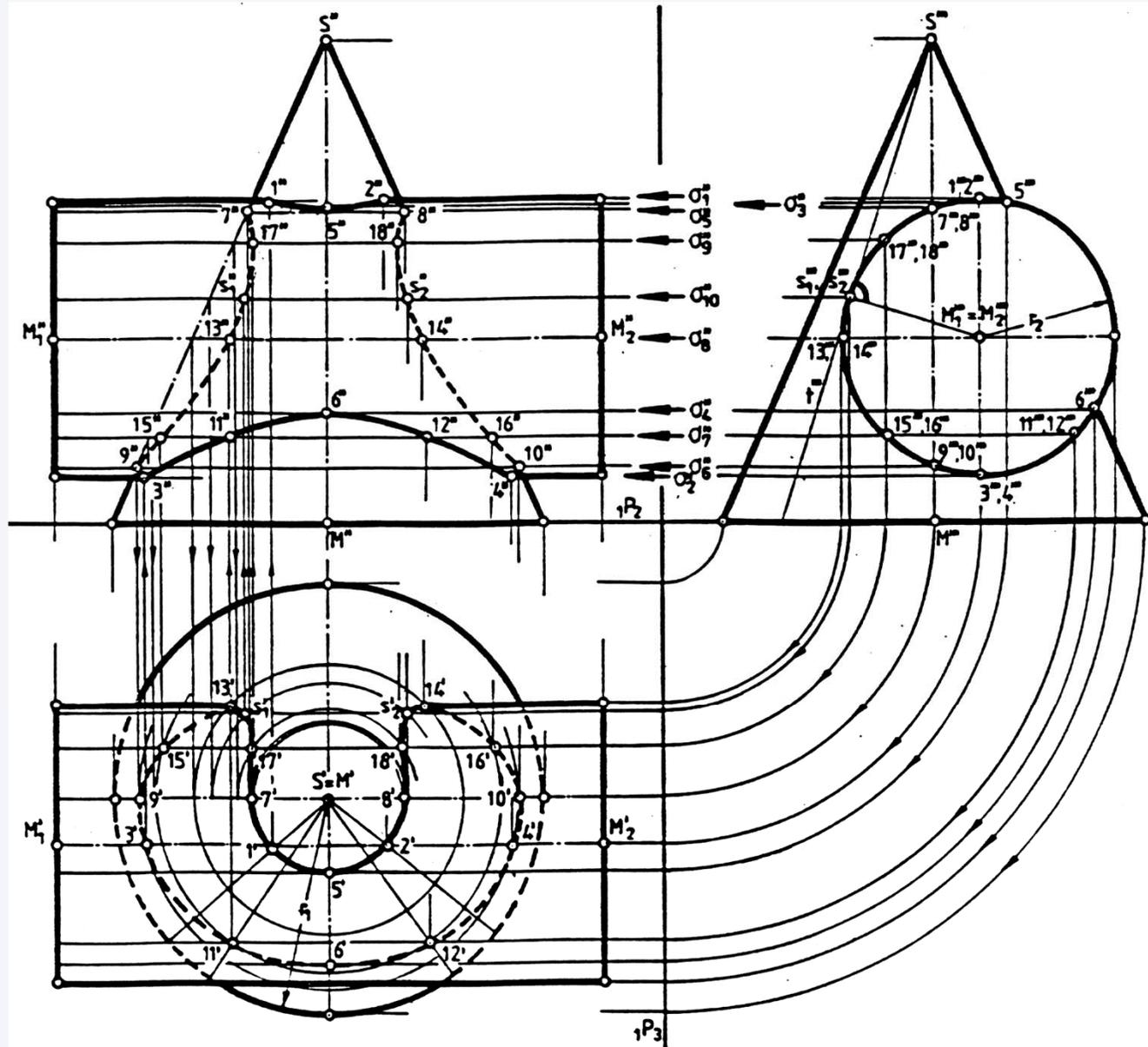
# Durchdringung 2



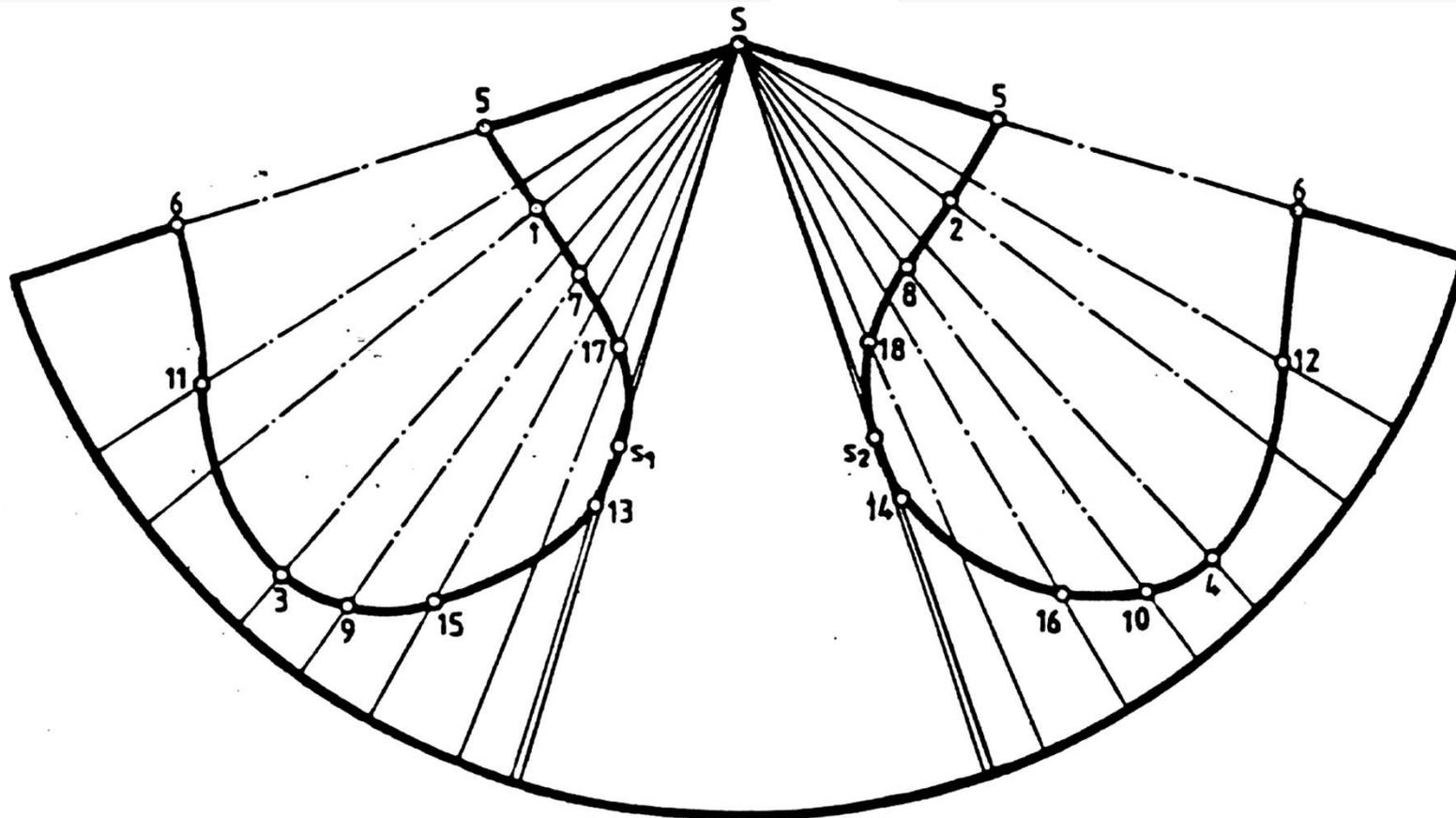
# Durchdringung 2 - Mantelabwicklung



# Durchdringung 3



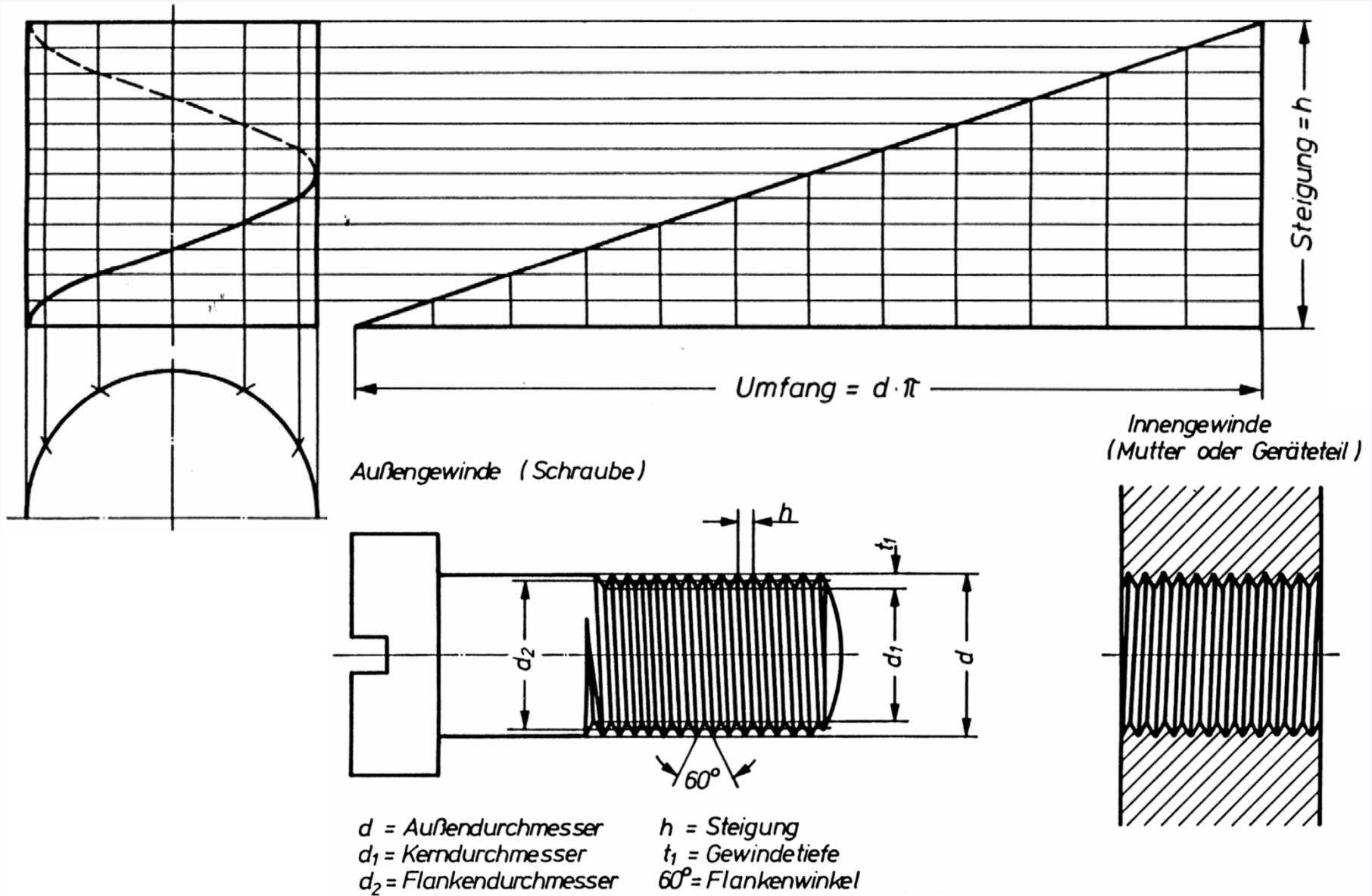
## Durchdringung 3 - Mantelabwicklung



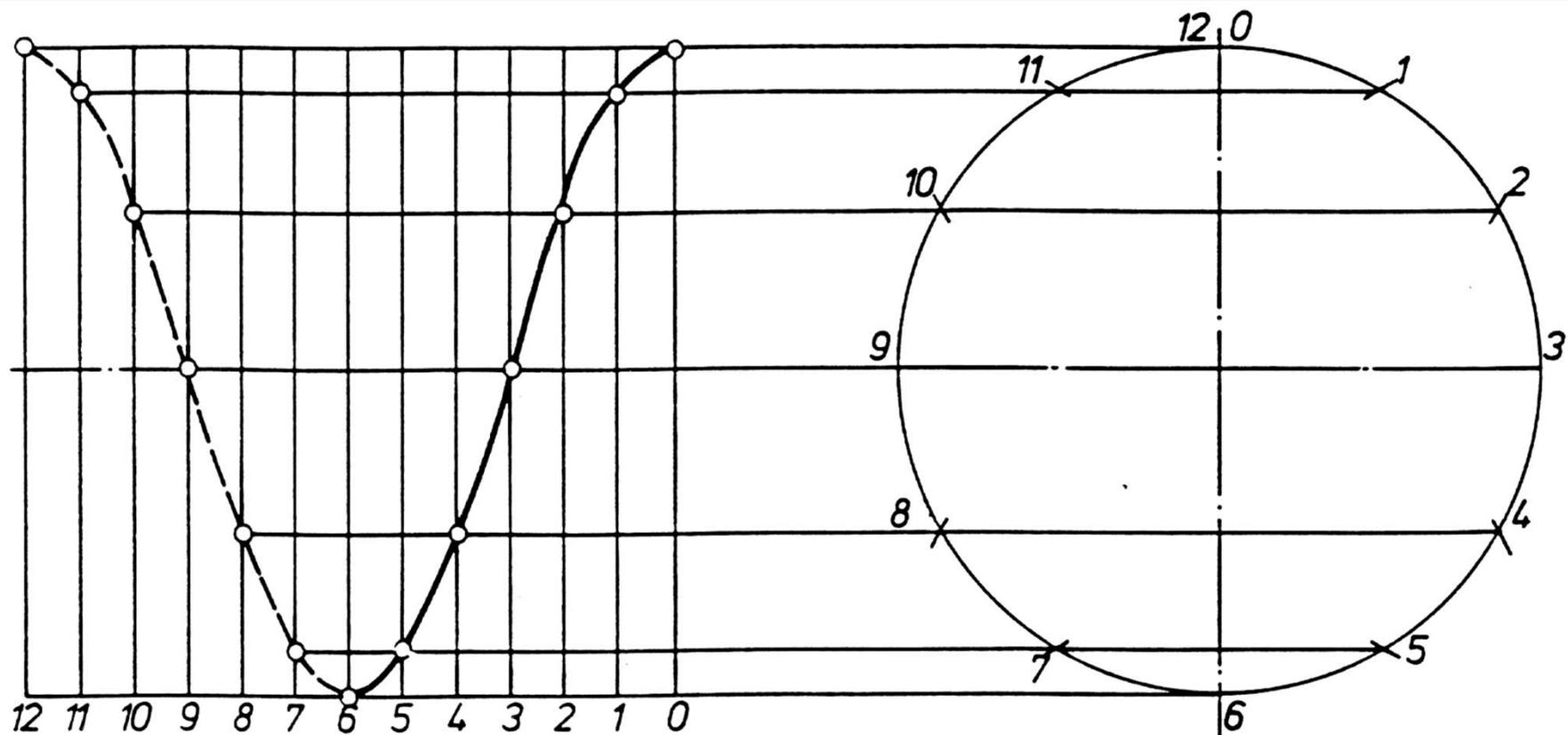
# *5. Schrauben*



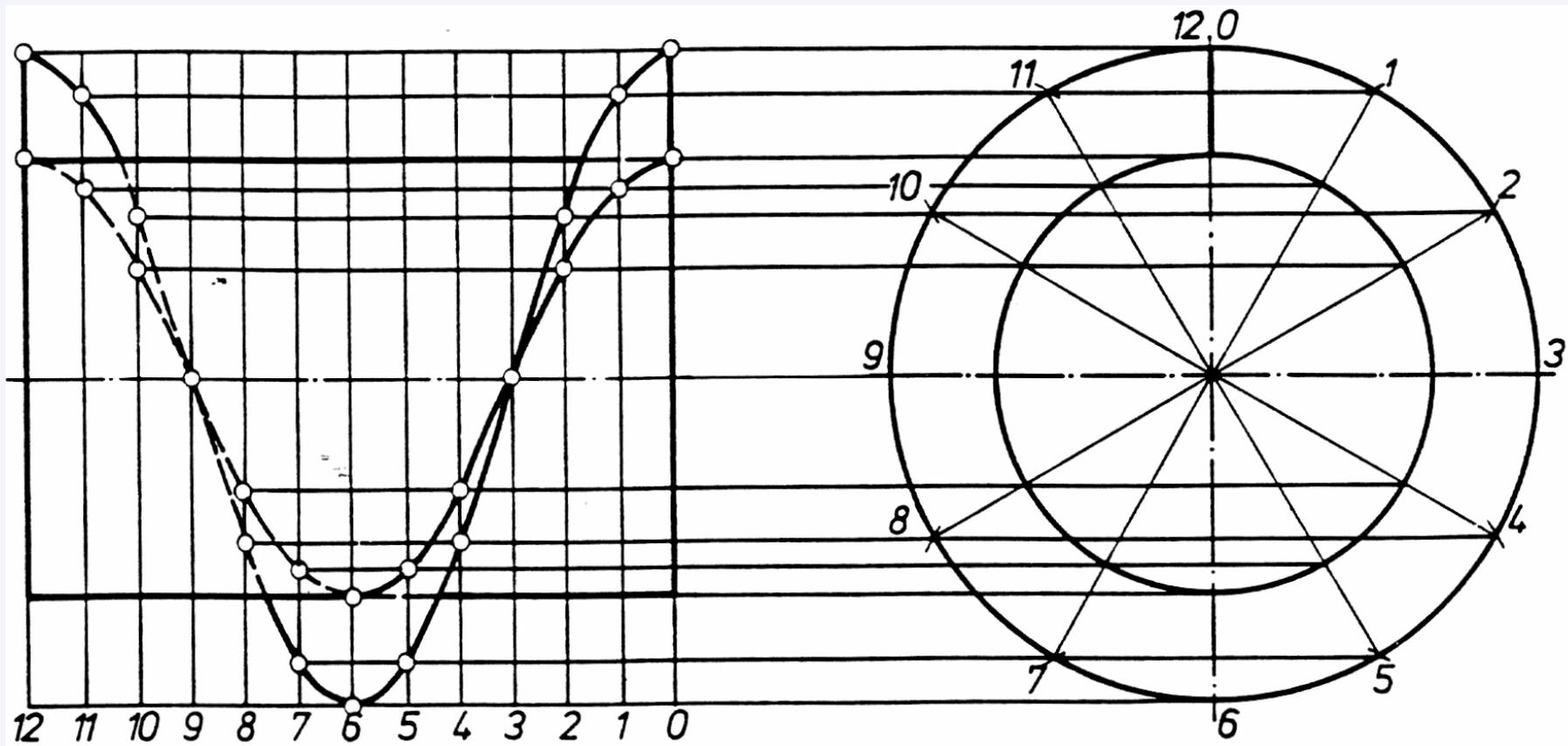
# Schraubenlinie



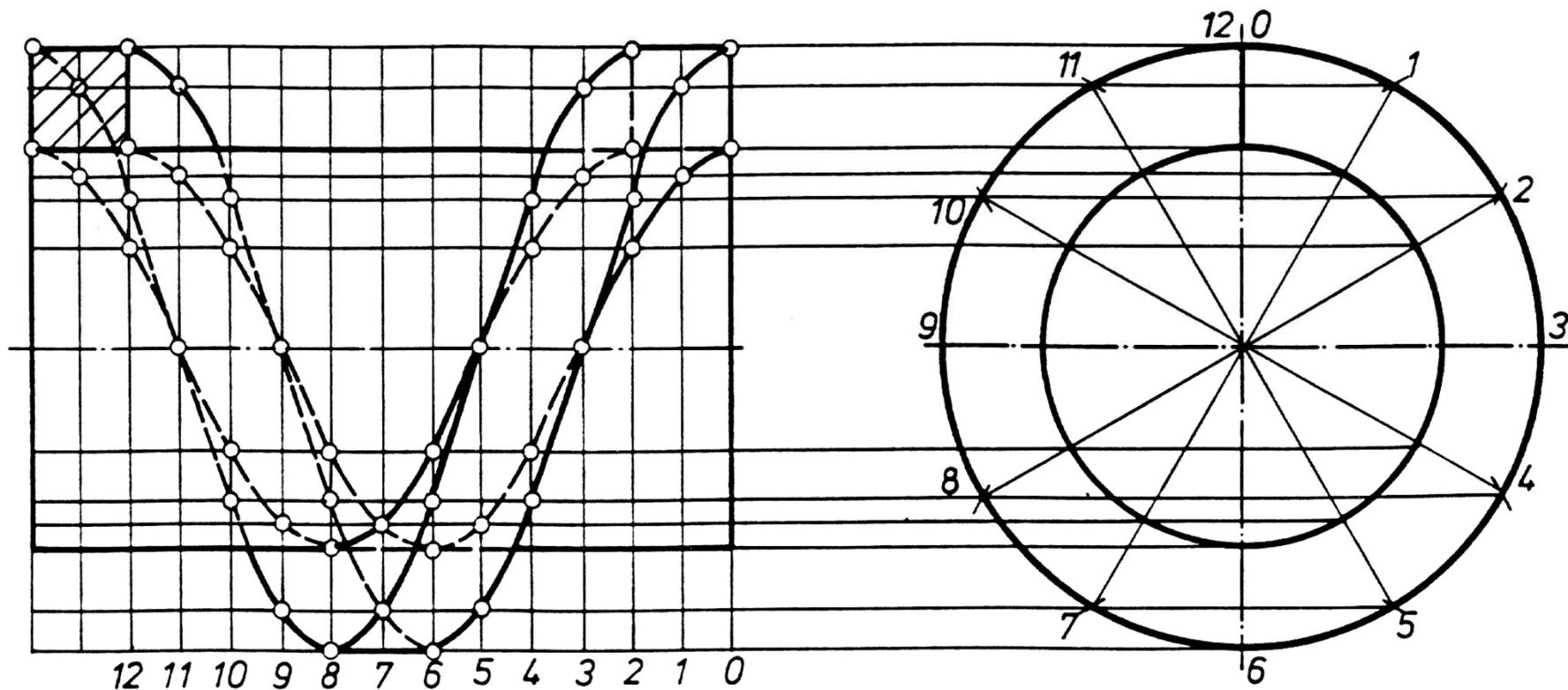
# Konstruktion der Schraubenlinie



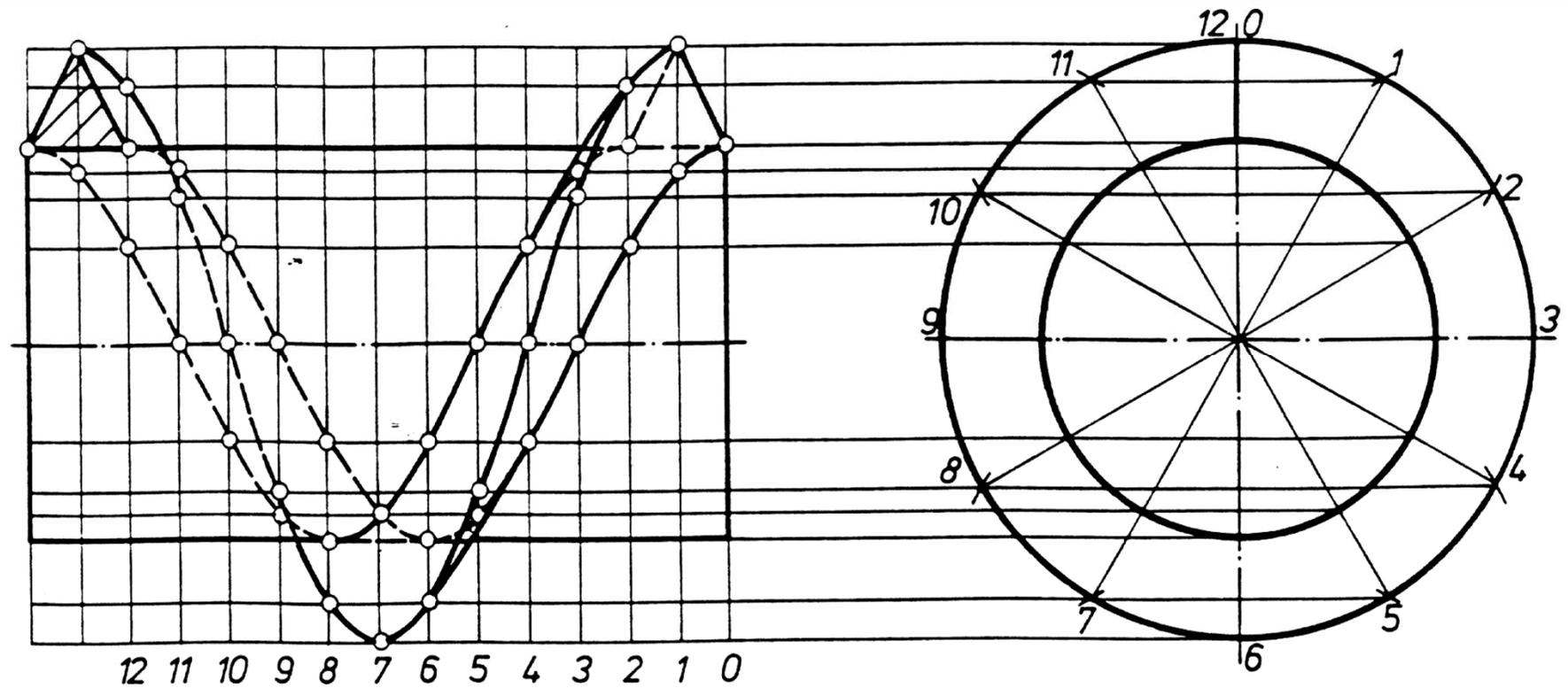
# Konstruktion der Schraubenfläche



# Konstruktion des Schraubengangs (Flachgewinde)



# Konstruktion des Schraubengangs (Spitzgewinde)



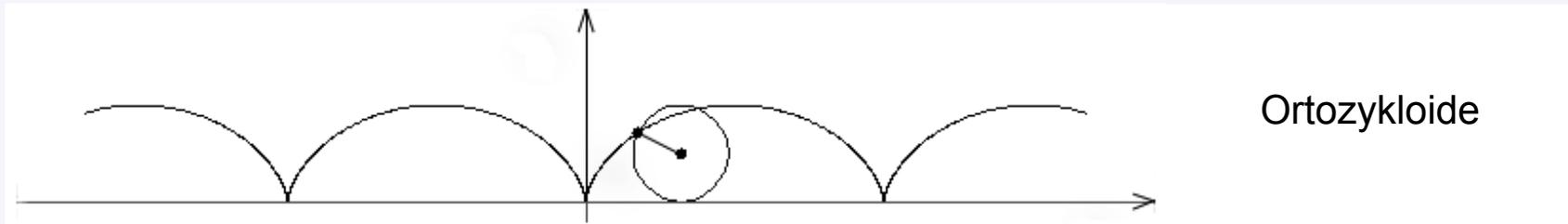
## *6. Zykloide und Mehrecke*



## Definition

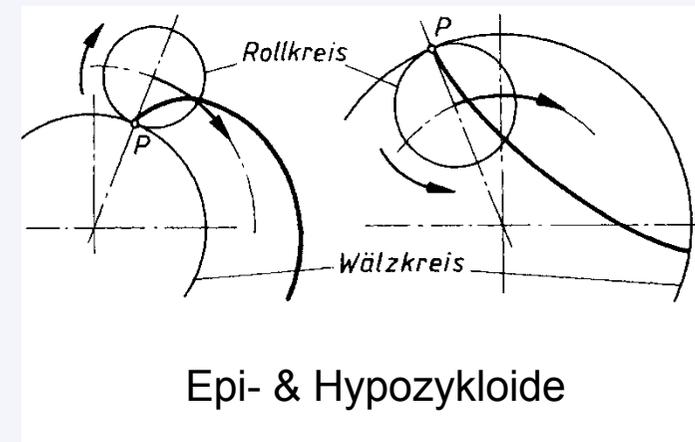
Eine Zykloide ist die Bahn, die ein Kreispunkt beim abrollen eines Kreises auf einer Leitkurve beschreibt. Zykloide werden daher auch als zyklische Kurven bezeichnet.

Eine einfache Zykloide (Ortozykloide) entsteht, wenn ein Kreis auf einer Geraden abrollt. Anschaulich gesprochen bewegt sich ein Punkt auf einem Reifen eines fahrenden Autos auf solch einer Zykloide.

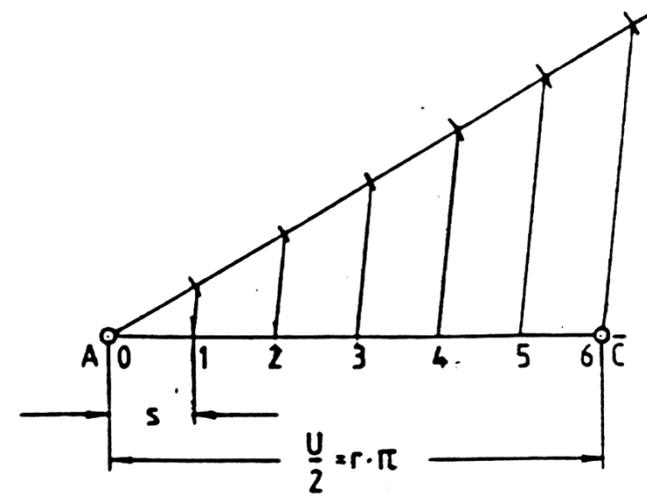
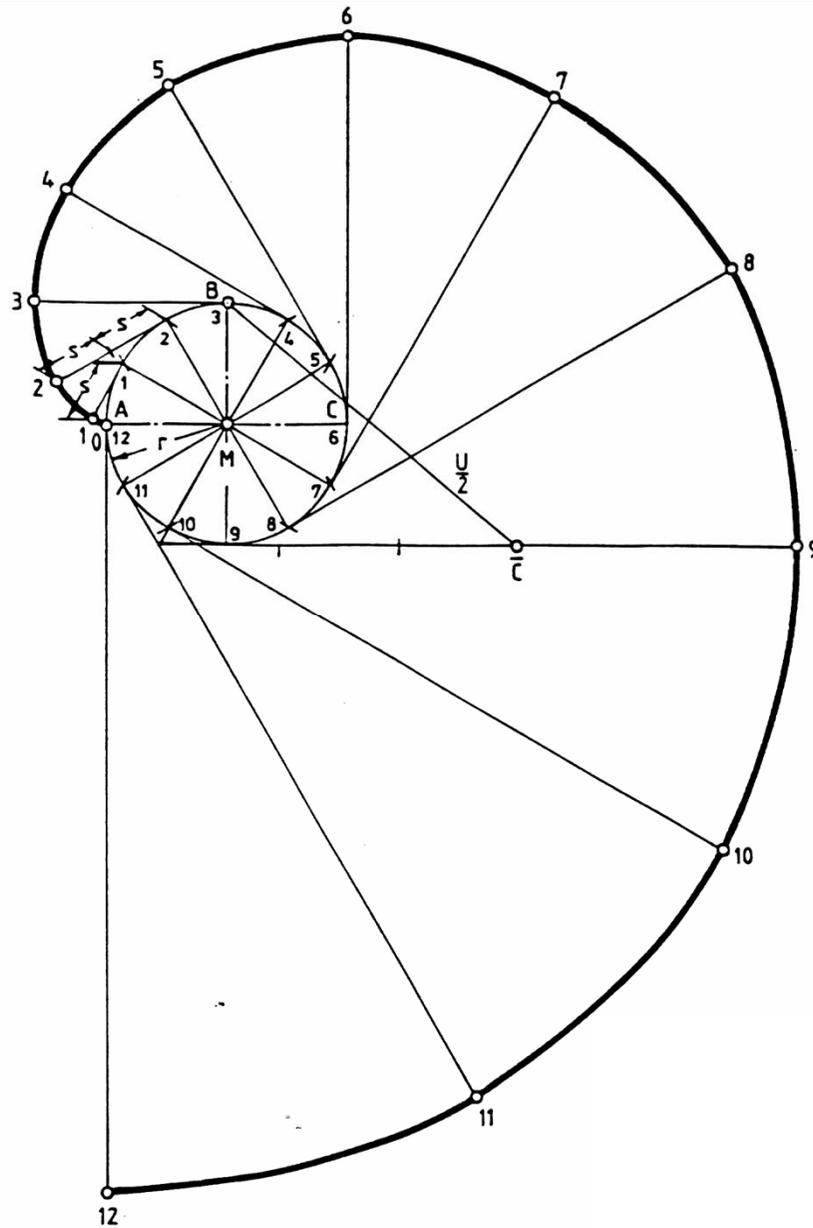


Rollt der Kreis auf einem anderen Kreis ab, entsteht eine Epizykloide.

Eine Hypozykloide wird hingegen durch abrollen des Kreises im Inneren eines größeren Kreises erzeugt.



# Evolute





# *Technisches Zeichnen*

# Allgemeines zum technischen Zeichnen

## **Bedeutung von Zeichnungen**

- Hoher Informationsgehalt im Vergleich zur Beschreibung mit Worten
- Vermittlung einer räumlichen Vorstellung in kürzester Frist
- Verständigungsmittel über die Sprachgrenzen hinweg
- Fertigungsvorschrift der Konstruktion an den Betrieb

# *Inhalt Technisches Zeichnen*

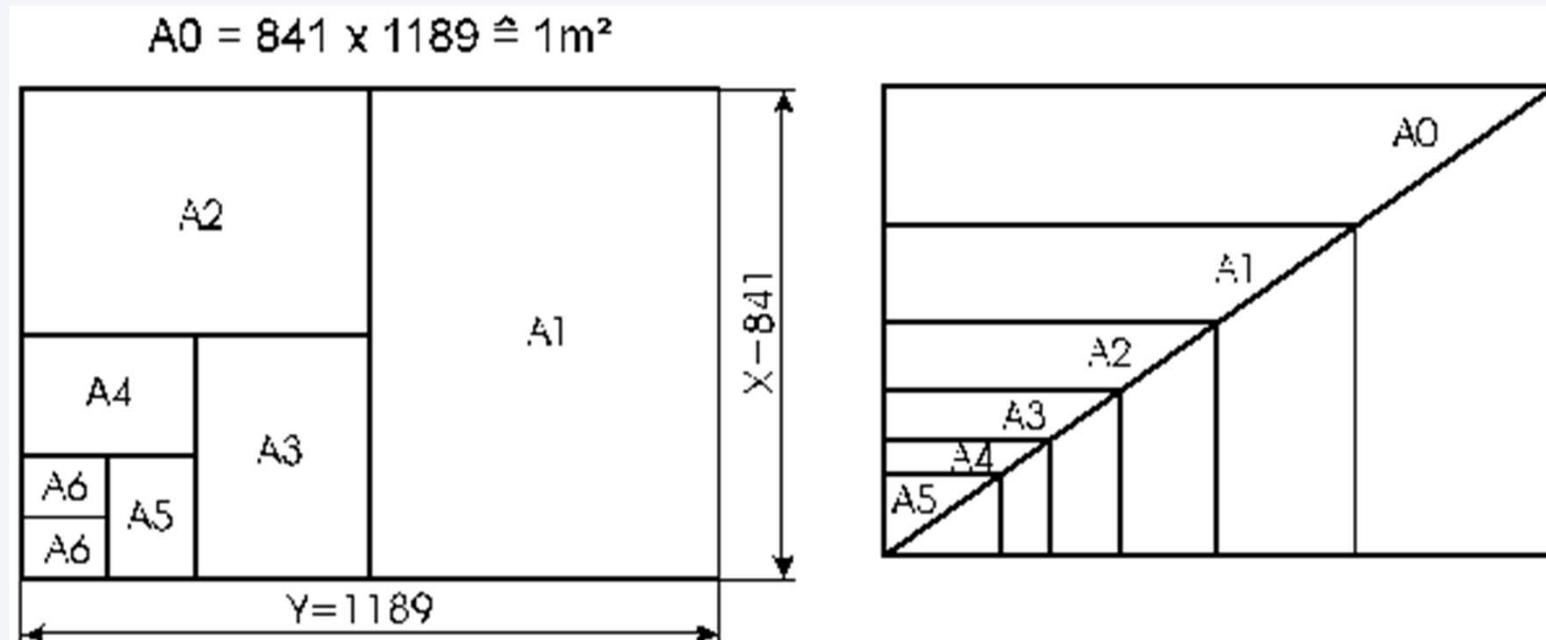
- 1. Papierformat und Schriftfeld*
  - 2. Ansichten*
  - 3. Schnitte und Kanten*
  - 4. Darstellung von (Norm-) Teilen*
  - 5. Bemaßung*
  - 6. Toleranzen und Passungen*
  - 7. Maß-, Form- und Lagetoleranzen*
  - 8. Oberflächenbeschaffenheit*
  - 9. Sonstiges*
  - 10. Kontrolle von technischen Zeichnungen*
  - 11. Anwendungsbeispiele*
- Anhang*

# *1. Papierformat & Schriftfeld*



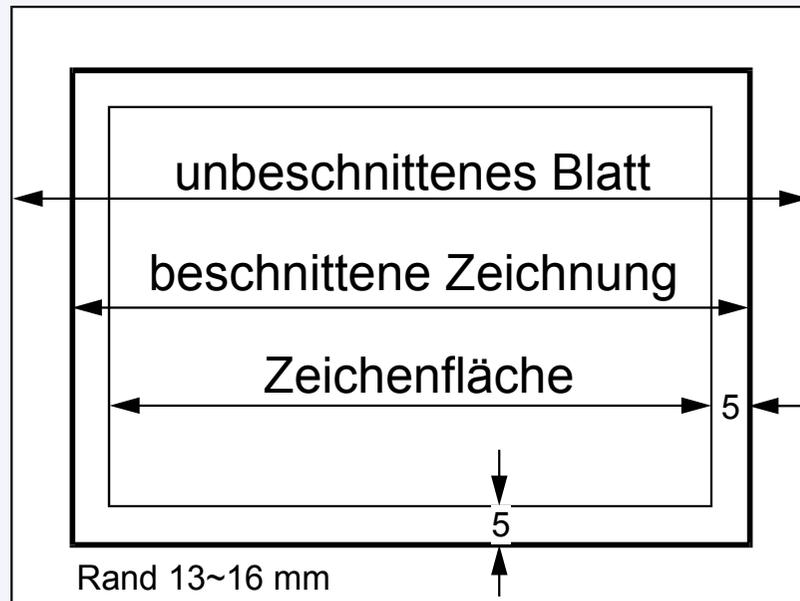
## Papier-Endformate nach DIN 823

Ausgangsformat der Reihe A ist ein Rechteck  $x : y$  mit dem Seitenverhältnis  $1 : \sqrt{2}$  und einer Fläche von  $1 \text{ m}^2$ . Alle Formate sind sich dadurch ähnlich und können durch halbieren des nächst größeren Formates gewonnen werden.



Aufgeteiltes Ausgangsformat DIN A0

# Papier-Endformate nach DIN 823

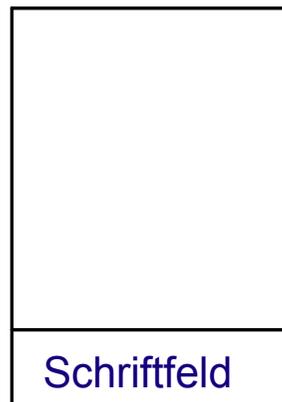


Blattgröße Reihe A Fertigformat (beschnitten)

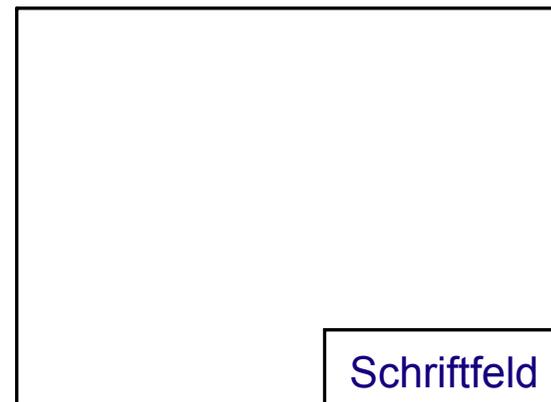
Kurzzeichen	Seitenlängen x : y
A 0	841 x 1189
A 1	594 x 841
A 2	420 x 594
A 3	297 x 420
A 4	210 x 297
A 5	148 x 210

## Lage des Schriftfeldes

Das Schriftfeld ist bei Format DIN A4 an der kurzen unteren Formatseite anzuordnen. Bei Formaten  $\geq$  DIN A3 ist das Schriftfeld an der langen Formatseite in der unteren rechten Ecke anzuordnen. Die Blätter aller Größen können in Hoch- und Querlage verwendet werden (DIN 823).



Format DIN A 4



Format  $\geq$  DIN A 3

# Schriftfeld nach DIN 6771

(Verwendungsbereich) <span style="color:red">①</span>				(Zul. Abw.) <span style="color:red">⑨</span>	(Oberfläche) <span style="color:red">⑩</span>	Maßstab <span style="color:red">②</span>	(Gewicht) <span style="color:red">⑯</span>
						(Werkstoff, Halbzeug) <span style="color:red">③</span> (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk- Nr.)	
				<i>Datum</i>	<i>Name</i>	(Benennung) <span style="color:red">⑥</span>	
				<i>Bearb.</i>			
				<i>Gepr.</i> <span style="color:red">④a</span>	<i>5a</i> <span style="color:red">⑤a</span>		
				<i>Norm</i>			
				<span style="color:red">④</span>	<span style="color:red">⑤</span>		
	<span style="color:red">⑪</span>			(Firma, Zeichnungs - Ersteller) <span style="color:red">⑦</span>		(Zeichnungsnummer) <span style="color:red">⑧</span>	<i>Blatt</i> <span style="color:red">⑮</span>
							<i>Bl.</i>
<i>Zust</i>	<i>Änderung</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	Urspr. <span style="color:red">⑫</span>		Ers. für: <span style="color:red">⑬</span>	Ers. durch: <span style="color:red">⑭</span>

(1) bis (8)	Mindestangaben
(9) und (10)	nur bei bemaßten Fertigungszeichnungen erforderlich
(11) bis (16)	nach Bedarf auszufüllen

# (1) Urheberschutz

Eintrag: „Schutzvermerk nach DIN 34  
beachten“

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)		Maßstab		(Gewicht)
								(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)		
					<i>Datum</i>		<i>Name</i>	(Benennung)		
					<i>Bearb.</i>					
					<i>Gepr.</i>					
					<i>Norm</i>					
						(Firma, Zeichnungs - Ersteller)		(Zeichnungsnummer)		<i>Blatt</i>
										<i>Bl.</i>
<i>Zust.</i>	<i>Änderung</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	<i>Urspr.</i>		Ers. für:		Ers. durch:		

## (2) Maßstäbe nach DIN ISO 5455

Natürliche Größe: M 1:1

Verkleinerungen: M 1:2; 1:5; 1:10; 1:20;

M 1:50; 1:100; 1:200;

M 1:500; 1:1000

(M 1:15 nur im Stahlbau )

Vergrößerungen: M 2:1; 5:1; 10:1; 20:1; 50:1

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)	(Oberfläche)	Maßstab	(Gewicht)
						(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)	
				Datum	Name	(Benennung)	
				Bearb.			
				Gepr.			
				Norm			
					(Firma, Zeichnungs- Ersteller)	(Zeichnungsnummer)	Blatt
							Bl
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr.	Ers. für:	Ers. durch:	

Der in der Zeichnung angewendete Maßstab ist in das Schriftfeld der Zeichnung einzutragen. Wenn mehr als ein Maßstab in einer Zeichnung benötigt wird, soll der Hauptmaßstab in das Schriftfeld und alle anderen Maßstäbe in der Nähe der Positionsnummer oder der Kennbuchstaben der Einzelheiten (oder des Schnittes) des betroffenen Teiles eingetragen werden. Die zusätzlich verwendeten Maßstäbe werden im Schriftfeld (in Klammer gesetzt) eingetragen.

## (3) Werkstoffe und Rohteilabmaße / (4) Datum / (5) Name

### (3) Werkstoff und Rohteilmaße

Angabe des verwendeten Werkstoffes mit Rohabmessungen und DIN-Norm

z.B. Ø 42 x 137 DIN 1013 25 CrMo4

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)		Maßstab		(Gewicht)	
								(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)			
				Datum		Name		(Benennung)			
				Bearb.							
				Gepr.							
				Norm							
				(Firma, Zeichnungs- Ersteller)				(Zeichnungsnummer)		Blatt	
										Bl	
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr.				Ers. für:		Ers. durch:	

### (4) Datum

Datum der Fertigstellung eintragen

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)		Maßstab		(Gewicht)	
								(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)			
				Datum		Name		(Benennung)			
				Bearb.							
				Gepr.							
				Norm							
				(Firma, Zeichnungs- Ersteller)				(Zeichnungsnummer)		Blatt	
										Bl	
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr.				Ers. für:		Ers. durch:	

### (5) Name

Nachname des Bearbeiters und des Zeichnungsprüfers eintragen.

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)		Maßstab		(Gewicht)	
								(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)			
				Datum		Name		(Benennung)			
				Bearb.							
				Gepr.							
				Norm							
				(Firma, Zeichnungs- Ersteller)				(Zeichnungsnummer)		Blatt	
										Bl	
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr.				Ers. für:		Ers. durch:	

## (6) Benennung / (7) Firma, Zeichnungsersteller

### (6) Benennung

(z.B. Getriebe, Antriebswelle, Flansch, ...)

Schriftgröße (mind.) 5 mm

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)	(Oberfläche)	Maßstab	(Gewicht)
						(Verkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)	
				<i>Datum</i>	<i>Name</i>	(Benennung)	
				<i>Bearb.</i>			
				<i>Gepf.</i>			
				<i>Norm</i>			
					(Firma, Zeichnungs- Ersteller)	(Zeichnungsnummer)	<i>Blatt</i>
<i>Zust</i>	<i>Änderung</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	<i>Ursp.</i>		Ers. für:	Ers. durch:

### (7) Firma, Zeichnungsersteller

Eintrag: Universität Duisburg-Essen

Fachbereich 12

Maschinenwesen

keine Abkürzungen, wie Uni, UD-E o. ä. !

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)	(Oberfläche)	Maßstab	(Gewicht)
						(Verkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)	
				<i>Datum</i>	<i>Name</i>	(Benennung)	
				<i>Bearb.</i>			
				<i>Gepf.</i>			
				<i>Norm</i>			
					(Firma, Zeichnungs- Ersteller)	(Zeichnungsnummer)	<i>Blatt</i>
<i>Zust</i>	<i>Änderung</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	<i>Ursp.</i>		Ers. für:	Ers. durch:

## (8) Zeichnungsnumerierung und Teilenummer

Zeichnungsnumerierung:

- Gesamt-Zeichnung

Zg.-Nr. 1-123456-0-0

- Gruppen-Zeichnung Nr. 1

Zg.-Nr. 1-123456-1-0

- Einzelteil-Zeichnung 1 aus Gruppe 1

Zg.-Nr. 4-123456-1-1

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)	Maßstab	(Gewicht)
							(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)	
					<i>Datum</i>	<i>Name</i>		
					<i>Bearb.</i>		(Benennung)	
					<i>Gepr.</i>			
					<i>Norm</i>			
						(Firma, Zeichnungs - Ersteller)	(Zeichnungsnummer)	<i>Blatt</i>
								<i>Bl.</i>
<i>Zust.</i>	<i>Änderung</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	<i>Urspr.</i>		<i>Ers. für:</i>	<i>Ers. durch:</i>	

## (9) Allgemeintoleranzen

Eintrag: „Maße ohne

Toleranzangabe nach ISO 2768“

(m = mittel)

(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)		Maßstab		(Gewicht)
								(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Geseenk Nr.)		
					Datum	Name		(Benennung)		
				Bearb.						
				Gepf.						
				Norm						
				(Firma, Zeichnungs - Ersteller)				(Zeichnungsnummer)		Blatt
										Bl
Zust	Änderung	Datum	Name	Urspr.		Ers. für:		Ers. durch:		

## (9) Allgemeintoleranzen – Längenmaße

Genauigkeitsgrad	Obere und untere Abmaße in mm für Nennmaßbereich in mm <sup>1)</sup>											
	0,5 <sub>1)</sub> 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	über 4000 bis 8000	über 8000 bis 12000	über 12000 bis 16000	über 16000 bis 20000
f (fein)	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	-	-	-	-
m (mittel)	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	±5	±6
g (grob)	±0,15	±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8
sg (sehr grob)	-	±0,5	±1	±1,5	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±12	±12

<sup>1)</sup> Abmaße für Rundungshalbmesser und Schrägungen (Fasenhöhen) siehe folgende Folie

<sup>2)</sup> Bei Nennmaßen unter 0,5 mm sind die Abmaße direkt am Nennmaß anzugeben

## (9) Allgemeintoleranzen – Rundungshalbmesser und Schrägungen

Genauigkeitsgrad	Obere und untere Abmaße in mm für Nennmaßbereich in mm				
	0,5 <sub>1</sub> bis 3	über 3 bis 6	über 6 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400
f (fein)	±0,2	±0,5	±1	±2	±4
m (mittel)					
g (grob)	±0,2	±1	±2	±4	±8
sg (sehr grob)					

1) Bei Nennmaßen unter 0,5 mm sind die Abmaße direkt am Nennmaß anzugeben

## (9) Allgemeintoleranzen - Winkelmaße

Genauig- keitsgrad	Obere und untere Abmaße in Winkleinheiten für Nennmaßbereich des kürzesten Schenkels in mm				
	bis 10	über 10 bis 50	über 50 bis 120	über 120 bis 400	über 400
f (fein)	±1°	±30'	±20'	±10'	±5'
m (mittel)					
g (grob)	±1°30'	±50'	±25'	±15'	±10'
sg (sehr grob)	±3°	±2°	±1°	±30'	±20'

Diese Norm gilt der Vereinfachung von Zeichnungen. Wenn kleinere Toleranzen notwendig oder größere Toleranzen zulässig und wirtschaftlicher sind, müssen sie einzeln angegeben werden.

## (9) Allgemeintoleranzen – Grenzabmaße für Schweißkonstruktionen

Toleranz-Klasse <sub>3)</sub>	Nennmaßbereich in mm										
	2 bis 30	über 30 bis 120	über 120 bis 400	über 400 bis 1000	über 1000 bis 2000	über 2000 bis 4000	über 4000 bis 8000	über 8000 bis 12000	bis 400 <sub>2)</sub>	über 400 bis 1000 <sub>2)</sub>	über 1000 <sub>2)</sub>
	Grenzabmaße für Längenmaße <sub>1)</sub> in mm								Grenzabmaße für Winkelmaße <sub>4)</sub> in Grad und Minuten		
A	±1	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±20'	±15'	±10'
B		±2	±2	±3	±4	±6	±8	±10	±45'	±30'	±20'
C		±3	±4	±6	±8	±11	±14	±18	±1°	±45'	±30'
D		±4	±7	±9	±12	±16	±21	±27	±1°30'	±1°15'	±1°
1) Nennmaßbereiche bis über 20000 mm s. Normblatt						2) Länge des kürzesten Schenkels					
3) In besonderen Fällen können auch Allgemeintoleranzen eingehalten werden, die nur 50% der Toleranzklasse A betragen. Der Kennbuchstabe für diese Toleranzklasse ist Z.						4) Gelten auch für nicht eingetragene Winkel von 90° oder Winkel regelmäßiger Vielecke.					
						(Tabelle nach DIN 8570 T1)					

# (10) Oberflächen

## (10) Oberflächen

Eintrag: „Oberflächen nach DIN ISO 1302“

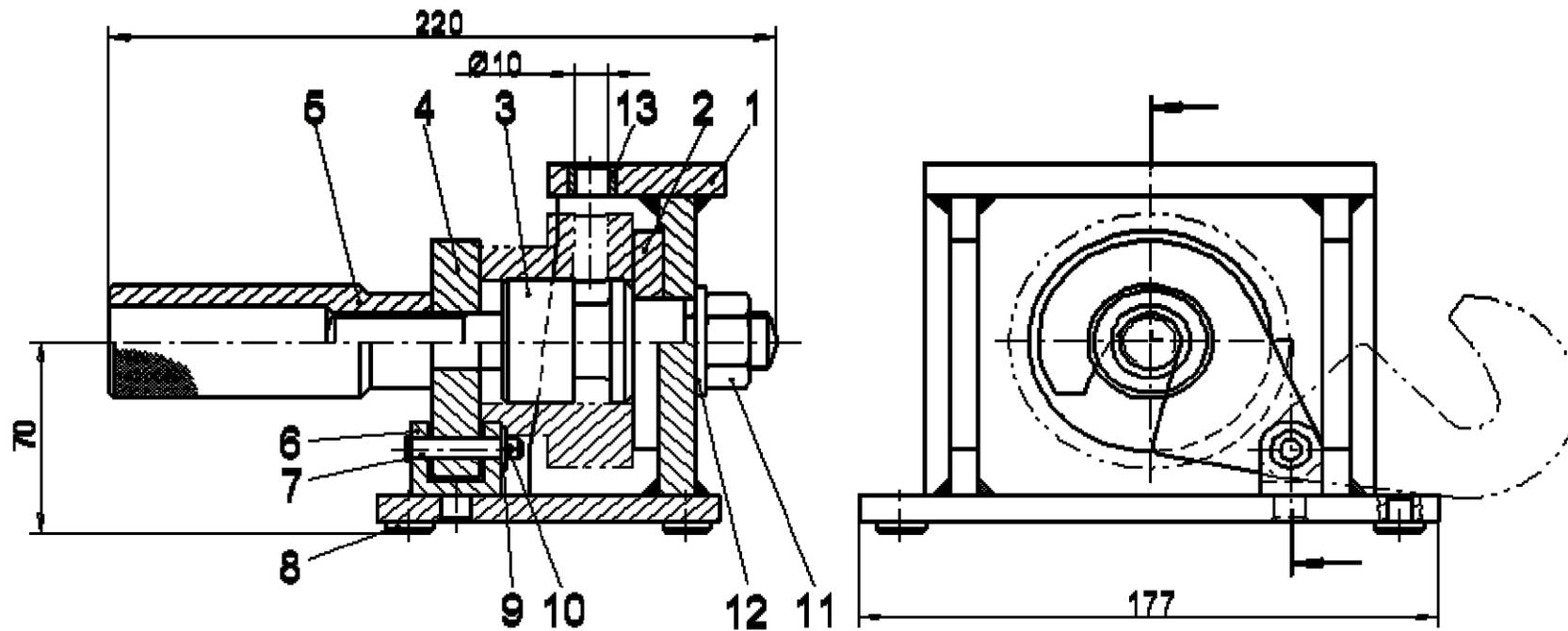
(Verwendungsbereich)				(Zul. Abw.)		(Oberfläche)		Maßstab		(Gewicht)	
								(Werkstoff, Halbzeug) (Rohteil - Nr.) (Modell- oder Gesenk Nr.)			
				Datum		Name					
				Bearb.							
				Gep.							
				Nom							
								(Benennung)			
								(Firma, Zeichnungs- Ersteller)		(Zeichnungsnummer)	
										Blatt	
										Bl	
Zust		Änderung		Datum		Name		Urspr.		Ers. durch:	



# Ausgefülltes Schriftfeld

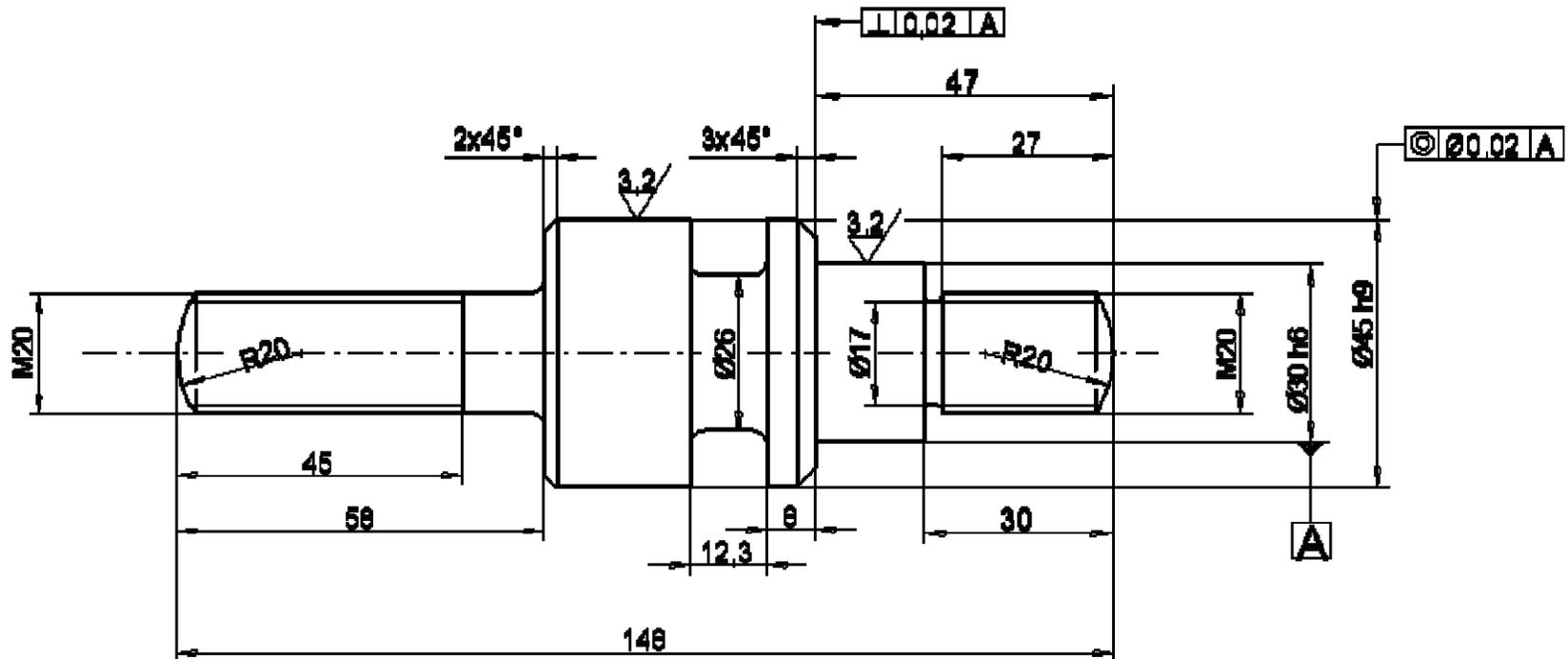
<b>Schutzvermerk nach DIN 34 beachten</b>				<b>Maße ohne Toleranzang. nach DIN 7168m</b>		<b>Oberfl. nach DIN ISO 1302</b>		<i>Maßstab</i> <b>1:1</b>		
								<b>Rund DIN 668 St 50-2-48x150</b>		
				<b>1993</b>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>		<b>Steckbolzen</b>		
				<i>Bearb.</i>	<b>30.09.</b>	<b>Schmitz</b>				
				<i>Gepf.</i>						
				<i>Norm</i>						
				Universität-GH-Essen Institut für Konstruktionstechnik und Kolbenmaschinen Prof. Dr.-Ing. D. Wissussek				<b>Zg.Nr.:1-123456-0-3</b>		<i>Blatt</i>
										<i>Bl.</i>
<i>Zust</i>	<i>Änderung</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>							

# Zusammenbauzeichnung (Beispiel Bohrvorrichtung)



Schutzvermerk nach DIN 94 beachten				Maßstab 1:1
		1999	Datum	Name
		Bearb.	30.09.	Schmitz
		Gepr.		
		Norm		
		Universität-GH-Essen		
		Fachbereich 12		
		Maschinenwesen		
Zust.	Anderung	Datum	Name	Blatt
				Bl.
				Zg.-Nr.: 1-123456-0-0

# Einzelteilzeichnung (Beispiel Bohrvorrichtung)



Alle Radien R 2,5

$\begin{matrix} +0,5 \\ -0,5 \end{matrix}$   $\begin{matrix} 12,5 \\ 3,2 \end{matrix}$

Passmaß	Abmaße
$\varnothing 45$ h9	0
	-62
$\varnothing 30$ h6	0
	-13

Schutzvermerk nach DIN 34 beachten	Maße ohne Toleranzang. n. DIN 7169m	Oberfl. nach DIN ISO 1302	Maßstab 1:1
			Rund DIN 668 St 50-2 ( $\varnothing 48$ x 150)
	1993 Datum	Name	<b>Steckbolzen</b>
	Bearb. 30.09.	Schmitz	
	Gebr.		<b>Zg.-Nr.: 1-123456-0-3</b>
	Norm		
	Universität-GH-Essen Fachbereich 12 Maschinenwesen		Blatt
Zust.	Anderung	Datum/Name	Bl.

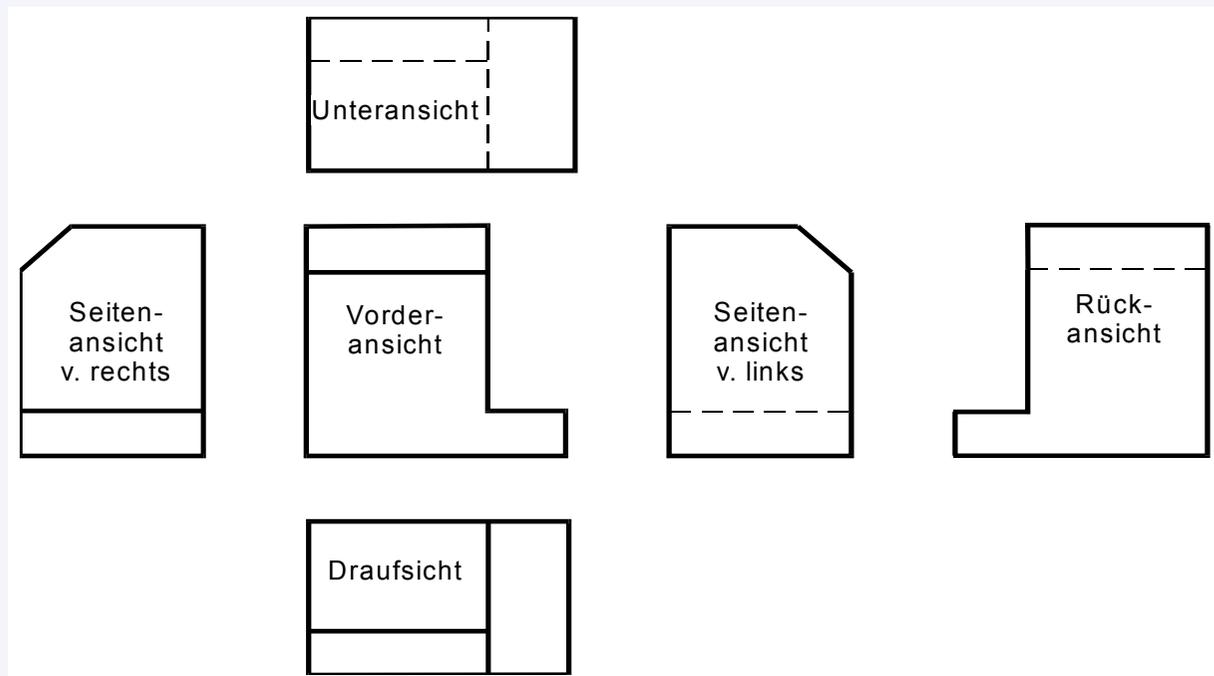


## *2. Ansichten*



## Projektionsmethode / Klappmodell

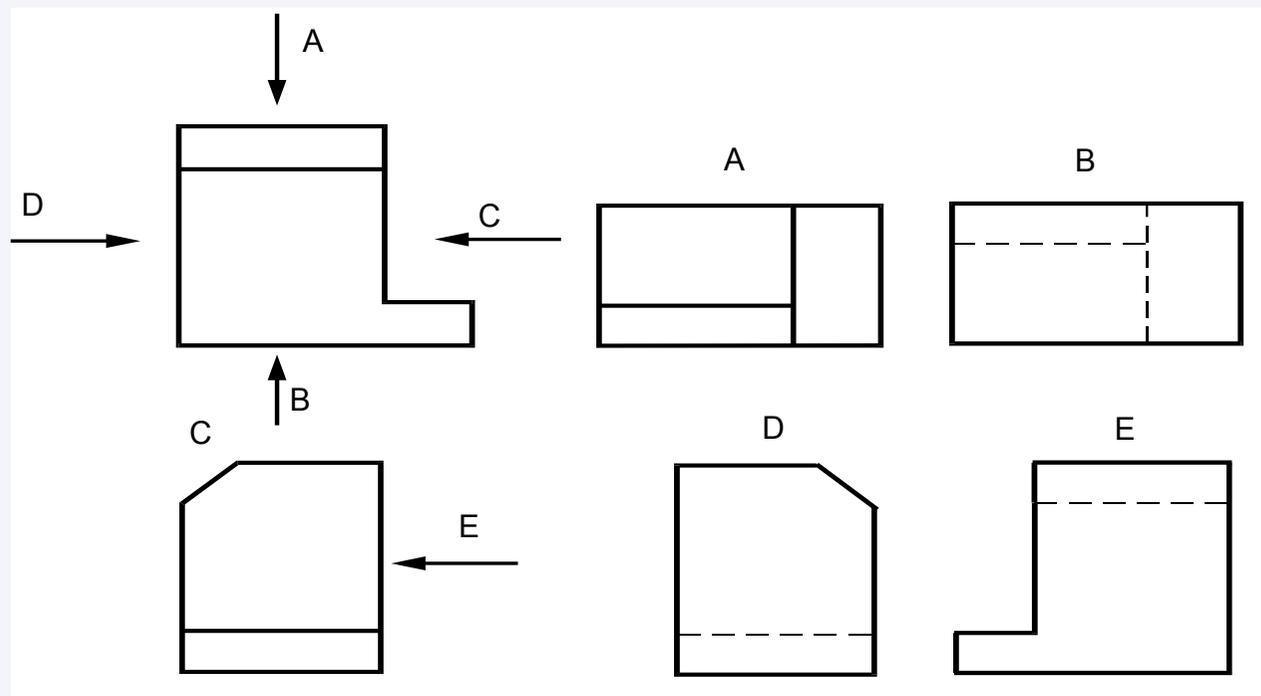
Die Vorderansicht ist die Hauptansicht in Gebrauchs- oder Fertigungslage. Die anderen Ansichten werden in die gleiche Darstellungsebene geklappt. Die gezeichnete Anordnung der sechs Ansichten des Körpers ist einzuhalten. Es sind nur so viele Ansichten darzustellen, wie zum eindeutigen Erkennen und Bemaßen eines Gegenstandes erforderlich sind. In den meisten Fällen genügen drei Ansichten (Vorderansicht, Seitenansicht von links, Draufsicht).



## Pfeilmethode (DIN 6)

Die Ansichten dürfen auch beliebig zueinander angeordnet werden. Mit Ausnahme der Vorderansicht wird dann jedoch die Betrachtungsrichtung für jede nach dieser Methode dargestellte Ansicht durch einen Pfeil, bezogen auf die Vorderansicht, festgelegt.

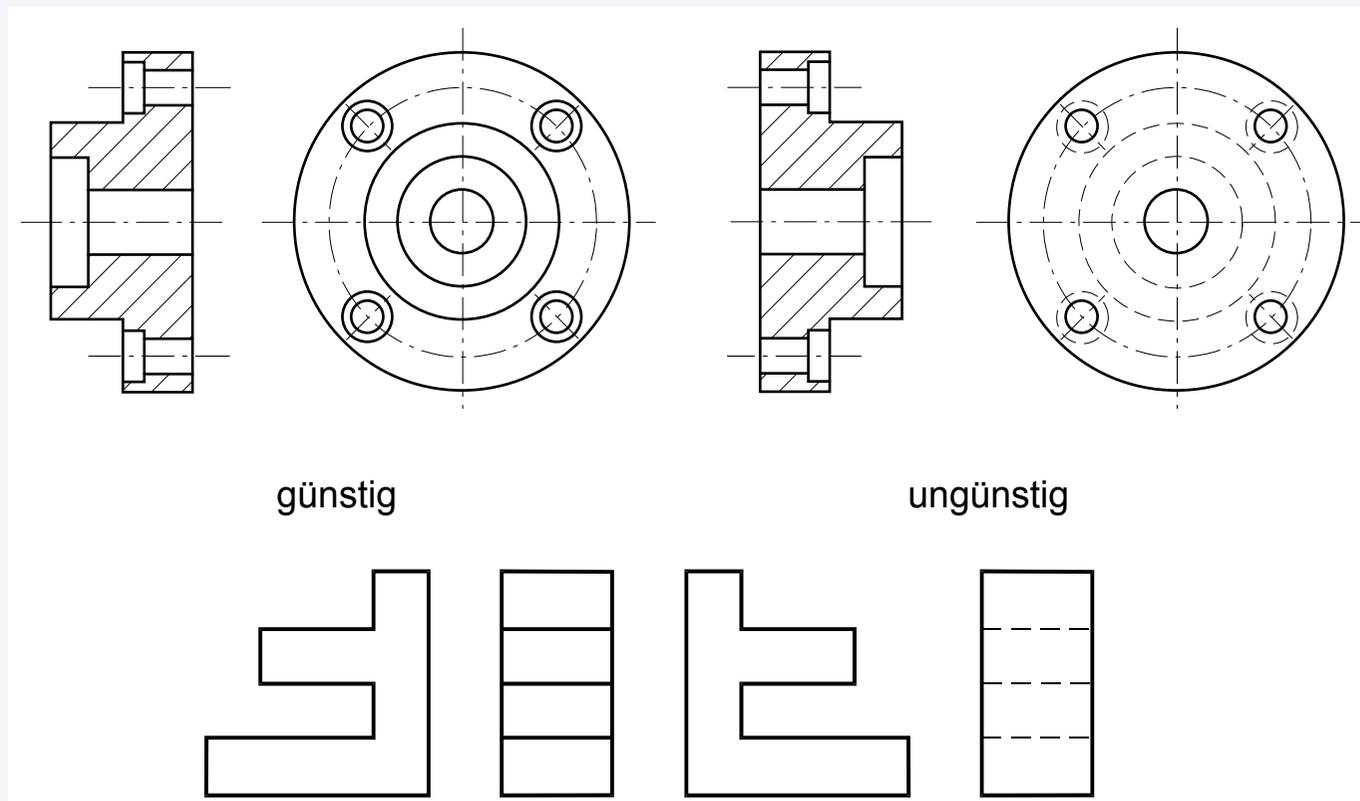
Die Pfeile und die zugehörigen Ansichten werden durch beliebige Großbuchstaben gekennzeichnet, die unmittelbar oberhalb bzw. rechts von der Pfeillinie und in unmittelbarer Nähe oberhalb der zugehörigen Ansichten einzutragen sind.



# Wahl der Ansichten

Die Hauptansicht (Vorderansicht) ist immer so zu wählen, dass

- möglichst wenig weitere Ansichten und Schnitte für die eindeutige Darstellung oder die vollständige Bemaßung erforderlich werden
- in den zusätzlichen Ansichten möglichst wenig verdeckte Kanten entstehen



## *3. Schnitte und Kanten*



# Kantenarten

## **Schnittlinie**

Die Schnittlinie ist die Linie, die die Lage einer Schnittebene oder den Schnittverlauf bei mehreren Schnittebenen kennzeichnet.

Anmerkung: Die Schnittlinie ist eine breite Strichpunkt-Linie.

## **Sichtbare Umrissse und Kanten**

Sichtbare Umrissse und Kanten werden durch breite Volllinien dargestellt.

## **Verdeckte Umrissse und Kanten**

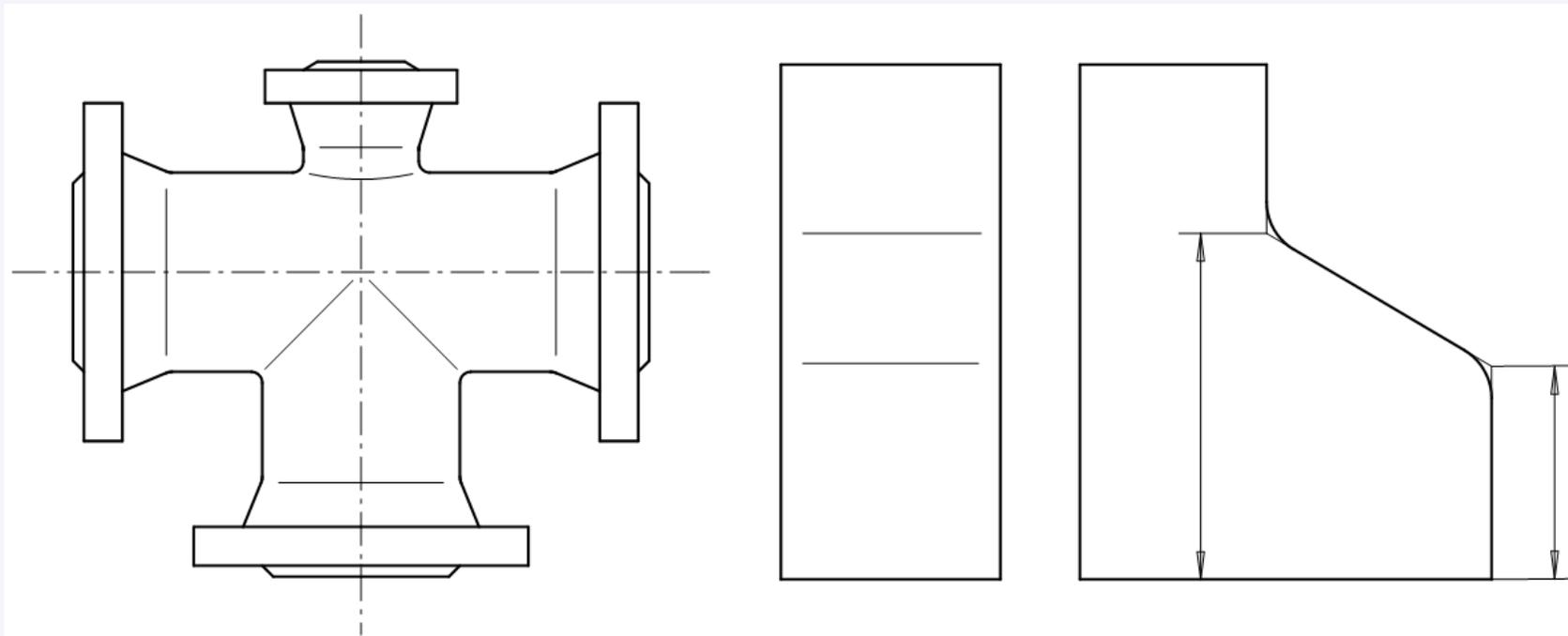
Verdeckte Umrissse und Kanten werden nur dann durch schmale Strichlinien dargestellt, wenn durch sie das Bild des Gegenstandes deutlicher wird oder wenn durch ihre Darstellung erheblicher Zeichenaufwand (z.B. zusätzliche Ansichten oder Schnitte) ohne Verlust an Deutlichkeit eingespart werden kann.

# Kantenarten

## Lichtkanten (gerundete Kanten)

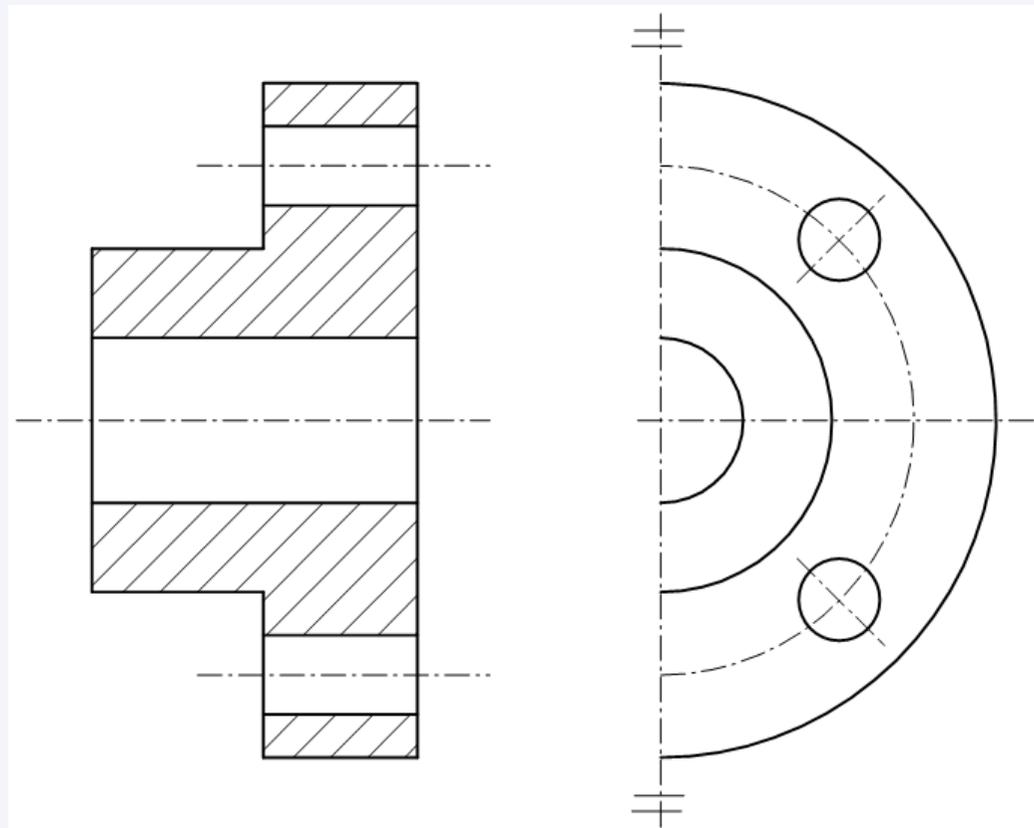
Lichtkanten werden, falls erforderlich durch schmale Volllinien dargestellt, sie berühren die Umrisslinien nicht.

Die Lage der Linien für die gerundeten Kanten ergibt sich aus den Schnittpunkten der verlängerten Umrisslinien in der zugehörigen Ansicht. Auf diese Schnittpunkte werden auch Maße bezogen.



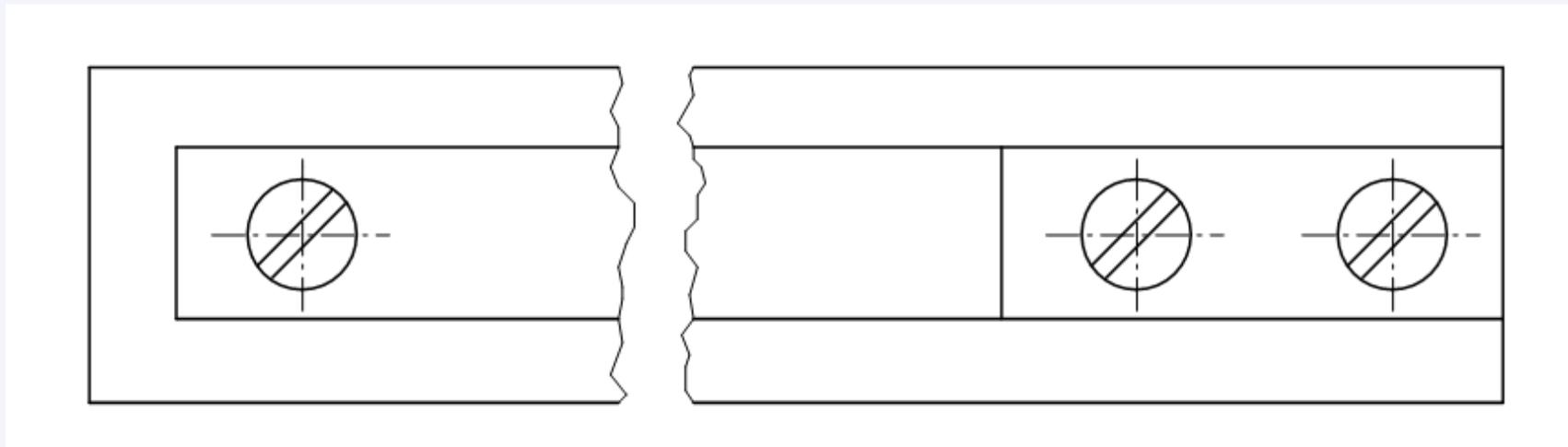
## Symmetrische Teile

Bei symmetrischen Gegenständen darf an Stelle einer Gesamtansicht eine halbe Ansicht oder eine Viertelansicht gezeichnet werden. Diese Teilansichten symmetrischer Gegenstände werden durch die Mittellinien begrenzt, die an ihren Enden durch zwei rechtwinklig zu ihr angeordnete kurze parallele schmale Volllinien gekennzeichnet werden.



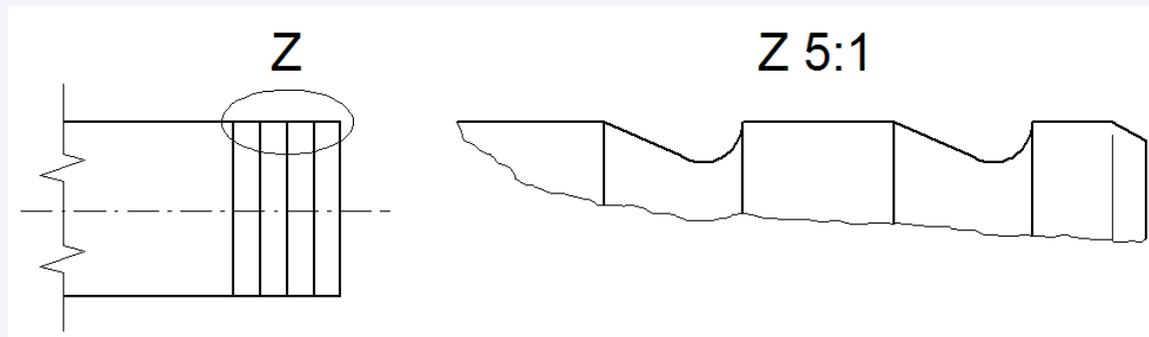
# Teilansichten

Gegenstände dürfen abgebrochen oder unterbrochen dargestellt werden, wenn dadurch die Eindeutigkeit der Darstellung nicht beeinträchtigt wird.

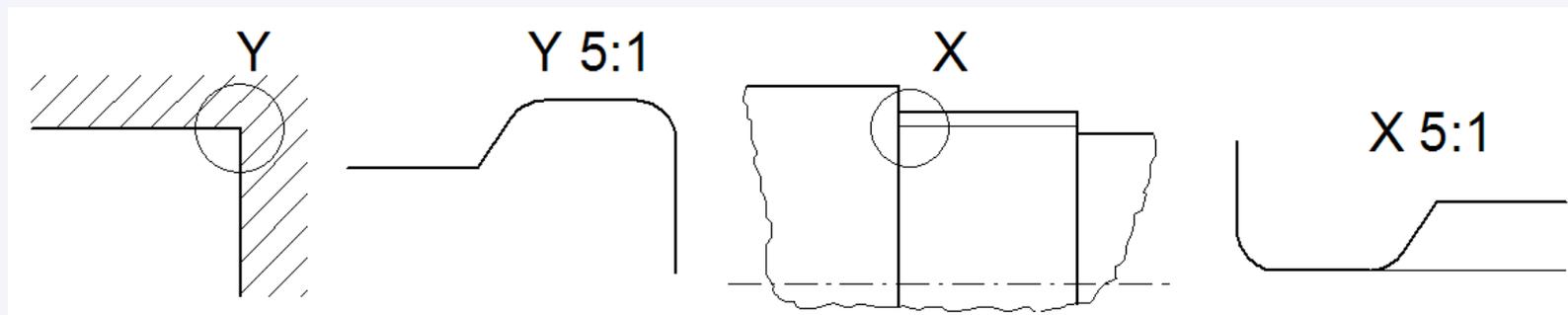


## Einzelheiten nach DIN 406

Bei Einzelheiten, die bezogen auf die entsprechende Gesamtdarstellung vergrößert dargestellt werden, soll der Vergrößerungsmaßstab hinter dem Kennbuchstaben angegeben werden.

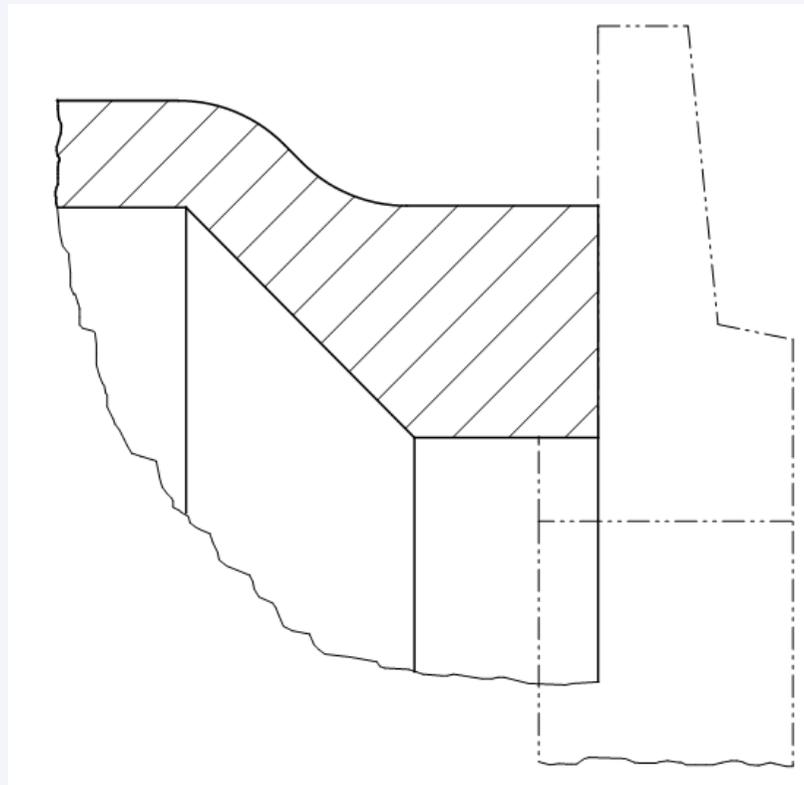


Herausgezogene Einzelheiten dürfen ohne Bruchlinie und bei Schnitten ohne Schraffur dargestellt werden. Die Darstellung umlaufender Kanten darf entfallen.



## Angrenzende Teile

Wenn die Darstellung angrenzender Teile notwendig ist, sind deren Umrisse in schmalen Strich-Zweipunktlinien (Linie DIN 15 - K) zu zeichnen. Das angrenzende Teil verdeckt nicht das Hauptteil, d.h. hinter dem angrenzenden Teil liegende Kanten und Umrisse des Hauptteils werden wie sichtbare Kanten gezeichnet.



## Anwendungsbereiche / Begriffe Schnitte

Die Norm DIN 6 (Schnitte) gilt für die Darstellung von Schnitten in technischen Zeichnungen und anderen technischen Unterlagen, unabhängig von der Art der Erstellung (manuell oder rechnerunterstützt).

### **Schnittebene**

Eine Schnittebene ist eine Ebene, die den dargestellten Gegenstand gedanklich trennt.

### **Schnittfläche**

Die Schnittfläche ist die Fläche, die beim Trennen des Gegenstandes durch die Schnittebene entstehen würde.

### **Schnitt**

Ein Schnitt ist die Darstellung eines Gegenstandes, der durch eine oder mehrere Schnittebenen parallel zur Zeichenebene zerlegt ist, die zeigt, was sich in der Schnittebene oder dahinter befindet.

# Begriffe Schnitte

## **Horizontalschnitt**

Ein Horizontalschnitt ist ein waagerechter Schnitt durch den Gegenstand in einer Schnittebene (im Regelfall von oben gesehen).

## **Vertikalschnitt**

Ein Vertikalschnitt ist ein senkrechter Schnitt durch den Gegenstand, dessen Schnittebene rechtwinklig zur Vorderansicht verläuft.

## **Frontalschnitt**

Ein Frontalschnitt ist ein senkrechter Schnitt durch den Gegenstand, dessen Schnittebene parallel zur Vorderansicht verläuft (im Regelfall von vorn gesehen).

## **Profilschnitt**

Ein Profilschnitt ist ein Schnitt, bei dem von allen möglichen Schnittebenen die kleinste Schnittfläche dargestellt wird.

## **Vollschnitt**

Ein Vollschnitt ist die Projektion eines Gegenstandes, die ganz als Schnitt gezeichnet ist.

# Begriffe Schnitte

## **Halbschnitt**

Ein Halbschnitt ist die Darstellung eines symmetrischen Gegenstandes, der getrennt durch die Mittellinie, zur Hälfte als Ansicht gezeichnet ist.

## **Teilschnitt**

Ein Teilschnitt ist eine Darstellung, bei der nur ein Teilbereich eines Gegenstandes als Schnitt gezeichnet ist.

## **Ausbruch**

Ein Ausbruch ist ein Teilschnitt, der nur einen Teilbereich in einer Ansicht geschnitten darstellt.

## **Teilausschnitt**

Ein Teilausschnitt ist ein Teilschnitt, der nur einen Teilbereich, ohne die zugehörige Ansicht, geschnitten darstellt. Die in den Schnittebenen liegenden, vorher verdeckten Kanten und Umrisse, werden durch die gedachte Zerlegung des Gegenstandes sichtbar und werden durch breite Volllinien (Linie DIN 15-A) dargestellt.

# Kennzeichnung Schnittflächen

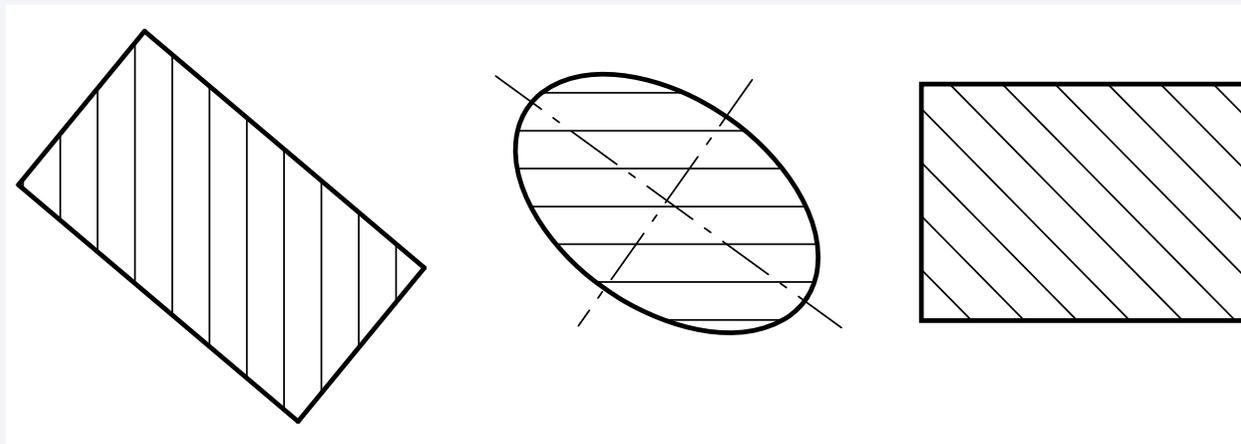
## Kennzeichnung der Schnittflächen

Die Schnittflächen werden durch eine Schraffur gekennzeichnet. Schnittflächen eines Teiles werden in allen zueinander gehörenden Ansichten gleichartig schraffiert. Der Schraffurwinkel beträgt **immer**  $45^\circ$  oder  $135^\circ$  zu den Hauptumrissen oder zur Symmetrieachse.

Benachbarte Teile werden **immer entgegengesetzt** schraffiert.

Kleine Schnittflächen haben einen geringeren Schraffurabstand als große.

Besonders schmale Schnittflächen dürfen geschwärzt werden (z.B. Sicherungsringe).

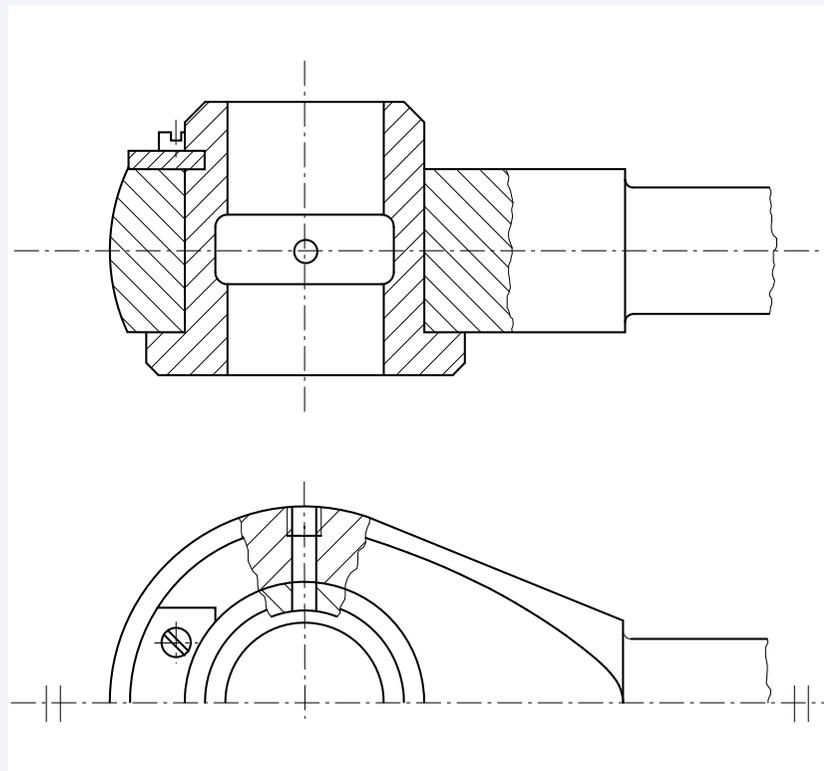


## Teile, die nicht geschnitten dargestellt werden

Zur Verdeutlichung des Schnittes werden bestimmte Teile oder Bereiche eines Teiles, auch wenn sie in der Schnittebene liegen, im Regelfall ungeschnitten dargestellt.

Dazu gehören:

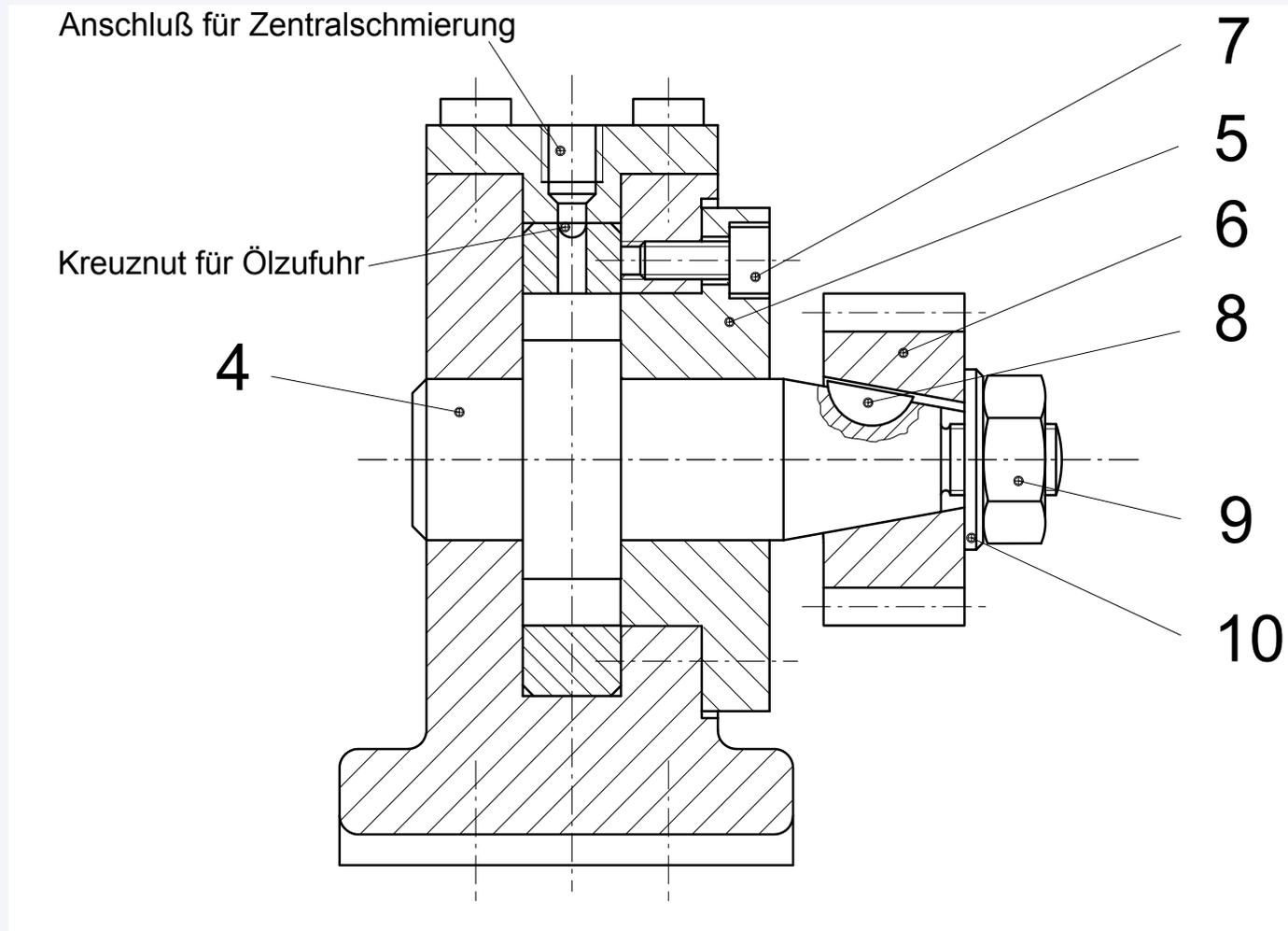
1. Teile, die in Längsrichtung dargestellt sind und keine Hohlräume aufweisen;  
z. B. Wellen, Bolzen, Keile, Stifte, Paßfedern, Achsen, Schrauben



# Teile, die nicht geschnitten dargestellt werden

## 2. Normteile, die die Darstellung vereinfachen

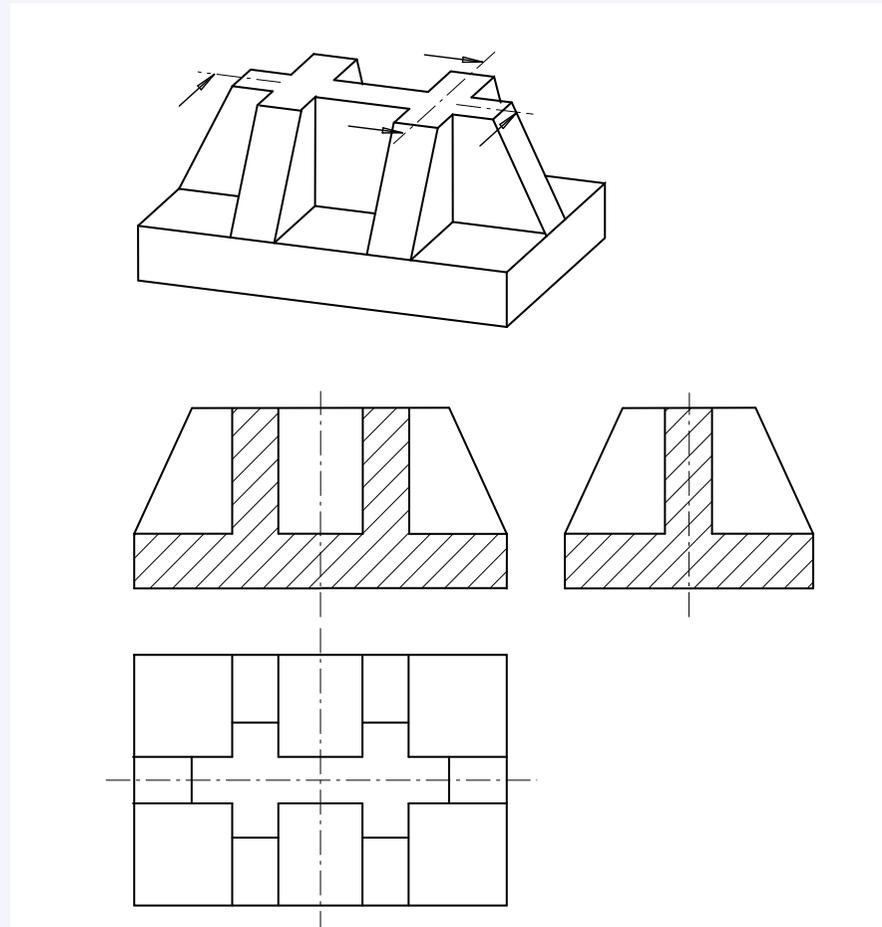
z. B. Scheiben, Muttern



## Teile, die nicht geschnitten dargestellt werden

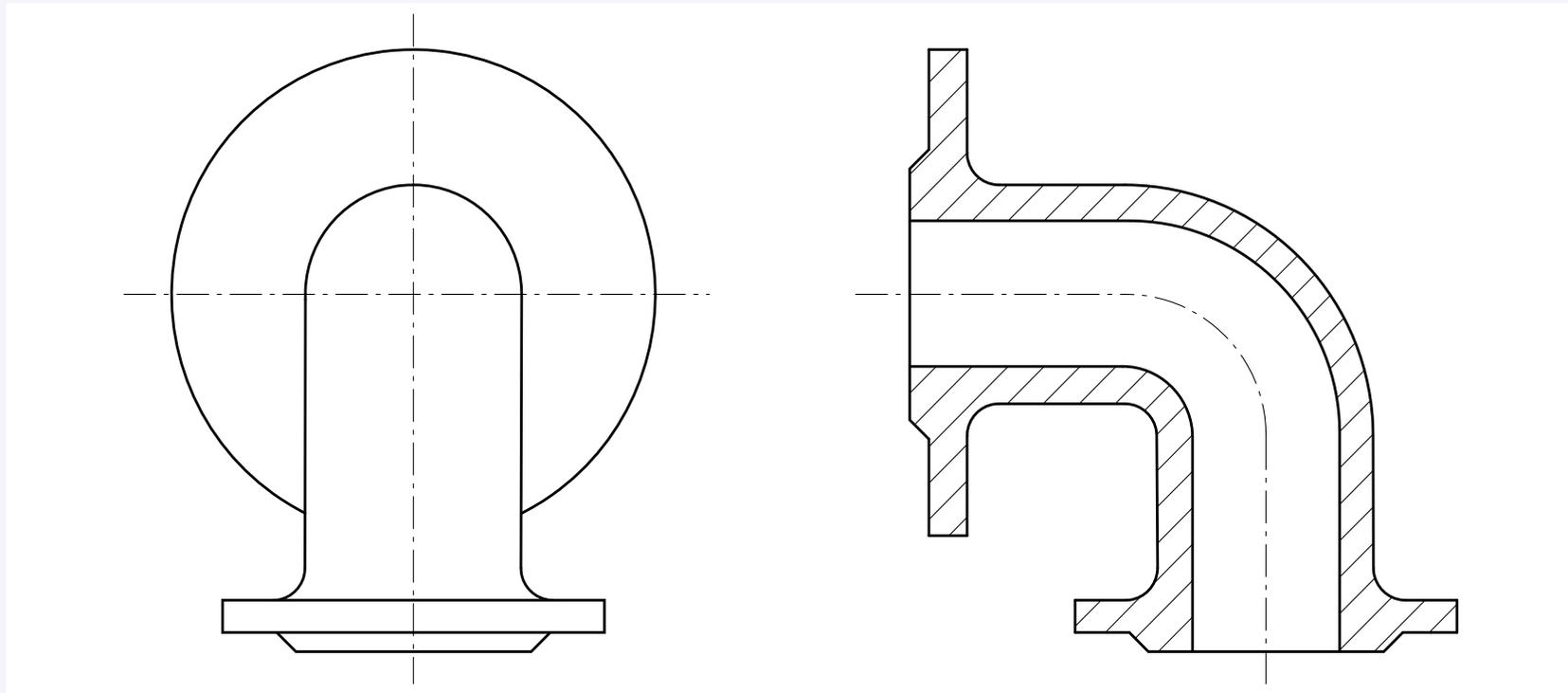
3. Bereiche eines Einzelteils, die sich als massive Elemente von der Grundform oder dem Profil eines Körpers abheben sollen.

z. B. Rippen, Stege, Speichen



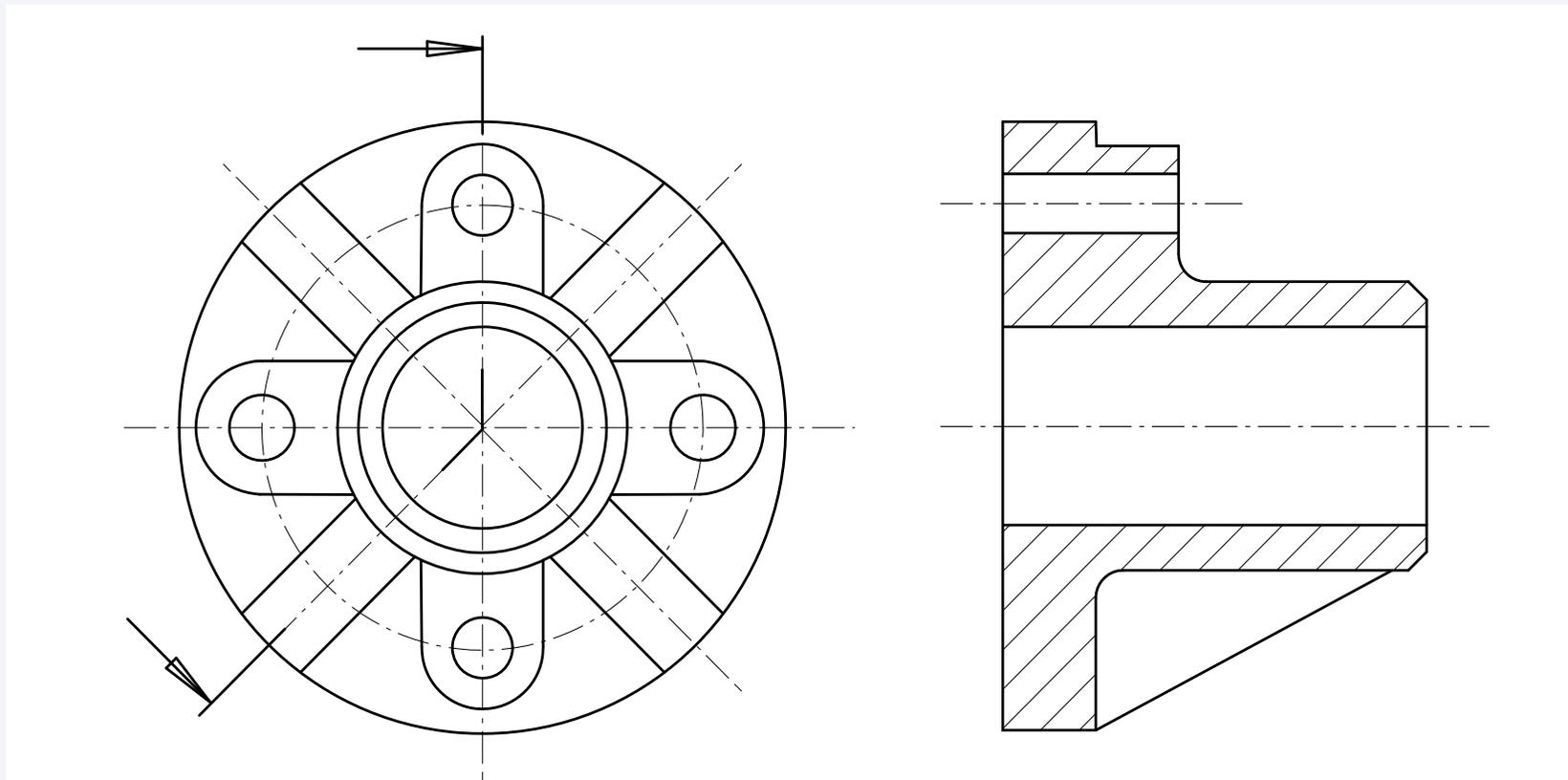
## Anordnung und Darstellung der Schnittebenen

Wenn die Lage einer einzelnen Schnittebene eindeutig ist, wird sie nicht besonders angegeben.



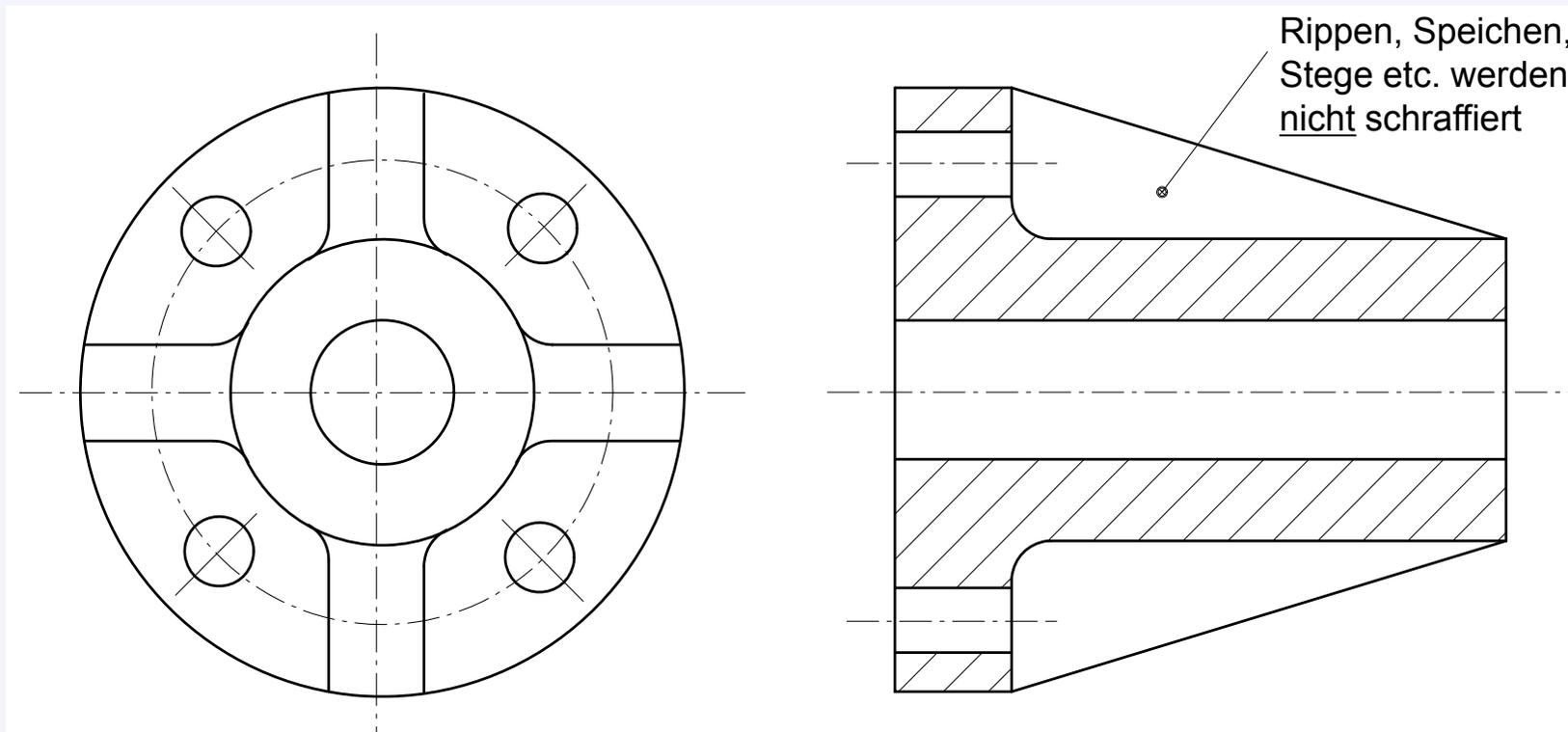
## Im Winkel zueinander liegende Schnittebenen

Liegen zwei Schnittebenen im Winkel zueinander, dann wird der Schnitt so dargestellt, als lägen die Schnittflächen in einer Ebene.



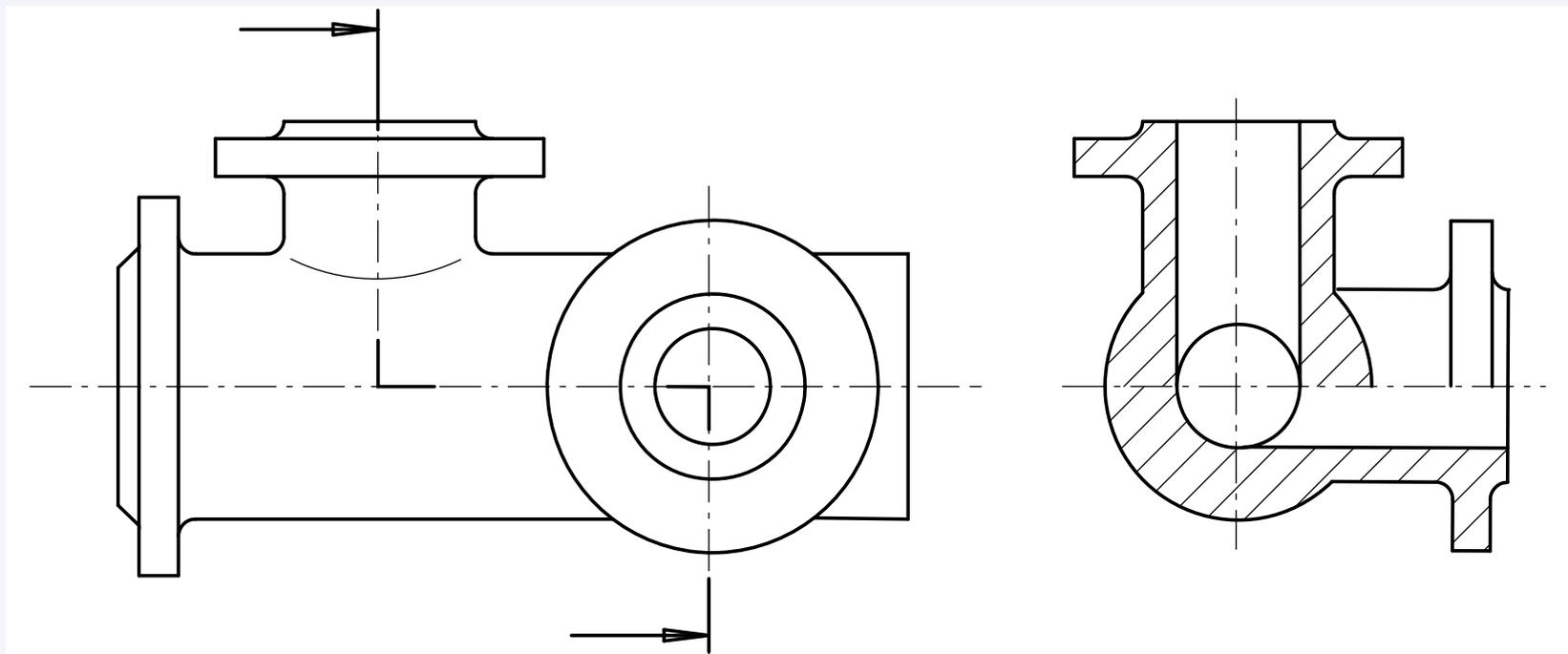
## Schnittebenen in runden Körpern

Bei Schnitten von runden Körpern, z. B. von Flanschen müssen die Bohrungen in die Schnittebenen gedreht dargestellt werden. Es erübrigt sich dann die Angabe des Schnittverlaufs.



## Parallel versetzte Schnittebenen

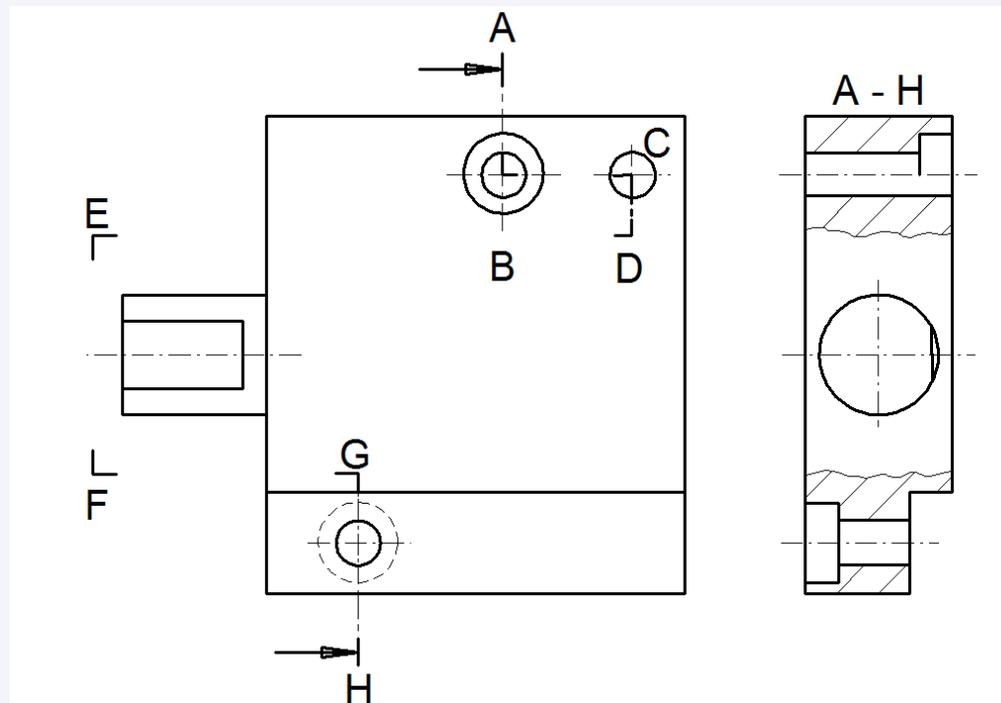
Wird ein Gegenstand durch zwei oder mehrere parallel versetzte Ebenen geschnitten, so wird die Lage der Schnittebenen sowie der Schnittverlauf durch eine abknickende Schnittlinie und die Blickrichtung durch Pfeile gekennzeichnet. Die Schraffur der versetzten Schnittebenen wird um eine halbe Schraffurbreite voneinander abgesetzt gezeichnet.



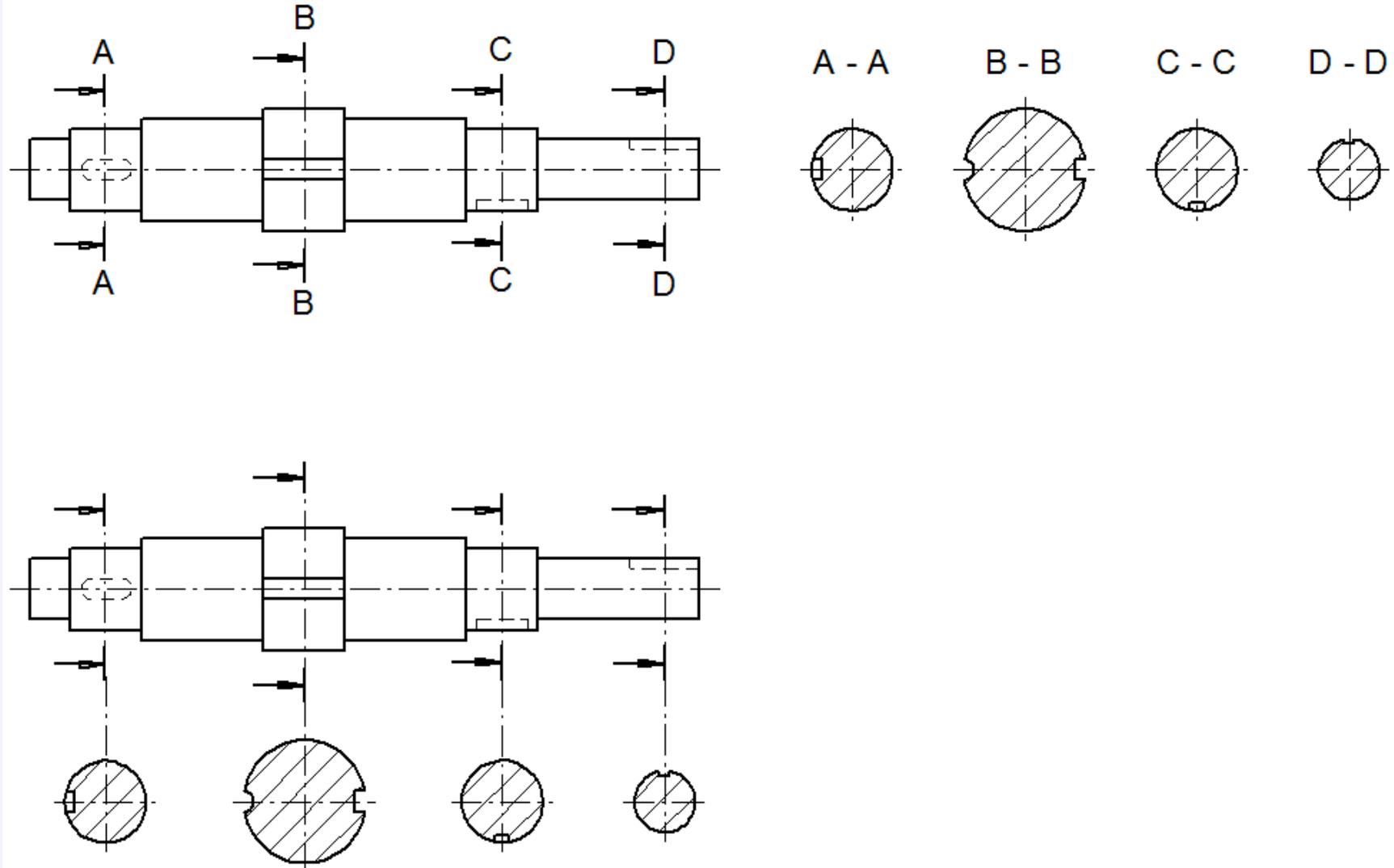
## Zuordnung und Kennzeichnung der Schnitte

Wenn Schnitte oder Profilschnitte sich ihren Schnittebenen nicht eindeutig zuordnen lassen, sind zusätzliche Kennzeichnungen erforderlich.

Die Buchstaben für die Kennzeichnung stehen am Anfang, am Ende und, wenn erforderlich, an den Knickstellen der Schnittlinie sowie unmittelbar über den entsprechenden Schnitten oder Profilschnitten.



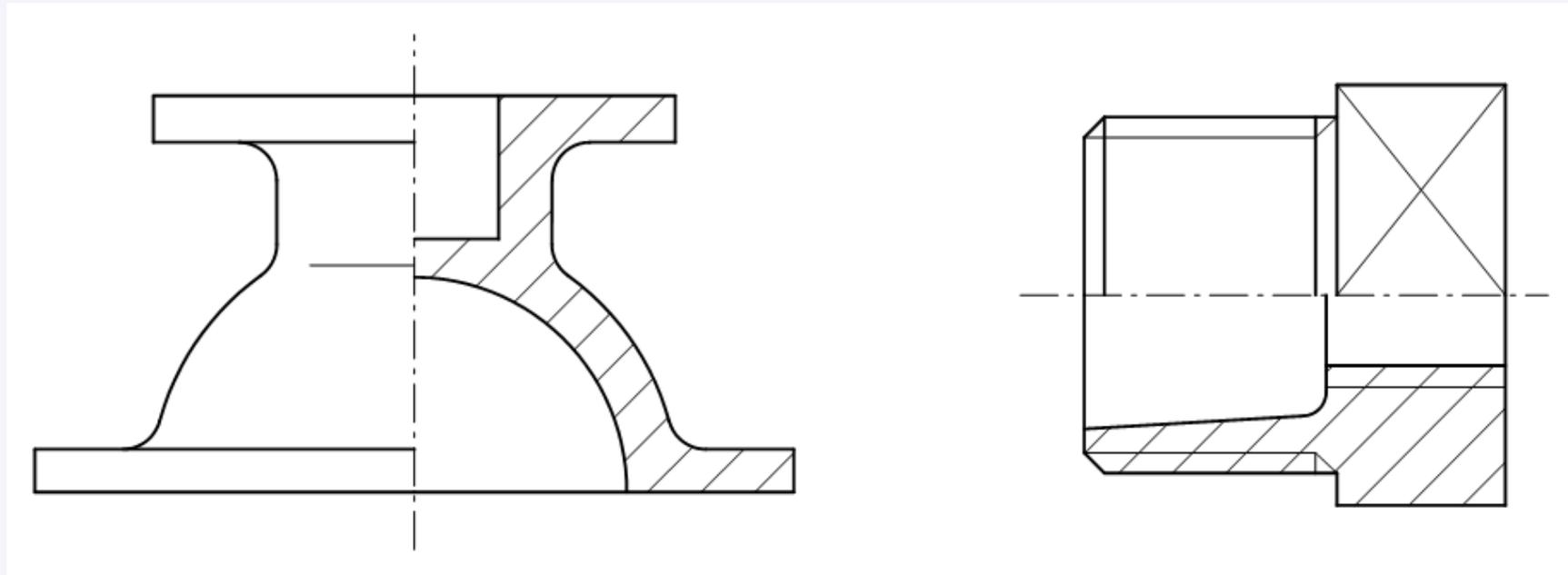
# Zuordnung von Schnitten bei Wellen



# Halbschnitt

Halbschnitte werden im Regelfall bei waagerechter Mittellinie unterhalb, bei senkrechter Mittellinie rechts von dieser angeordnet.

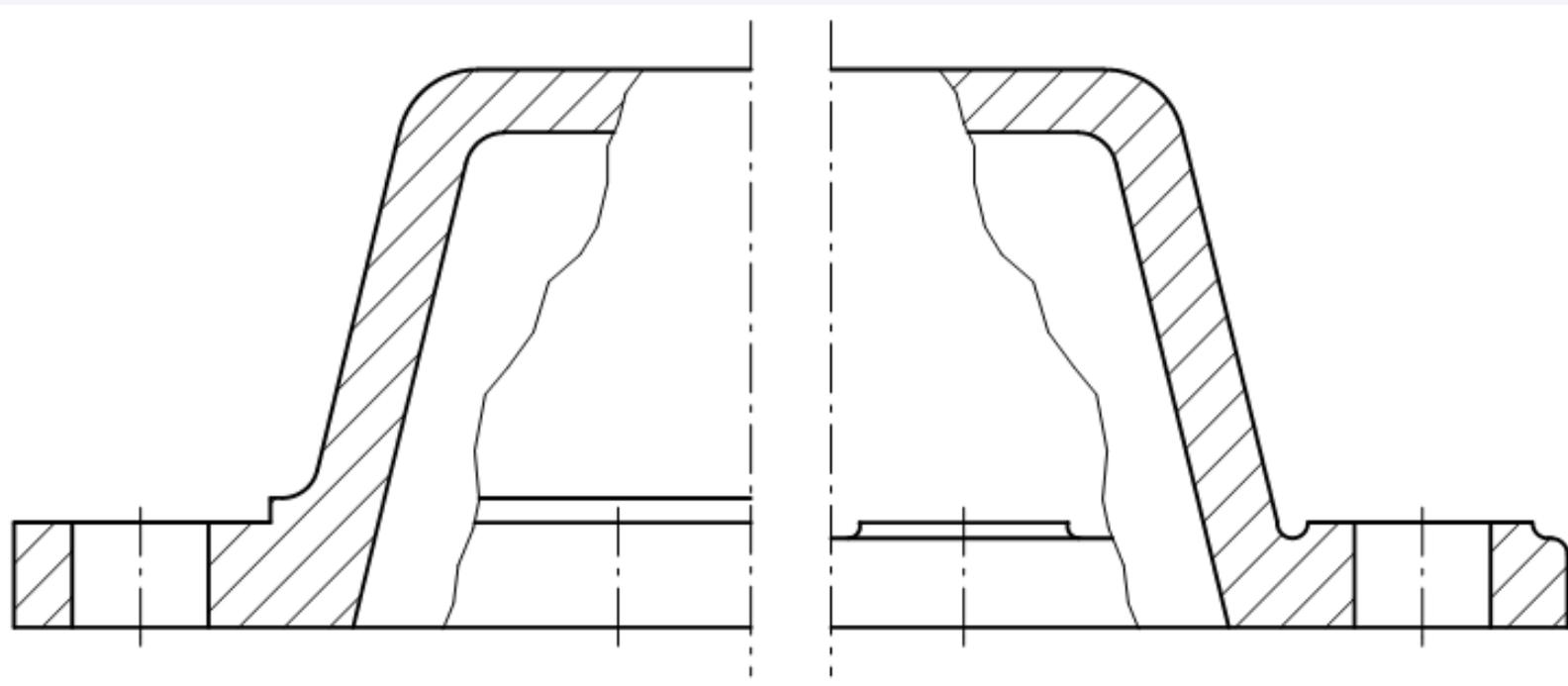
Körperkanten, die bei einem Halbschnitt auf der Mittellinie liegen, sind darzustellen.



# Teilschnitt

## Ausbruch

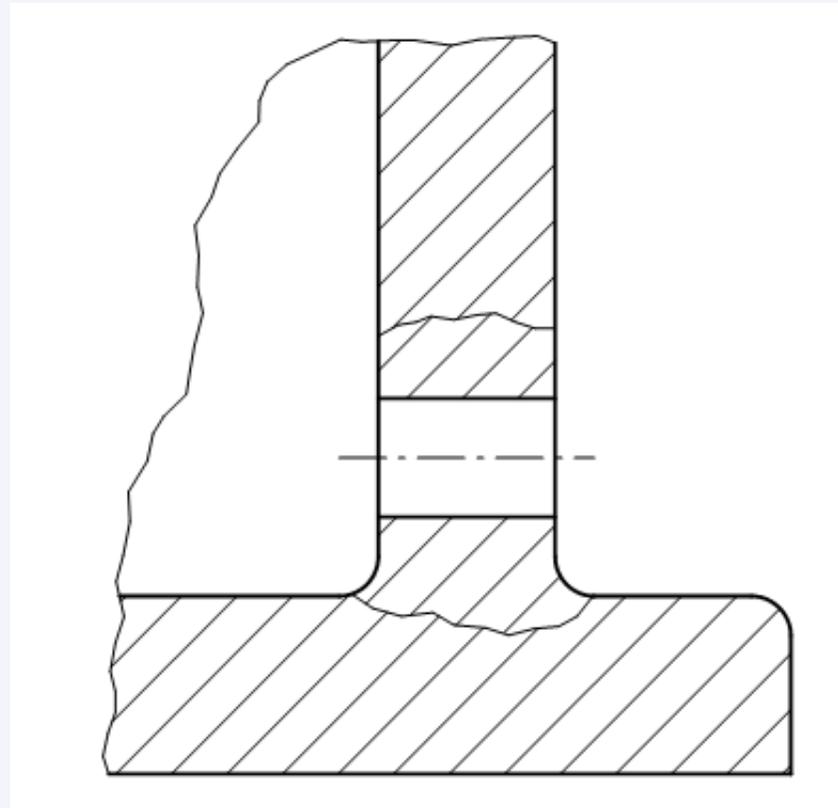
Die Begrenzungslinie eines Ausbruchs darf sich nicht mit Umrissen, Kanten oder Hilfslinien decken. Sie wird als schmale Freihandlinie oder als Zickzacklinie gezeichnet.



# Teilschnitt

## Ausbruch in Schnittebene

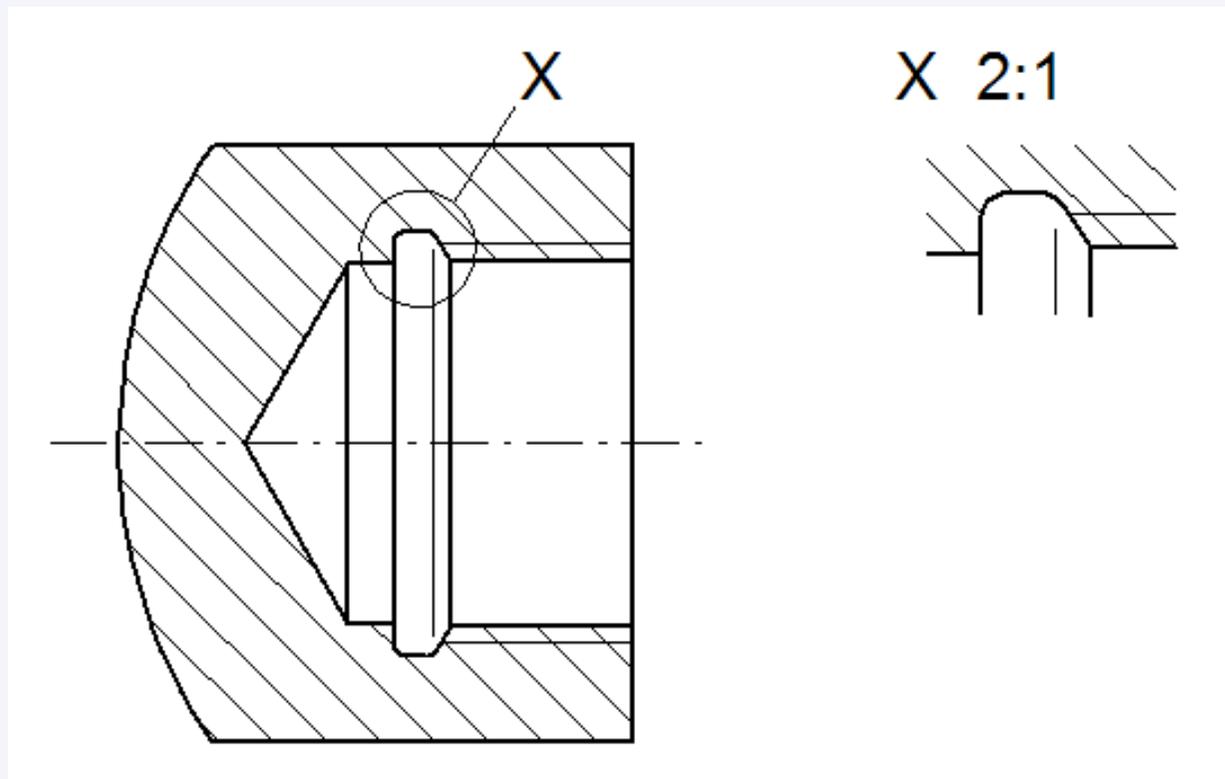
Wird ein Ausbruch innerhalb einer Schnittebene dargestellt, so wird die Ausbruchschraffur um eine halbe Schraffurbreite zur Schnittschraffur versetzt gezeichnet.



# Teilschnitt

## Teilausschnitt

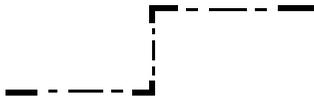
Bei einem Teilausschnitt ist das Begrenzen der Schnittfläche durch eine Bruchlinie nicht erforderlich.



# Linienarten nach DIN 15

DIN 15 Teil 1	Linienart	Anwendungen (Aufzählungen)	
		entsprechend ISO 128-1982	zusätzliche Anwendung
A		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. sichtbare Kanten</li> <li>2. sichtbare Umrisse</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Gewindespitzen</li> <li>4. Grenze der nutzbaren Gewindelänge</li> <li>5. Hauptdarstellungen in Diagrammen, Karten, Fließbildern</li> <li>6. Systemlinien (Stahlbau)</li> </ol>
B		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lichtkanten</li> <li>2. Maßlinien</li> <li>3. Maßhilfslinien</li> <li>4. Hinweislinien</li> <li>5. Schraffuren</li> <li>6. Umrisse am Ort eingeklappter Schnitte</li> <li>7. Kurze Mittellinien</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>8. Gewindegrund</li> <li>9. Maßlinienbegrenzungen</li> <li>10. Diagonalkreuz zur Kennzeichnung ebener Flächen</li> <li>11. Biegelinien</li> <li>12. Umrahmungen von Einzelheiten</li> <li>13. Kennzeichnung sich wiederholender Einzelheiten, z.B. Fußkreise bei Verzahnungen</li> <li>14. Umrahmungen von Prüfmaßen</li> <li>15. Faser- und Walzrichtungen</li> <li>16. Lagerichtung von Schichtungen (z.B. Trafoblech)</li> <li>17. Projektionslinien</li> <li>18. Rasterlinien</li> </ol>
C D		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Begrenzung von abgebrochenen oder unterbrochen dargestellten Ansichten und Schnitten, wenn die Begrenzung keine Mittellinie ist. <sup>1)</sup></li> </ol>	
E		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. verdeckte Kanten</li> <li>2. verdeckte Umrisse</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. mögliche Kennzeichnung zulässiger Oberflächenbehandlung</li> </ol>

## Linienarten nach DIN 15

DIN 15 Teil 1	Linienart	Anwendungen (Aufzählungen)	
		entsprechend ISO 128-1982	zusätzliche Anwendung
F		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. verdeckte Kanten<sup>2)</sup></li> <li>2. verdeckte Umrisse<sup>2)</sup></li> </ol>	
G		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mittellinien</li> <li>2. Symmetrielinien</li> <li>3. Trajektorien</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Teilkreise bei Verzahnungen</li> <li>5. Lochkreise</li> <li>6. Teilungsebenen (Fomteilung)</li> </ol>
H		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kennzeichnung der Schnittebene<sup>3)</sup></li> </ol>	
J		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kennzeichnung geforderter Behandlungen (z.B. Wärmebehandl.)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Kennzeichnung der Schnittebene</li> </ol>
K		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Umrise von angrenzenden Teilen</li> <li>2. Grenzstellungen von beweglichen Teilen</li> <li>3. Schwerelinien</li> <li>4. Umrise (ursprüngliche) vor der Verformung</li> <li>5. Teile, die vor der Schnittebene liegen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Umrise von wahlweisen Ausführungen</li> <li>7. Fertigformen in Rohteilen</li> <li>8. Umrahmungen von besonderen Feldern/Bereichen (z.B. für Kennzeichnungen von Teilen)</li> </ol>

1) In einer Zeichnung soll vorzugsweise nur eine dieser Linienarten angewendet werden.  
 2) Für die Darstellung von verdeckten Kanten und Umrissen ist anstelle von Linienart E, Linienart F anzuwenden.  
 3) Anstelle von Linienart H ist Linienart J bevorzugt anzuwenden.

# Linienbreiten und Liniengruppen

Liniengruppe	zugehörige Linienbreite (Nennmaß in mm) für		
	Linienart		Maß- und Text- angaben; Graphische Symbole nach DIN 32830 Teil 2
	A E (H) J	B C D F G (H) K	
0,25	0,25	0,13	0,18
0,35	0,35	0,18	0,25
<b>0,5</b>	0,5	0,25	0,35
<b>0,7</b>	0,7	0,35	0,5
1	1	0,5	0,7
1,4	1,4	0,7	1
2	2	1	1,4

**Fettgedruckte** Liniengruppen sind zu bevorzugen

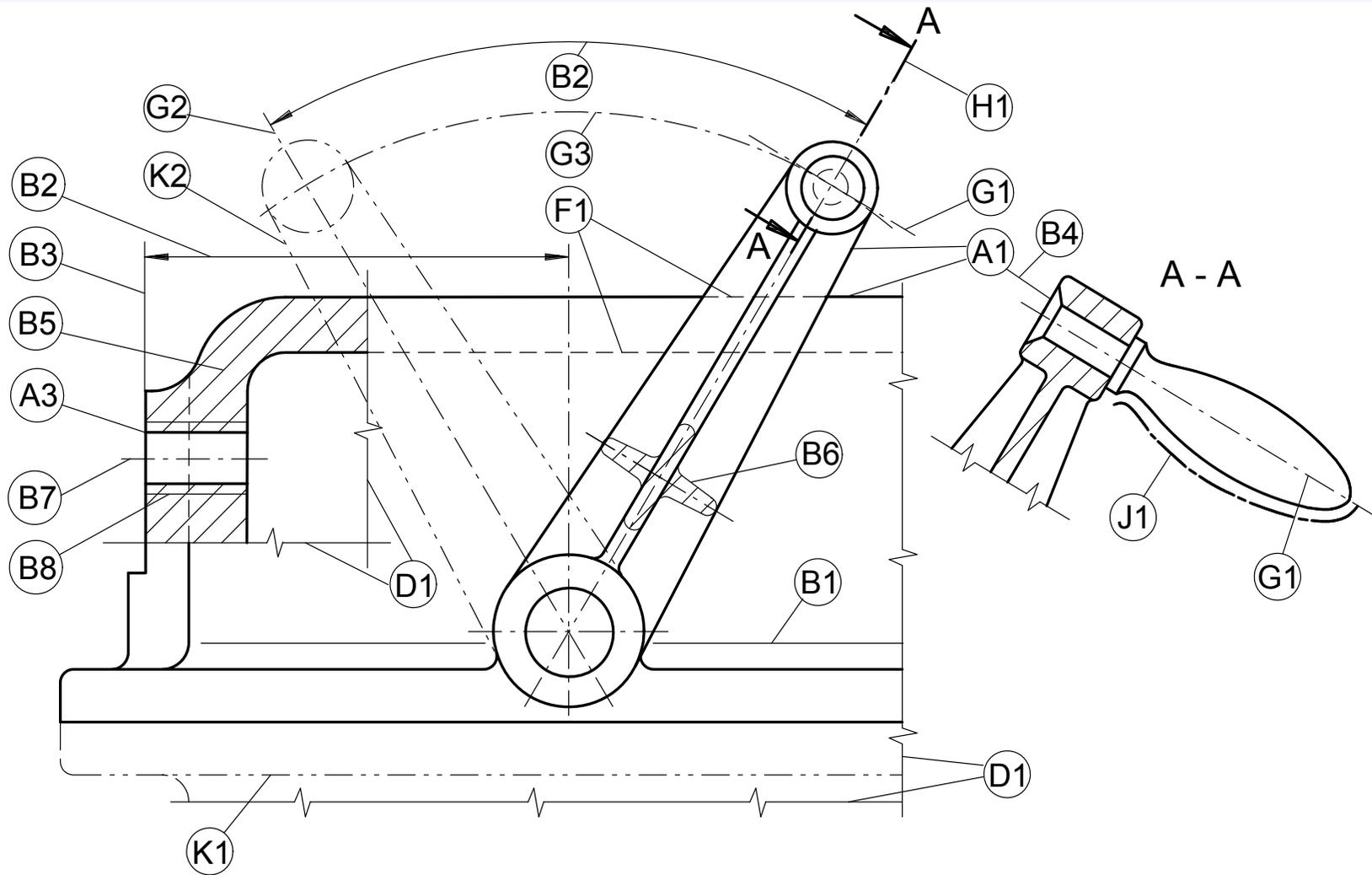
## Rangfolge bei Überdecken von Linien

Wenn sich zwei oder mehr Linien verschiedener Art überdecken, soll folgende Rangfolge eingehalten werden:

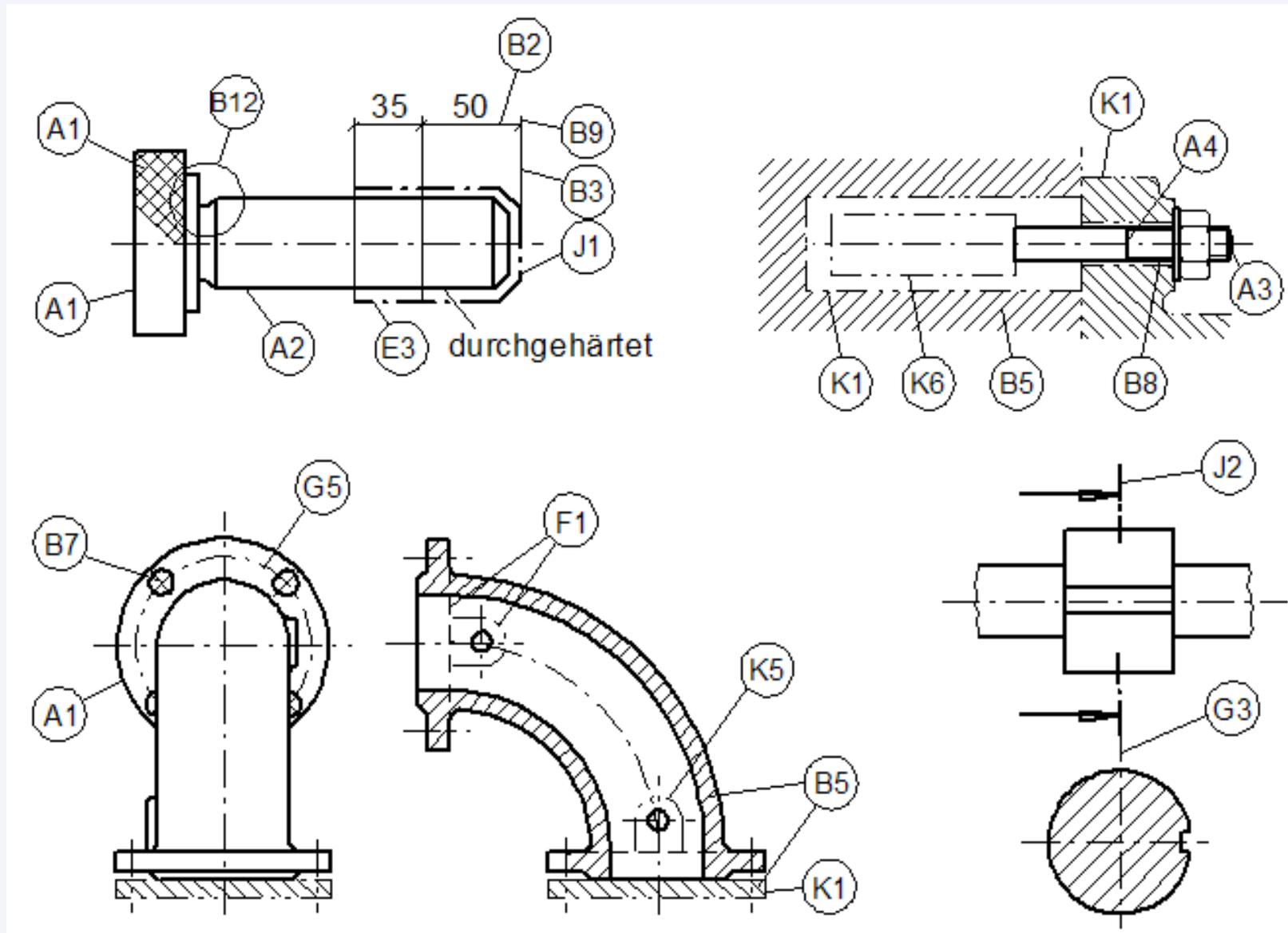
- sichtbare Kanten und Umrisse (Linienart A)
- verdeckte Kanten und Umrisse (Linienart F)
- Schnittebenen (Linienart J)
- Mittellinien (Linienart G)
- Schwerlinien (Linienart K)
- Maßhilfslinien (Linienart B)

# Beispiele für die Anwendung von Linienarten und Linienbreiten

Die Bedeutung der Buchstaben und Ziffern siehe oben



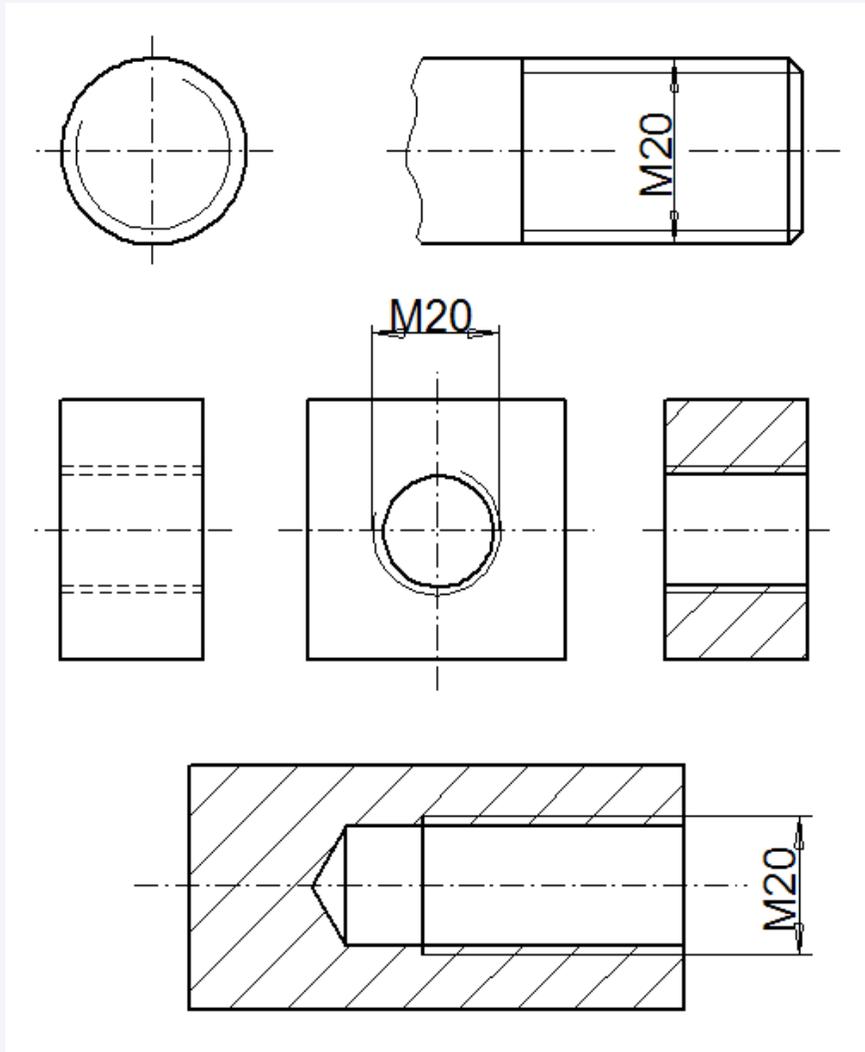
# Beispiele für die Anwendung von Linienarten und Linienbreiten



## *4. Darstellung von (Norm-) Teilen*



# Gewindedarstellung nach DIN 27



## Außengewinde

Metrische Gewinde erhalten ein "M" vor der Maßzahl.

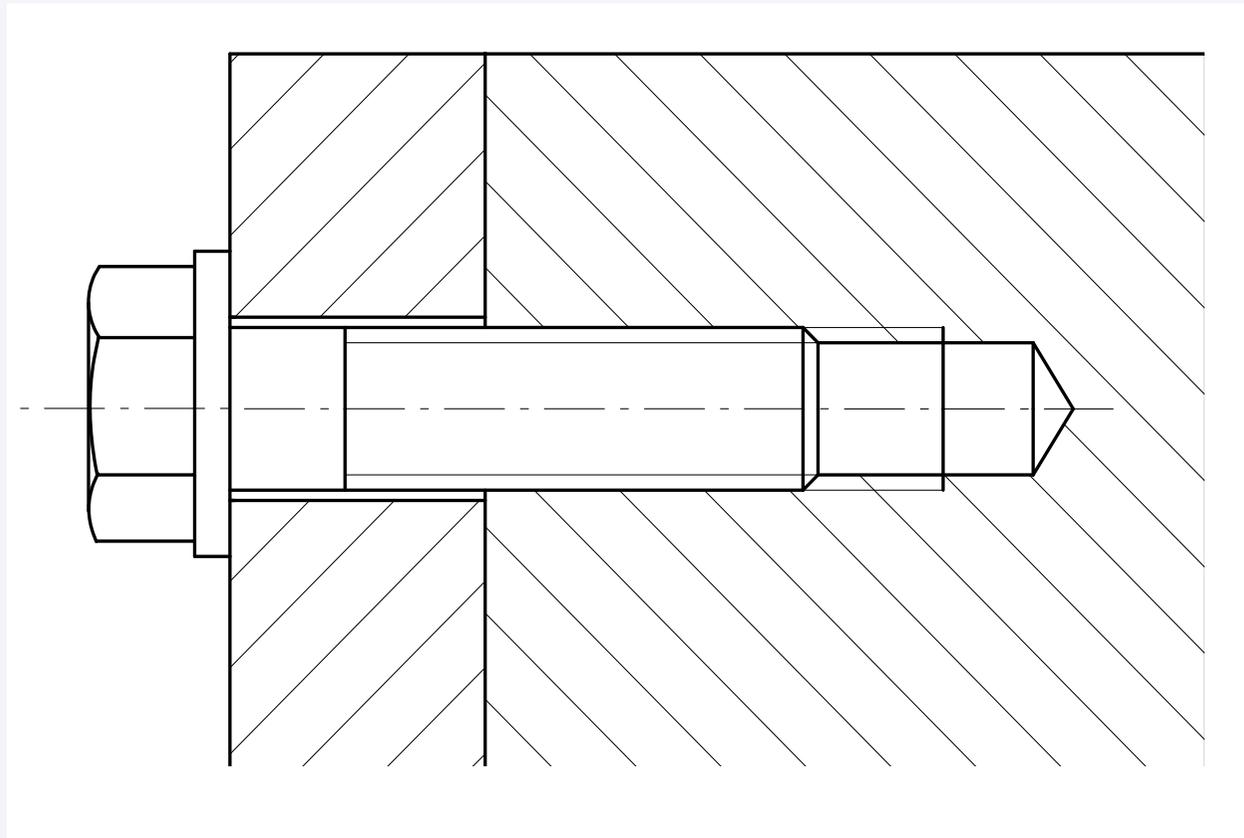
## Innengewinde

Werden Innengewinde im Schnitt dargestellt, so wird die Schraffur bis an den Kerndurchmesser gezeichnet. Gewindeabschlußlinien sind stets breite Volllinien.

# Darstellung von verschraubten Teilen

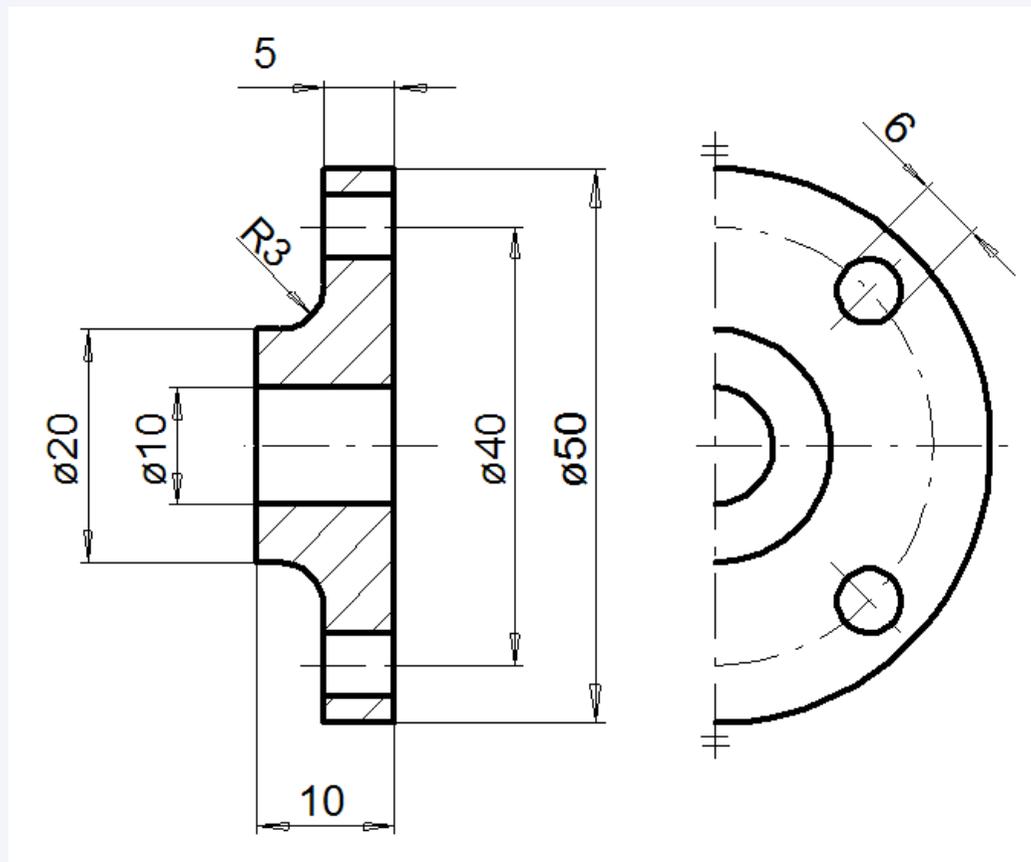
## Merke

Darstellung des Bolzengewindes geht vor Darstellung des Muttergewindes: "Bolzen vor Mutter"



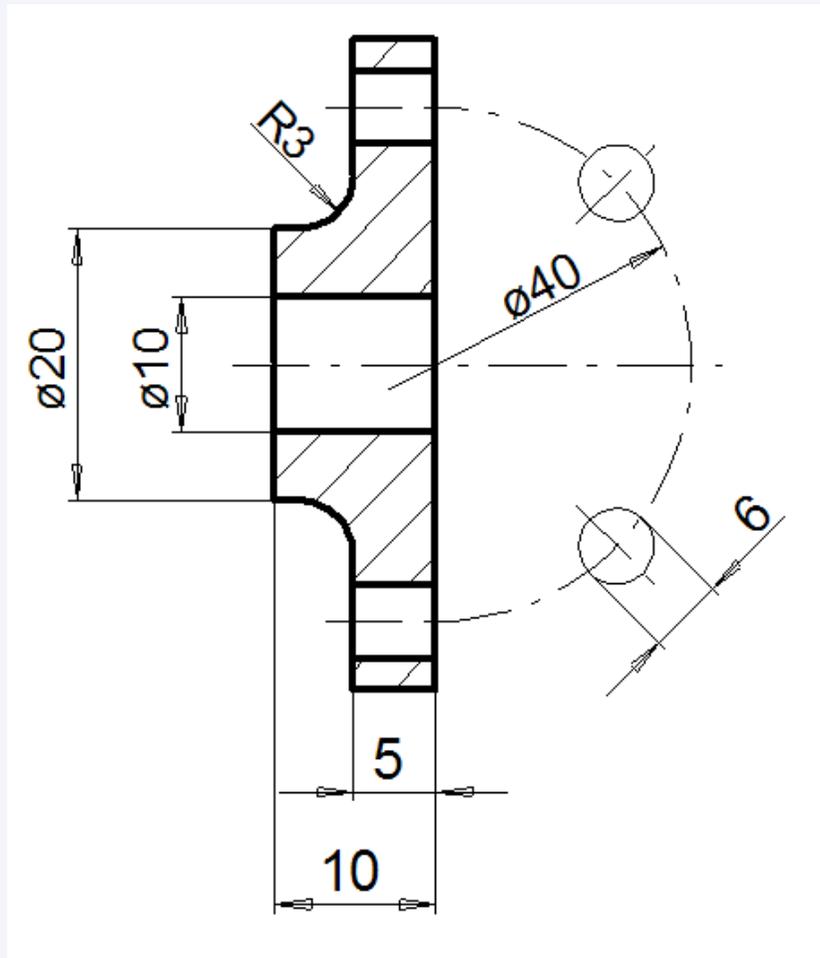
## Darstellung und Bemaßung von Flanschen in Zeichnungen

Bei symmetrischen Werkstücken kann ein Teil der Ansichten entfallen. Die Vorderansicht wird immer vollständig gezeichnet. Bei der Draufsicht bzw. Seitenansicht darf die innenliegende Hälfte wegfallen. Die Teilansicht schließt immer mit der Mittellinie ab. Die Symmetrie deutet man durch zwei parallele Striche an.



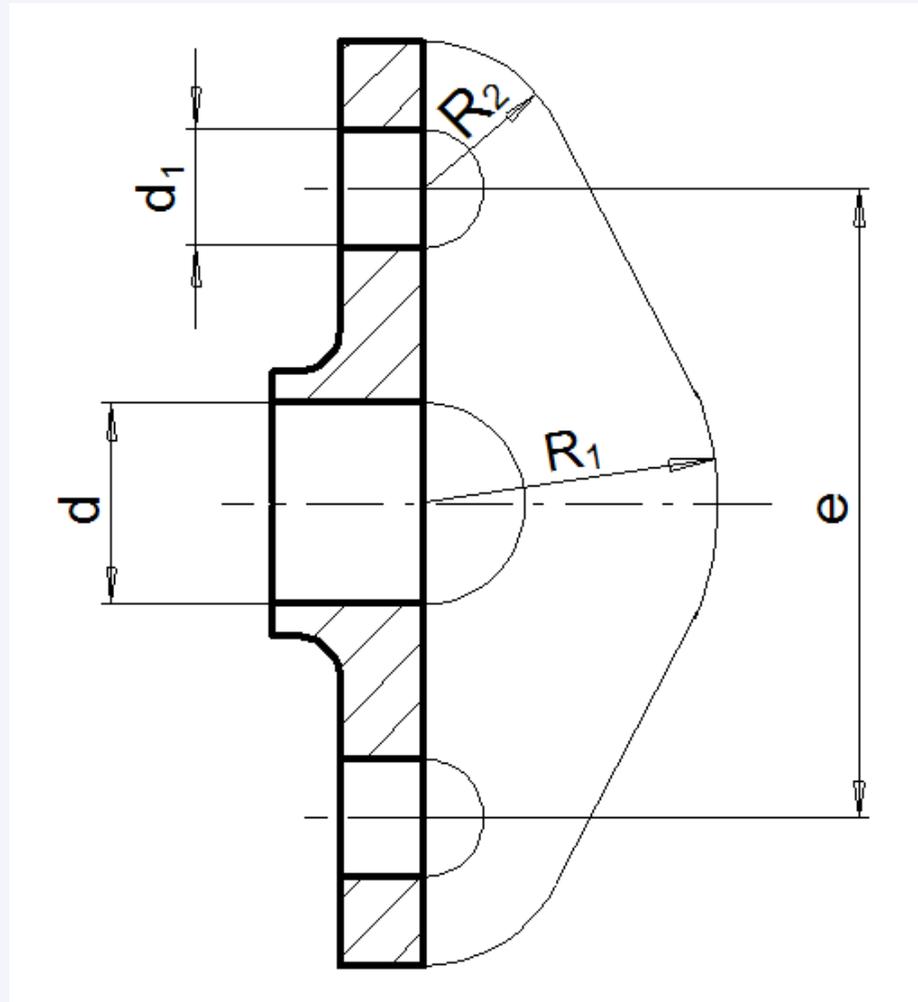
## Herausgeklappter Lochkreis

Wird nur eine Flanschansicht gezeichnet, kann der Lochkreis ohne Umrisse herausgeklappt werden. Die Bohrungen werden in diesem Fall als schmale Volllinien gezeichnet.



## Herausgeklappte Umriss

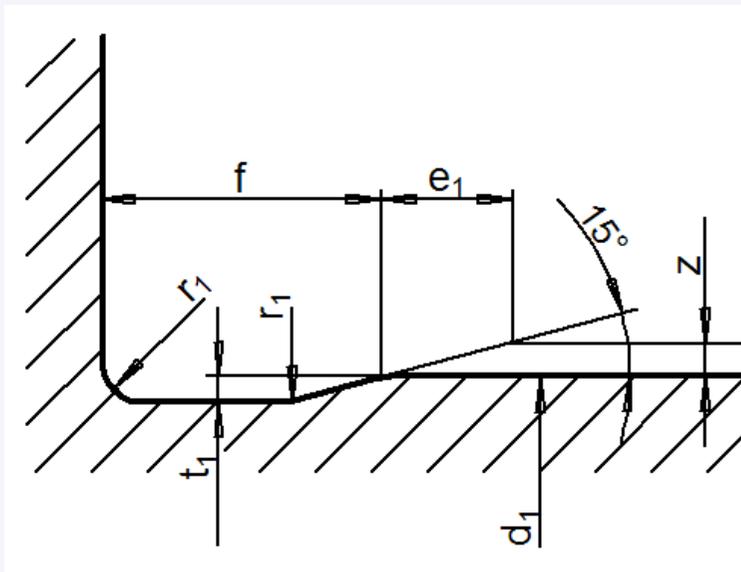
Einfache Umriss dürfen in die Zeichenebene geklappt werden. Nur die in der Zeichenebene liegenden Umriss stellt man als schmale Volllinien dar.



# Freistичe nach DIN 509

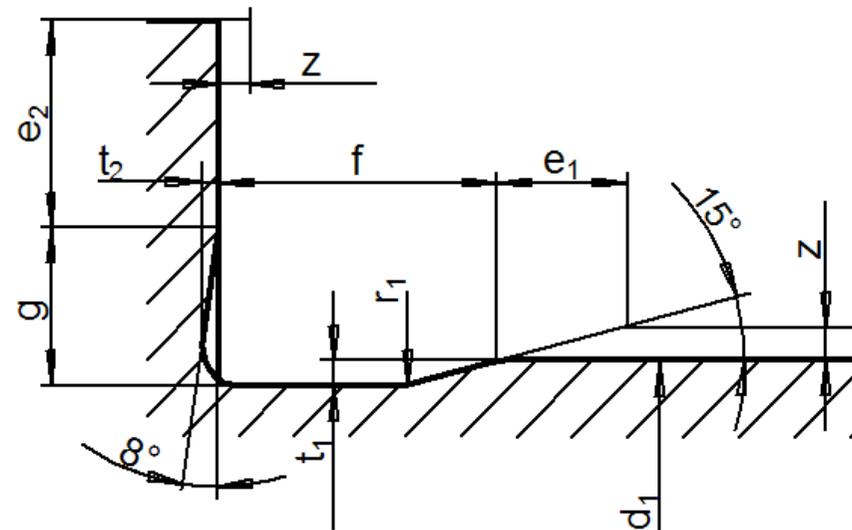
## Form E

für Werkstücke mit einer  
Bearbeitungsfläche

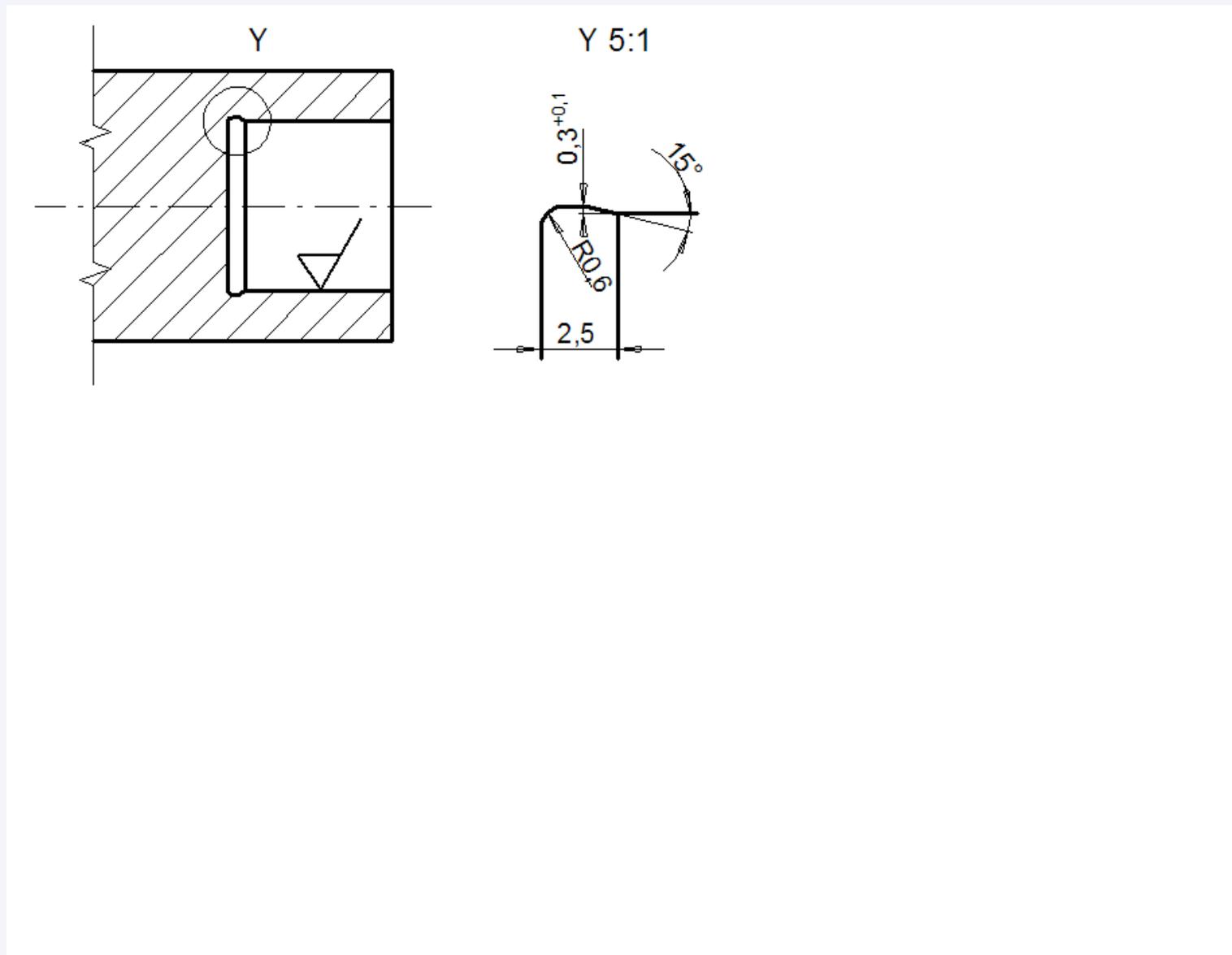


## Form F

für Werkstücke mit zwei rechtwinklig  
zueinander stehenden Bearbeitungsflächen

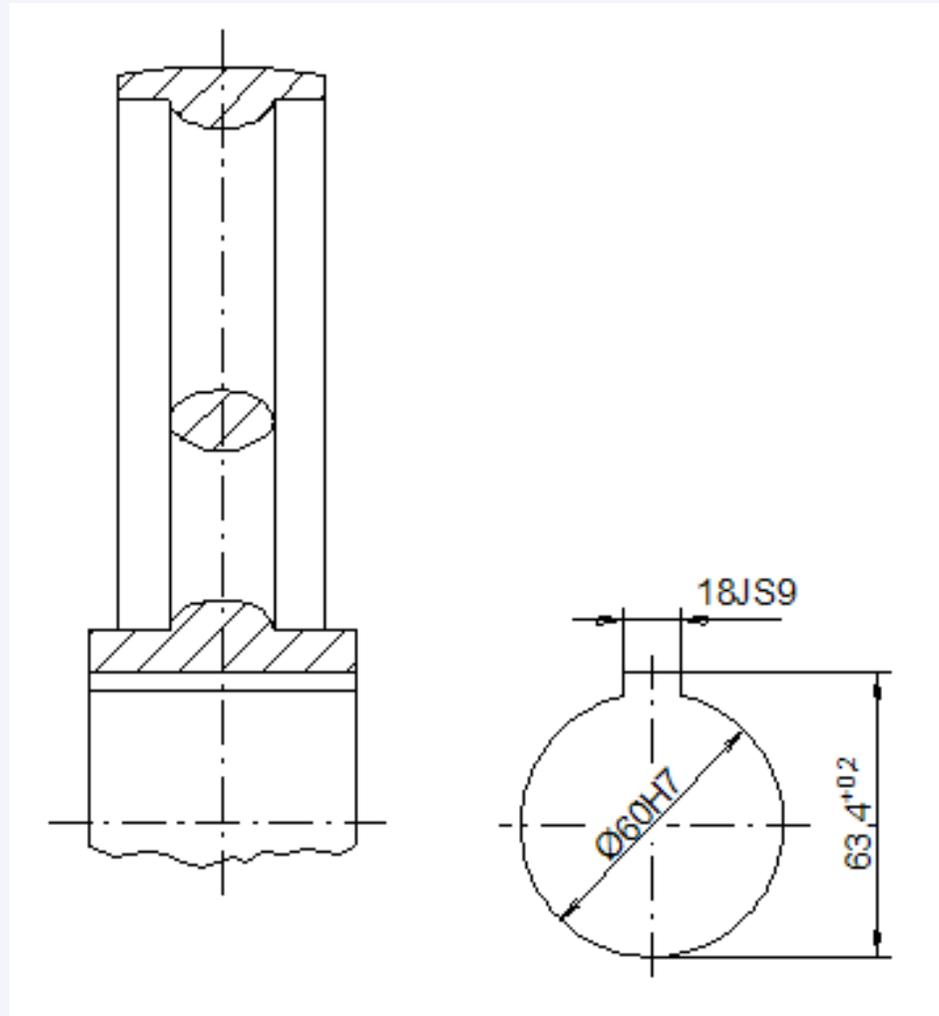


# Zeichnerische Darstellung von Freistichen



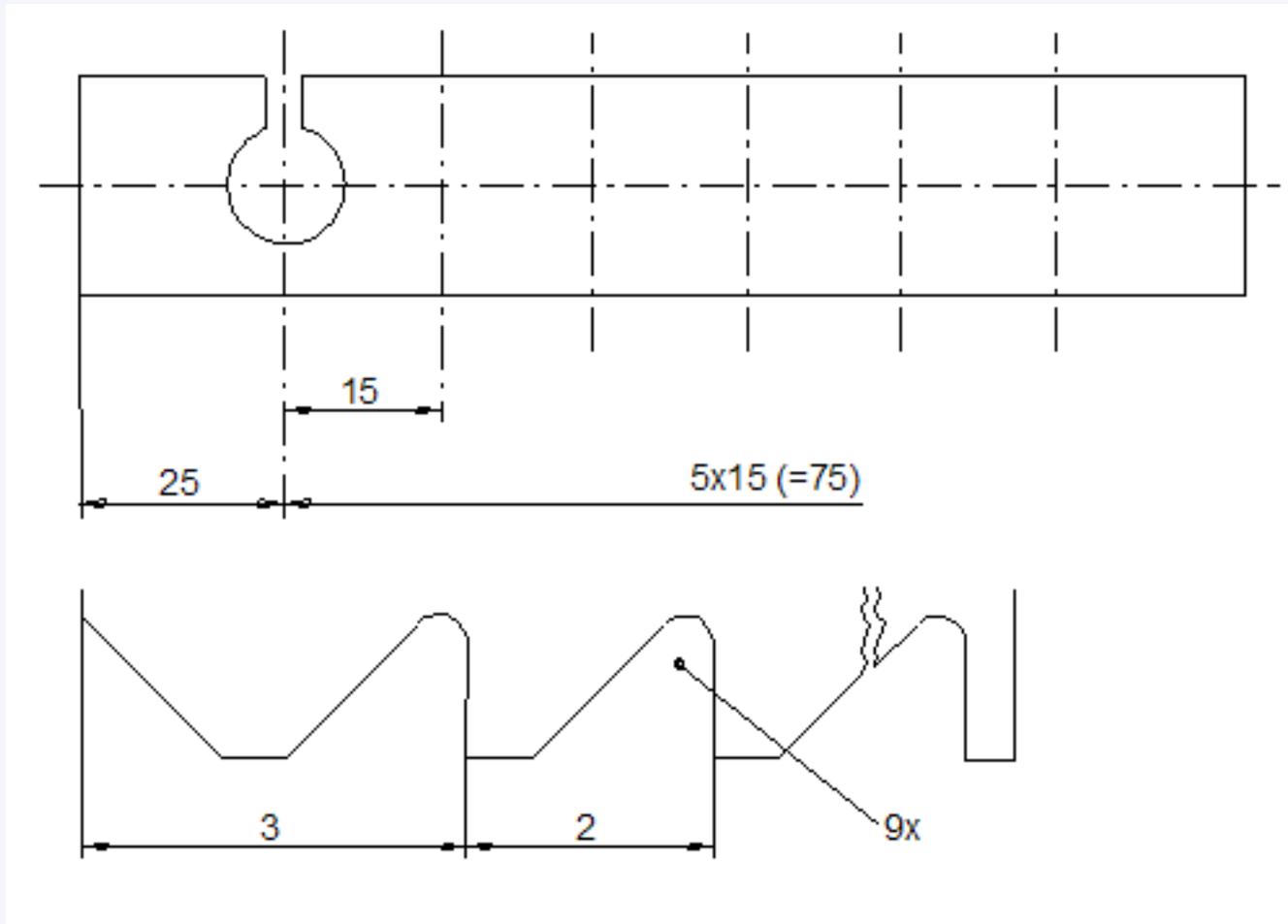
## Vereinfachte Darstellungen in Zeichnungen nach DIN 30

Bohrungen dürfen bei eindeutiger Zuordnung mit Volllinie (breit) als Umriss ohne Schraffur dargestellt werden.



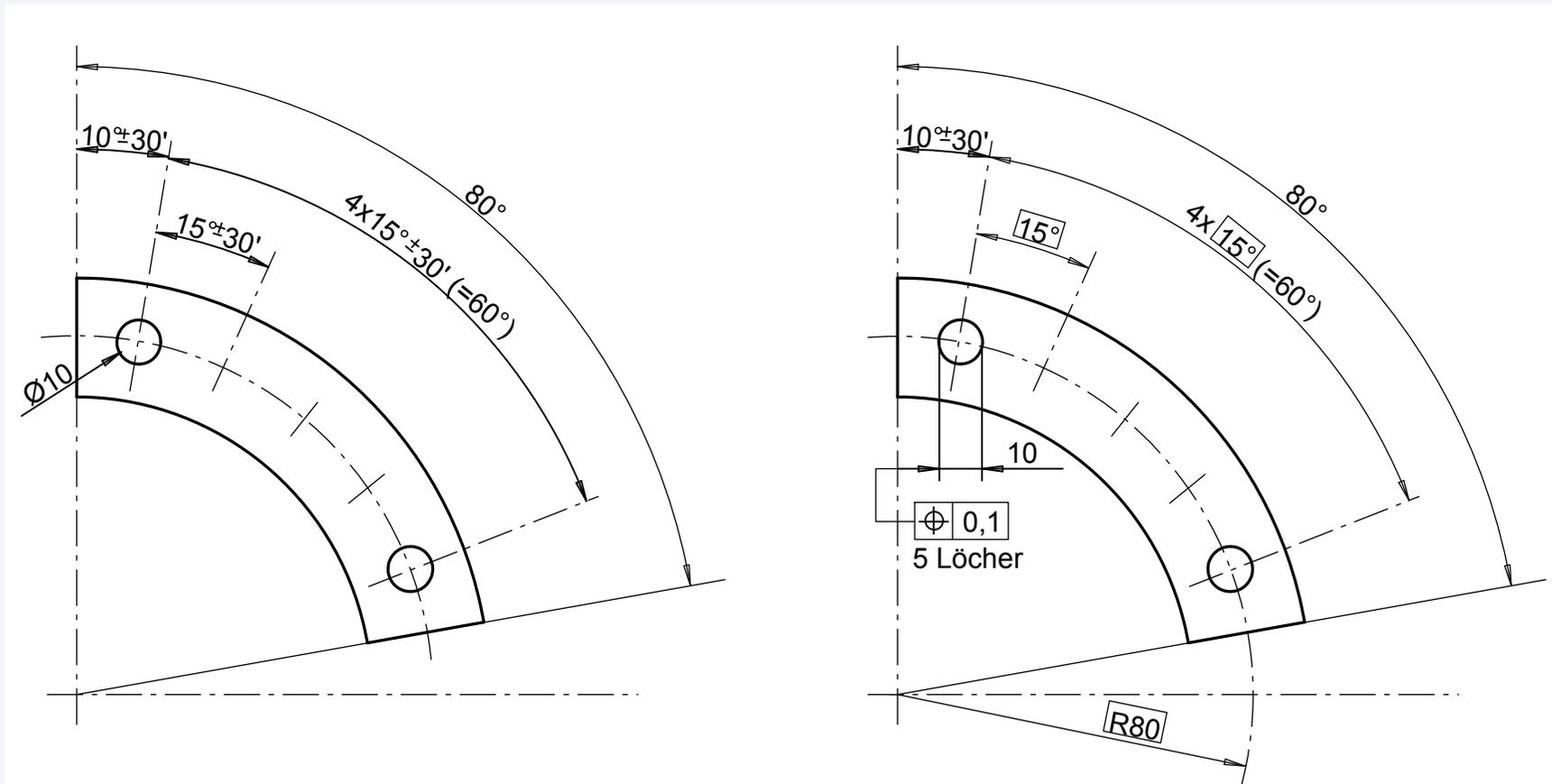
## Vereinfachte Darstellungen in Zeichnungen nach DIN 30

Sich wiederholende Formelemente werden nur einmal dargestellt. Die Wiederholungen werden durch Mittellinien und / oder Eintragen der Anzahl (z. B. 9x) angegeben. Dabei muss das erste Formelement vollständig dargestellt und gegebenenfalls bemaßt werden.



## Vereinfachte Darstellungen in Zeichnungen nach DIN 30

Bei Teilungen mit gleichen Lochdurchmessern (Schlitzen, Nuten, usw.) und längeren Maßketten darf eine vereinfachte Darstellung und Bemaßung erfolgen.

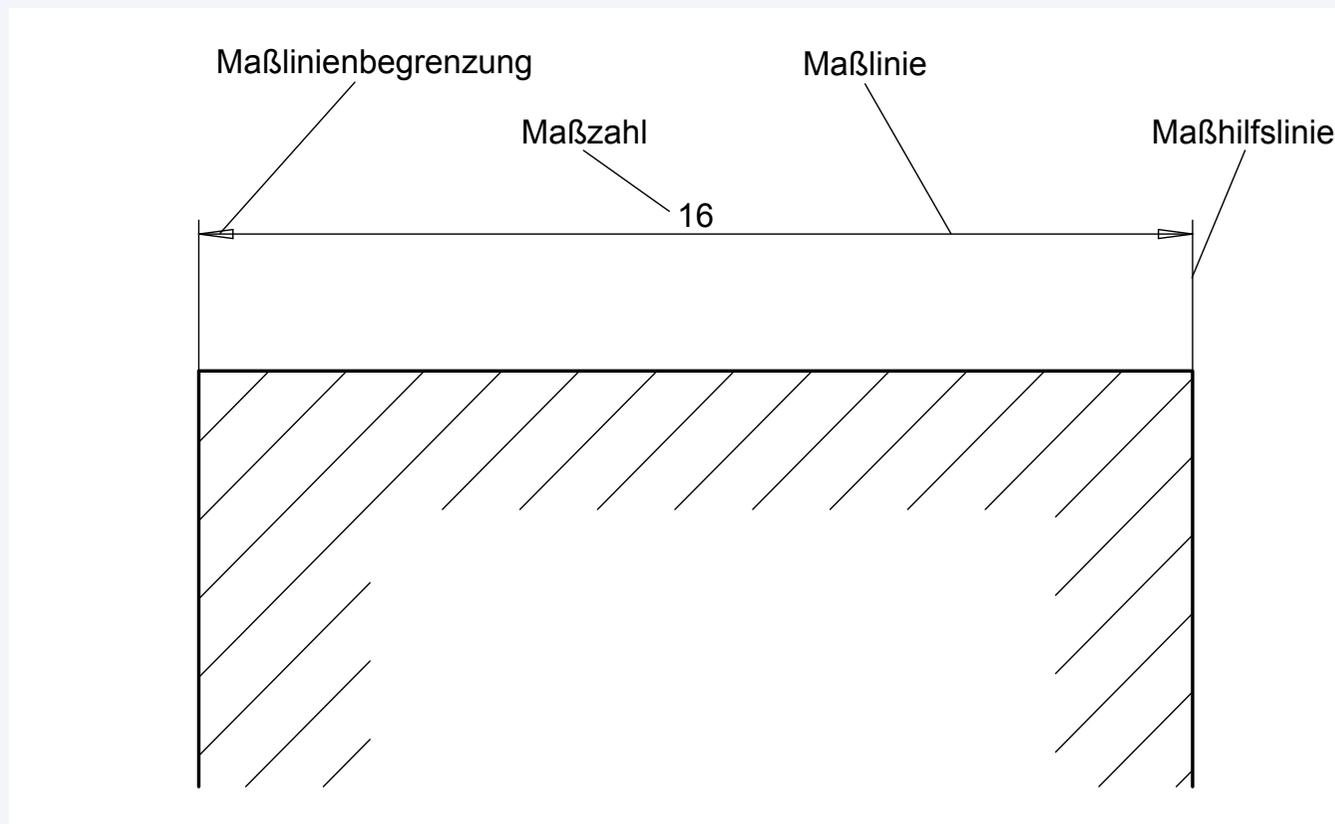


# *5. Bemessung*



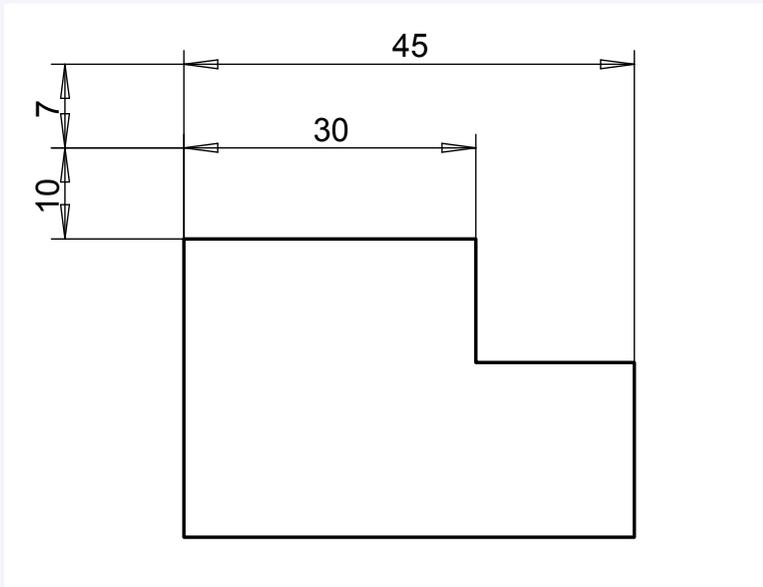
## Bemaßung nach DIN 406

Die Größe des Werkstücks geht aus der Bemaßung hervor. Dazu gehören Maßlinien, Maßhilfslinien, Maßlinienbegrenzungen und Maßzahlen mit oder ohne Zeichen und Zusätze. Die Maßzahlen gelten stets für den Endzustand des dargestellten Teils. Jede Abmessung wird in der Zeichnung nur einmal bemaßt. Es darf aber auch kein Maß fehlen.



# Maßlinien

## Maßlinien (schmale Volllinie)



Abstand von Körperkanten  $\approx 10$  mm

Abstand von Maßlinien min. 7 mm

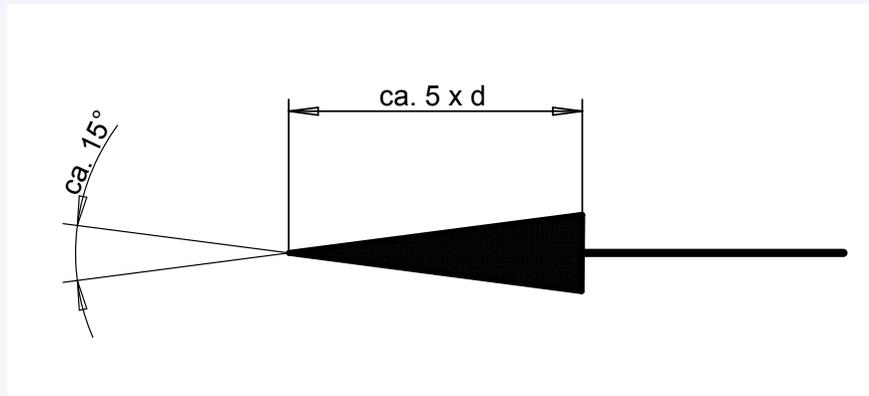
## Maßhilfslinien (schmale Volllinie)

Sie ragen etwa 2 mm über die Maßlinienbegrenzung hinaus und berühren die Körperkanten.

# Maßlinien

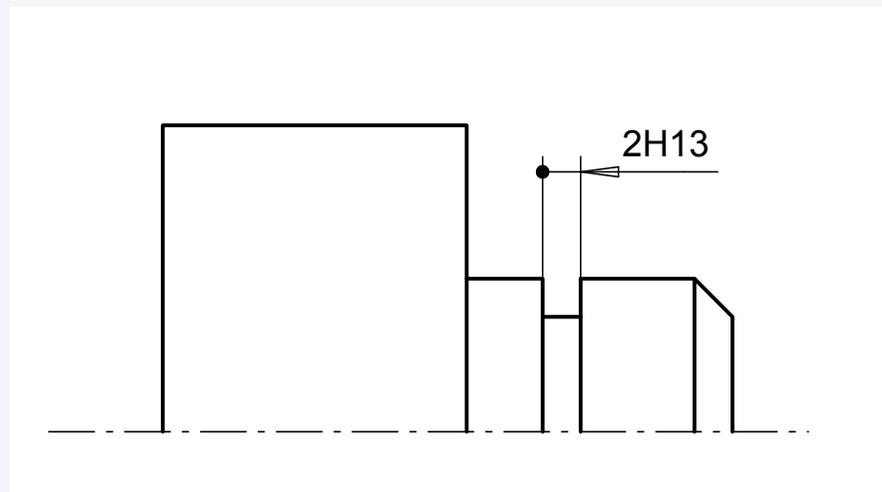
## Maßlinienbegrenzungen (schmale Volllinie)

Im Maschinenbau werden ausgefüllte Maßpfeile verwendet.



$d$  = Linienbreite der  
Körperkante

Eine Kombination aus Maßpfeil und Punkt ist bei Platzmangel zulässig.



# Maßzahlen

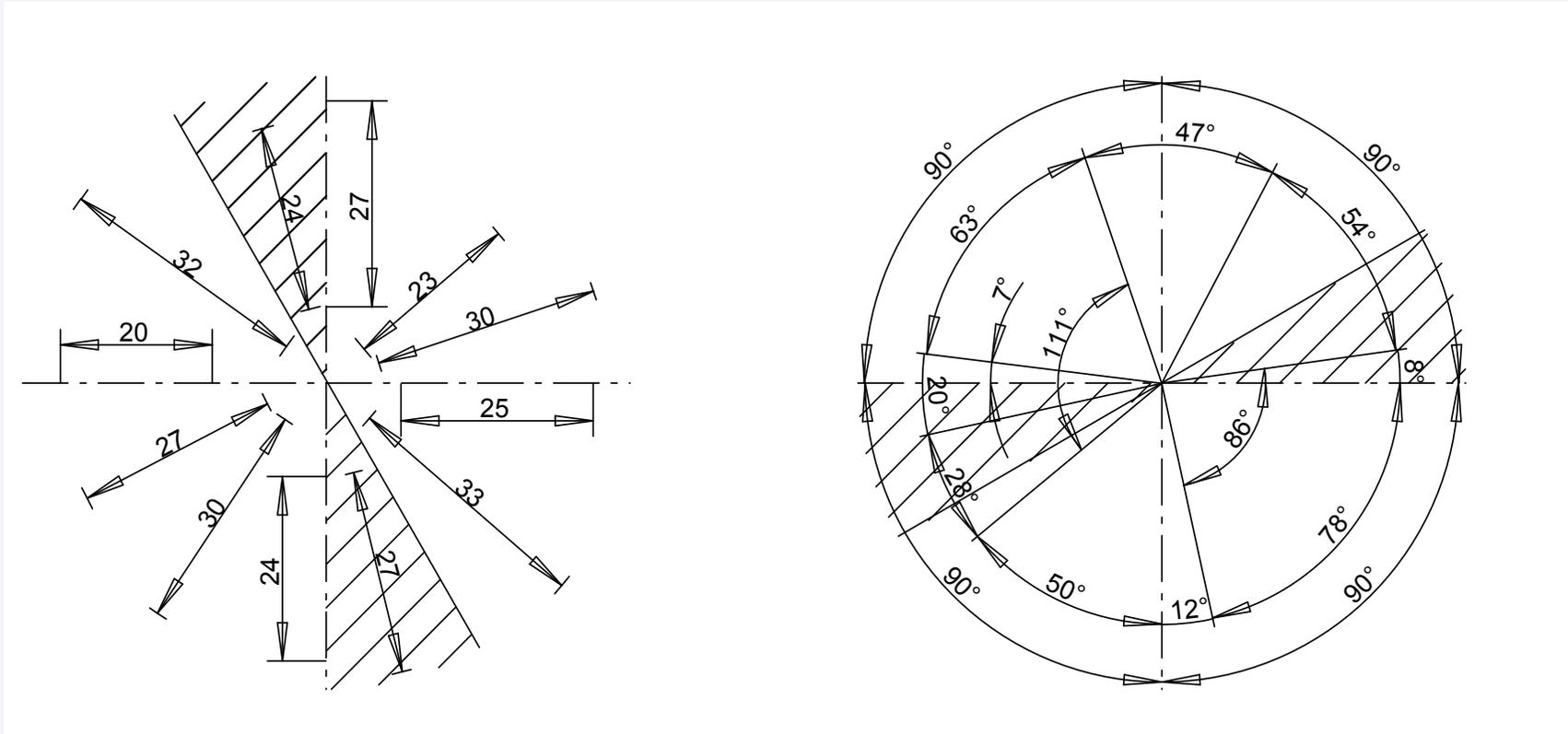
- Werden grundsätzlich in Millimeter ohne Angabe der Maßeinheit angegeben.
- Höhe der Maßzahlen:

Liniengruppe	Höhe der Maßzahlen
0,7	5 mm
0,5	3,5 mm
0,35	2,5 mm

- Nicht maßstäblich gezeichnete Maßzahlen werden unterstrichen. Die Unterstreichung entfällt, wenn der Gegenstand "abgebrochen" dargestellt wird.

# Maßzahlen

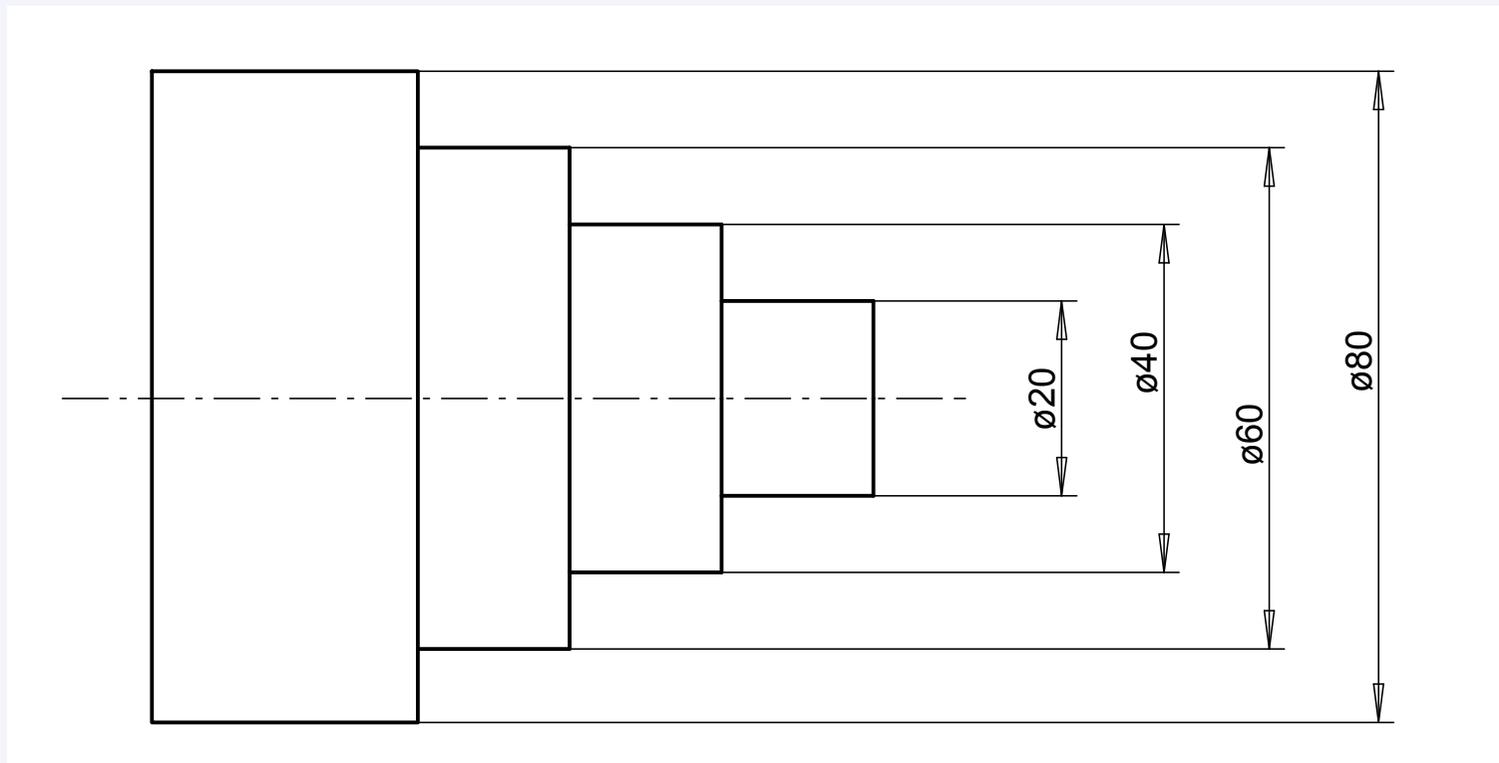
- Maßzahlen müssen in Fertigungslage immer von unten und von rechts lesbar sein.



Die Maßzahlen sollen möglichst **nicht** innerhalb des schraffierten Winkelbereichs von  $30^\circ$  stehen.

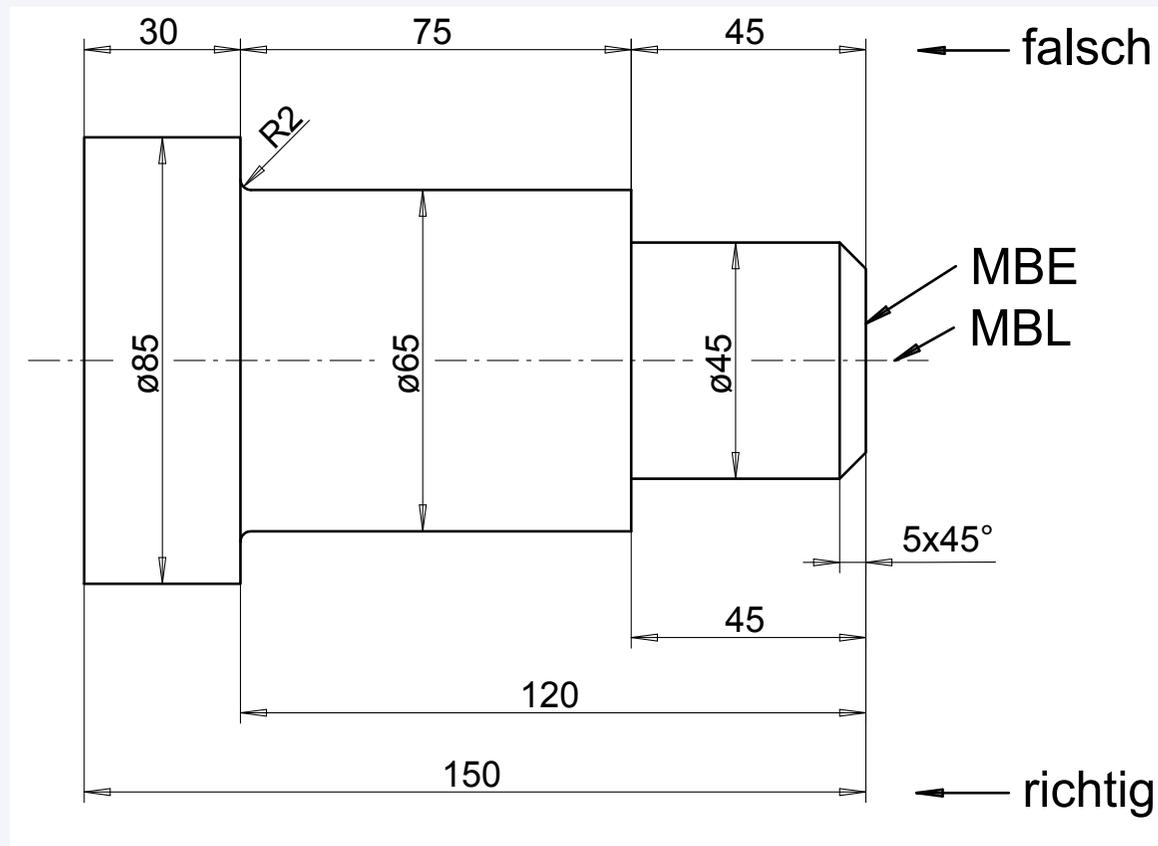
# Maßzahlen

- Maßzahlen sind übersichtlich anzuordnen, d. h. eng übereinander stehende Maßzahlen werden leicht versetzt eingetragen.



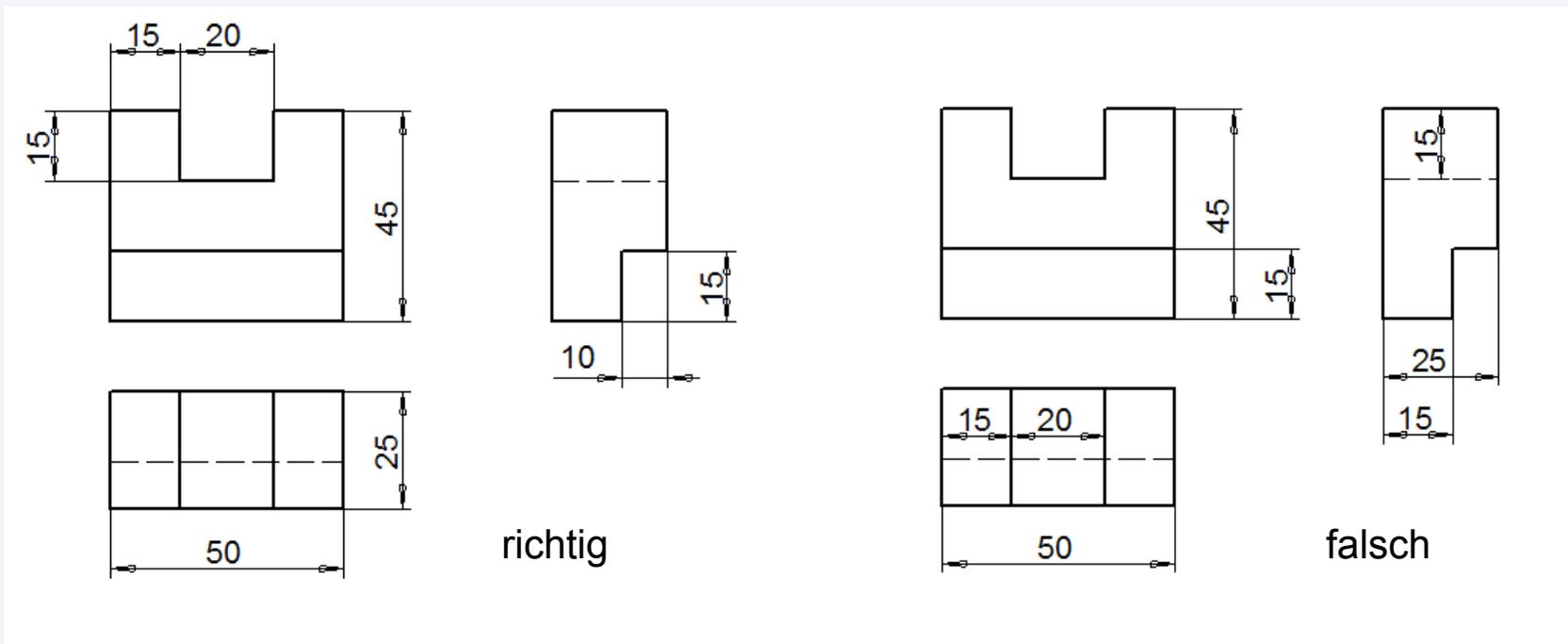
# Maßeintragung

- Die Bemaßung ist von sogenannten Maßbezugsebenen (MBE) bzw. Maßbezugslinien (MBL) aus vorzunehmen. Die Maßbezugsebenen und Maßbezugslinien sind auf Grund der Funktion bzw. der Fertigung festgelegt. Sie werden zuerst gefertigt.
- Kettenmaße sind zu vermeiden (s. nachfolgende Skizze; Maßangaben 30, 75, 45).



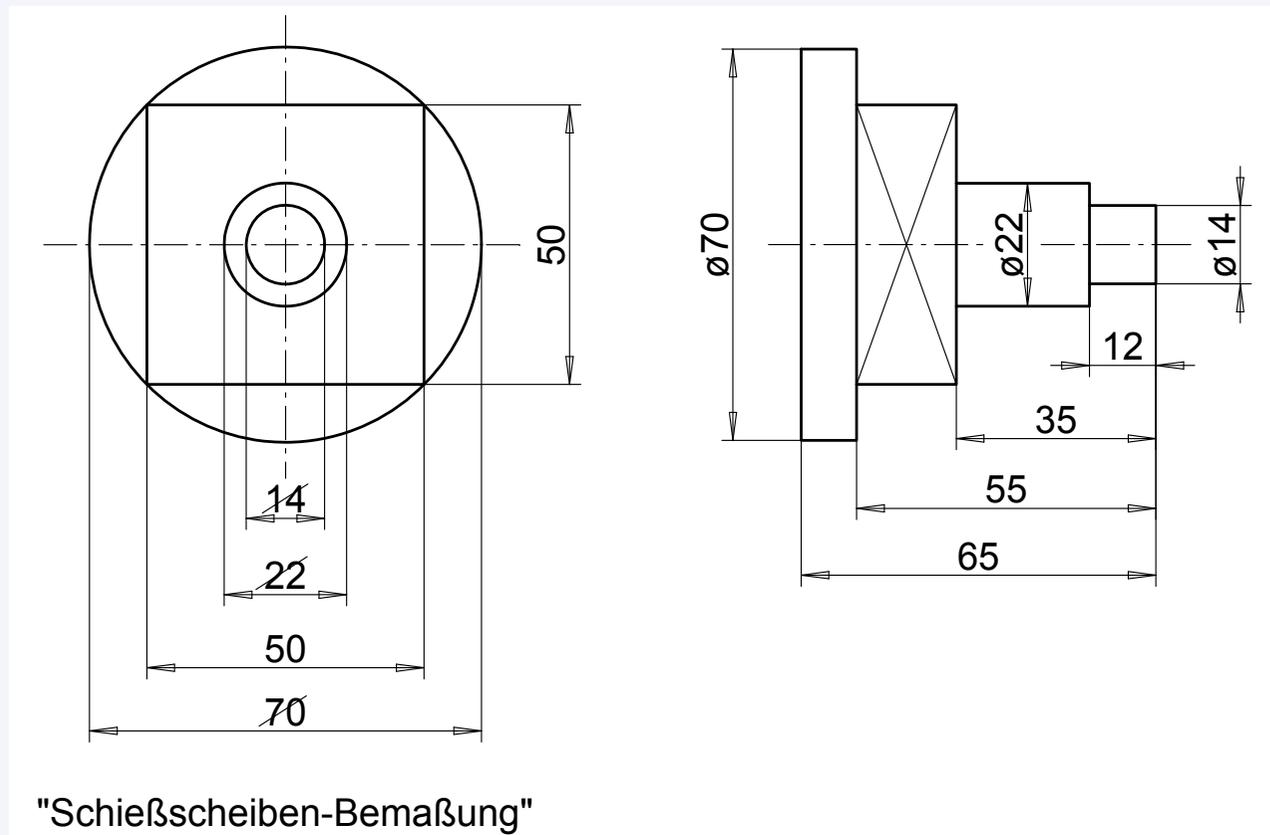
# Maßeintragung

- Maßlinien und Maßhilfslinien **sollten** sich nicht miteinander oder untereinander schneiden. Dies lässt sich aber nicht immer vermeiden.
- Es darf **nicht** an **verdeckten Kanten** bemaßt werden.
- Die Bemaßung soll möglichst **außerhalb** des Werkstückes angeordnet sein.



# Maßeintragung

- Gesamtbreite und -länge des Werkstückes muss immer direkt entnehmbar sein.
- "Schießscheiben-Bemaßung" ist wegen der Unübersichtlichkeit zu vermeiden. Außerdem sollte das Durchmessermaß und das Tiefenmaß in **einer** Ansicht eingetragen sein, da sie zusammen gehören.



# Bemaßungsarten

Die Bemaßung in technischen Zeichnungen wird auf vier Arten durchgeführt.

1. Funktionsbezogene Bemaßung
2. Fertigungsbezogene Bemaßung
3. Prüfbezogene Bemaßung
4. Kostenoptimale Bemaßung

Diese vier Arten sind entsprechend ihrer Prioritäten angeordnet. Die Funktionsbemaßung ist die wichtigste und wird vorrangig eingetragen. Alle Maße die keiner besonderen Funktion unterliegen werden dann fertigungsgerecht bemaßt, usw.

# Bedeutung

## 1. Funktionsbezogen:

Das Einzelteil muss so bemaßt sein, dass es die gewünschte Funktion in der Maschine oder in dem Gerät richtig erfüllen kann.

## 2. Fertigungsbezogen:

Das Einzelteil muss so bemaßt sein, dass es das Fertigungsverfahren insbesondere die Reihenfolge der Arbeitsgänge berücksichtigt. Die Maßangaben sollen ohne weitere Berechnung verwendbar sein.

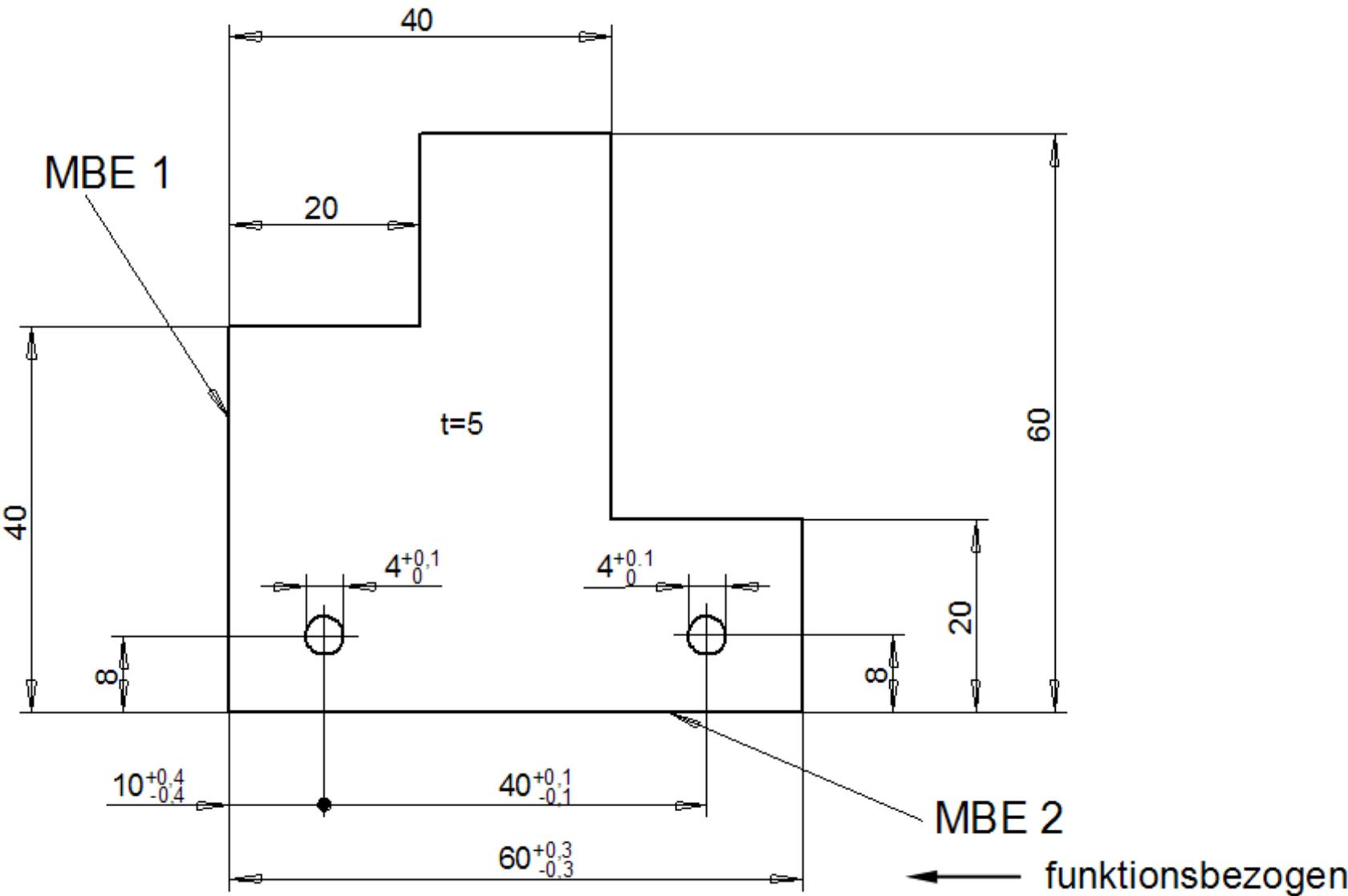
## 3. Prüfbezogen:

Das Einzelteil muss bei der Fertigung und später bei der Prüfung (Revision) gemessen werden können.

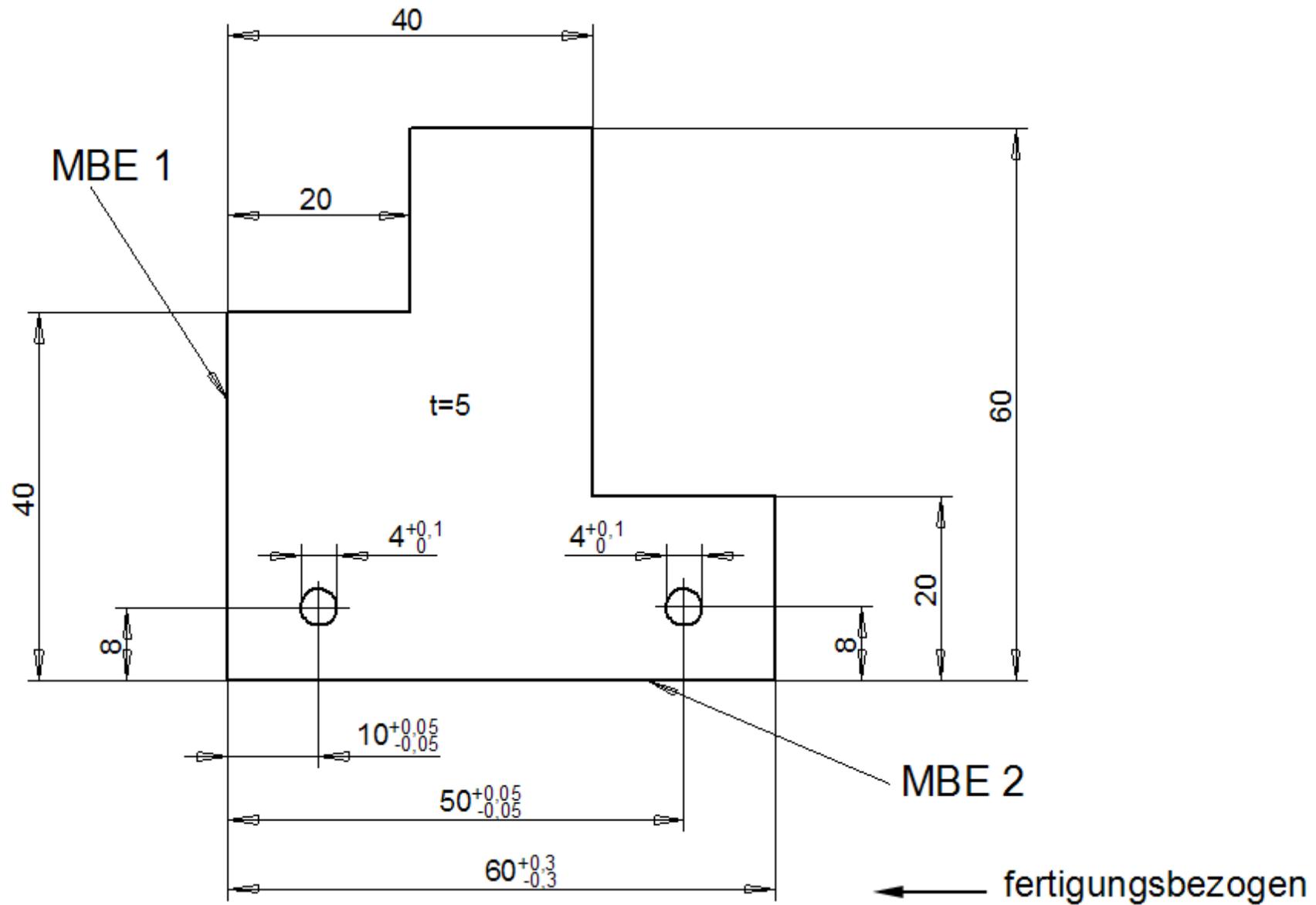
## 4. Kostenbezogen (eigentlich in 1-3 enthalten):

Die Wirtschaftlichkeit, insbesondere die der Fertigung, muss gewährleistet sein.

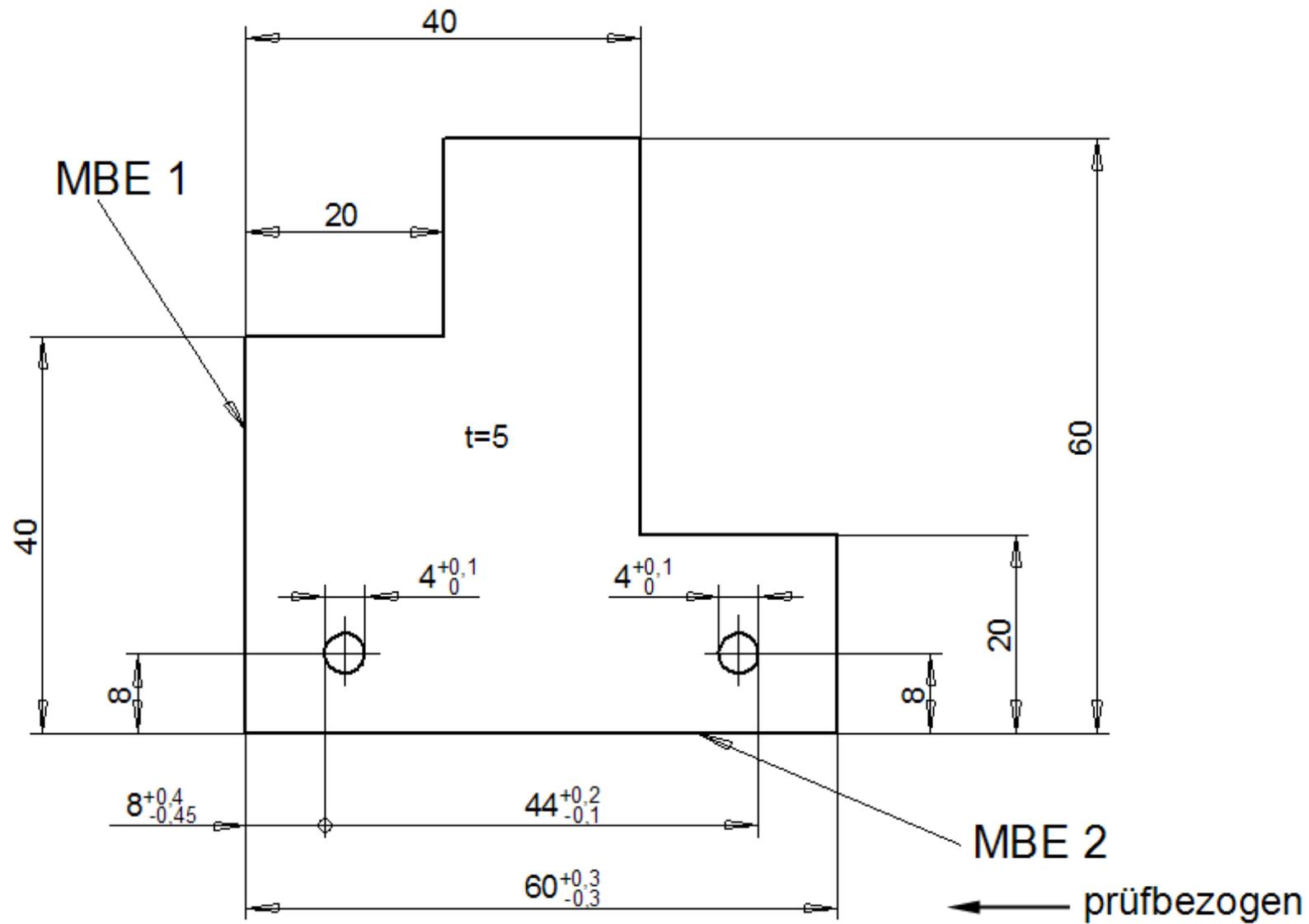
# Funktionsbezogene Bemaßung



# Fertigungsbezogene Bemaßung



# Prüfbezogene Bemaßung

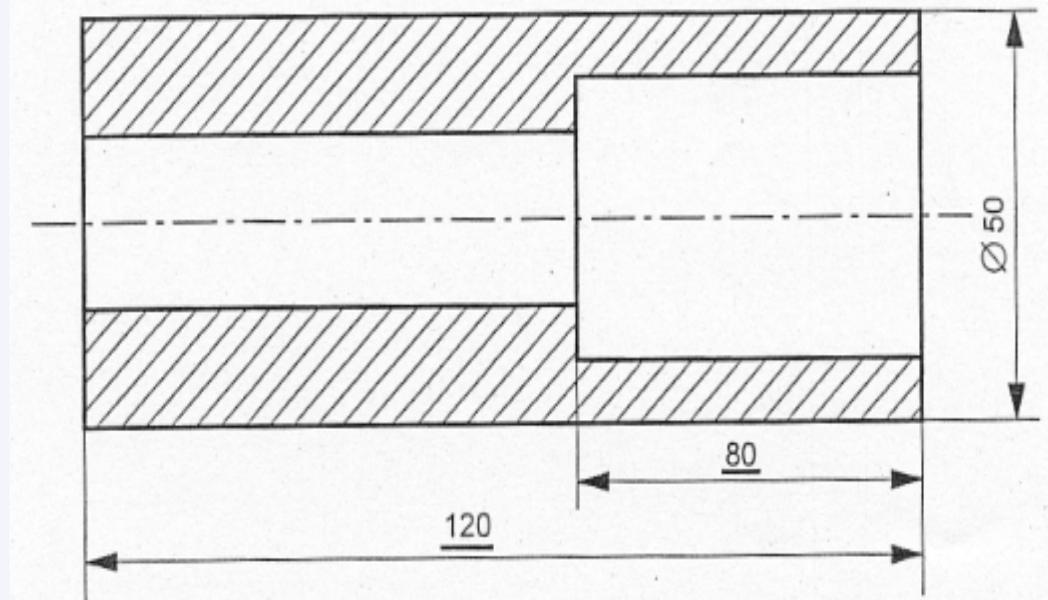


# Bemaßung nach DIN 406

## 1. Maßstab

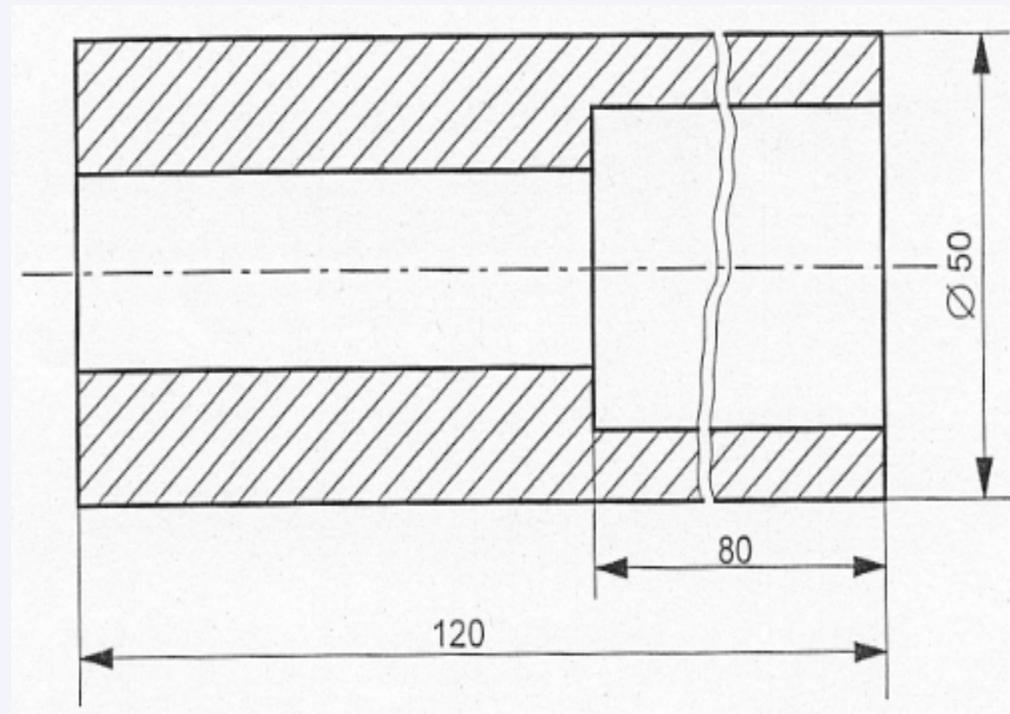
Die Maßstäbe für die Darstellung von Gegenständen werden entsprechend DIN ISO 5455 angegeben. In nicht maßstäblichen Darstellungen wird im Schriftfeld anstelle der Maßangabe ein waagerechter Strich gesetzt.

In Zeichnungen mit Maßangaben müssen die Maße für das nicht maßstäblich Gezeichnete unterstrichen werden.



## Bemaßung nach DIN 406

Dies gilt nicht bei unter- oder abgebrochen dargestellten Gegenständen sowie nicht maßstäblich gezeichneten Maßlinien für Radien.



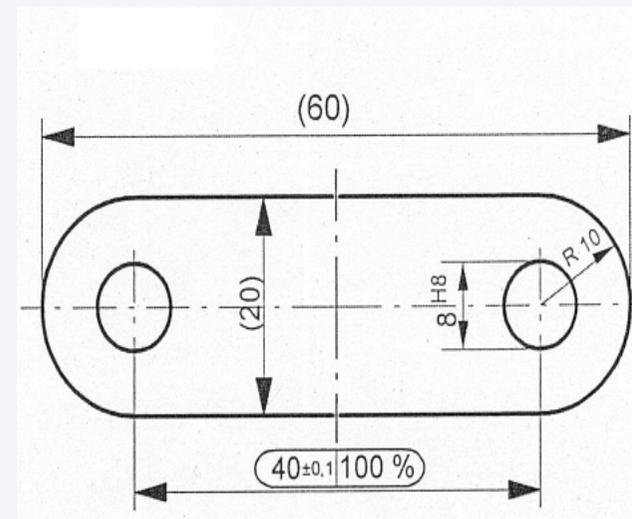
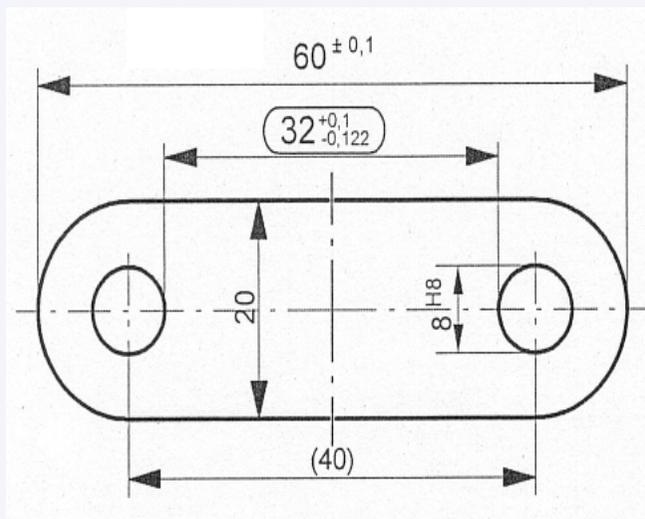
# Bemaßung nach DIN 406

## 2. Maßkennzeichnung

### 2.1 Prüfmaße

Maße, die bei Festlegung des Prüfumfanges besonders beachtet werden sollen, z. B. um die Funktion des Gegenstandes sicherzustellen, können durch einen Rahmen  gekennzeichnet werden.

Gegebenenfalls ist in der Zeichnung in der Nähe des Schriftfeldes die Bedeutung und der Prüfumfang, z. B. „100%“ oder „Test ...“ zu erklären.



# Bemaßung nach DIN 406

## 2.2 Theoretische Maße

Theoretische Maße nach DIN 7184 Teil 1 sind Maße, die zur Angabe der geometrischen Idealen (theoretisch genauen) Lage der Toleranzzone erforderlich sind. Sie werden durch einen rechteckigen Rahmen  gekennzeichnet.

## 2.3 Hilfsmaße

Maße, die für die geometrische Bestimmung eines Gegenstandes nicht erforderlich sind, werden als Hilfsmaße durch runde Klammern ( ) gekennzeichnet (DIN 406 Teil 1).

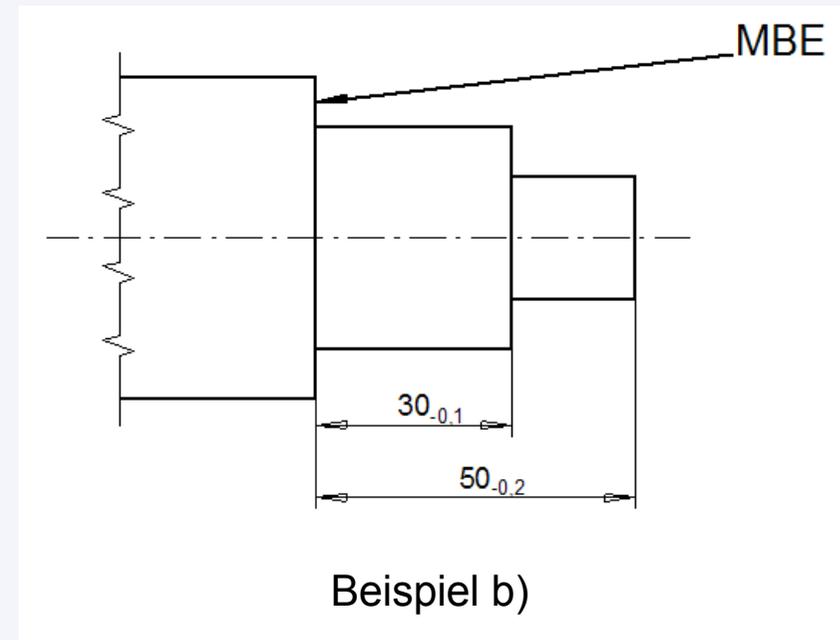
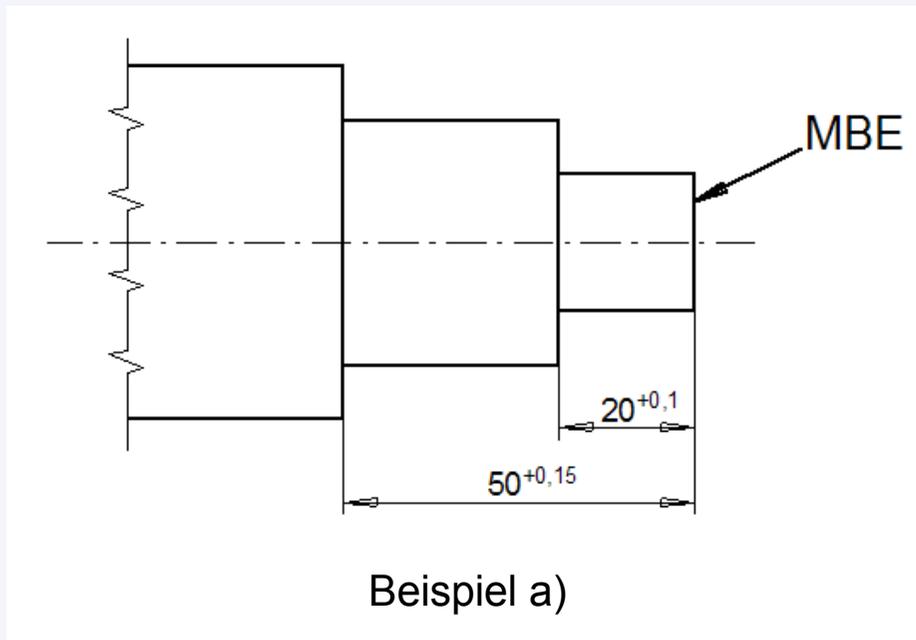
## 2.4 Rohmaße

In Fertigungszeichnungen von Teilen, für die keine Rohteilzeichnung erstellt wird, können Rohmaße durch eckige Klammern [ ] gekennzeichnet werden (z. B. Maße mit Schrumpfungszugaben oder Rohgußmaße).

Gegebenenfalls ist in der Zeichnung über dem Schriftfeld die Bedeutung zu erklären.

## Abmaße bezogen auf die Maßbezugsebene

- Die Vorzeichen (+ oder -) der Abmaße sind abhängig von der zuerst fertigzustellenden Bezugsebene.
- Die Bezugsebene ist entsprechend der Funktion zu wählen.

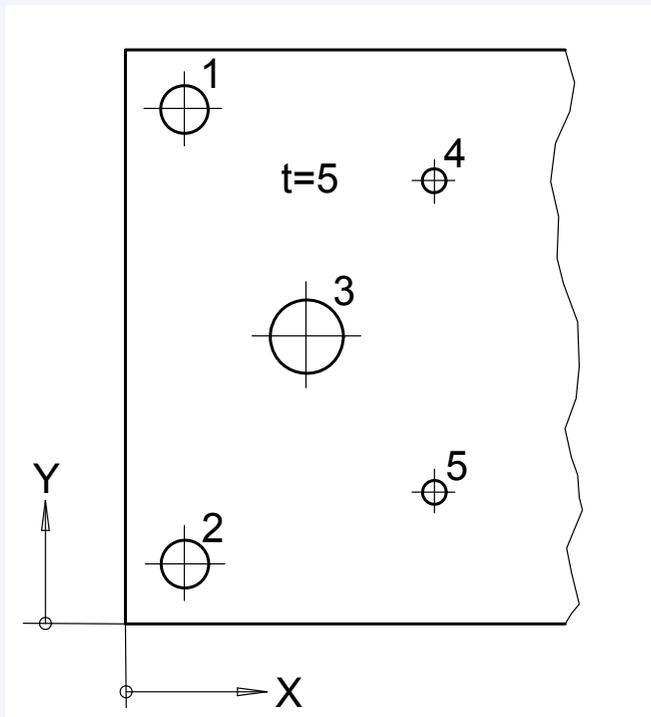


# Koordinatenbemaßung

## Kartesische Koordinaten:

Kartesische Koordinaten werden durch Längenmaße ausgehend vom Ursprung in zwei senkrecht zueinander verlaufenden Richtungen angegeben. Für die Eintragung der Koordinatenwerte bestehen zwei Möglichkeiten:

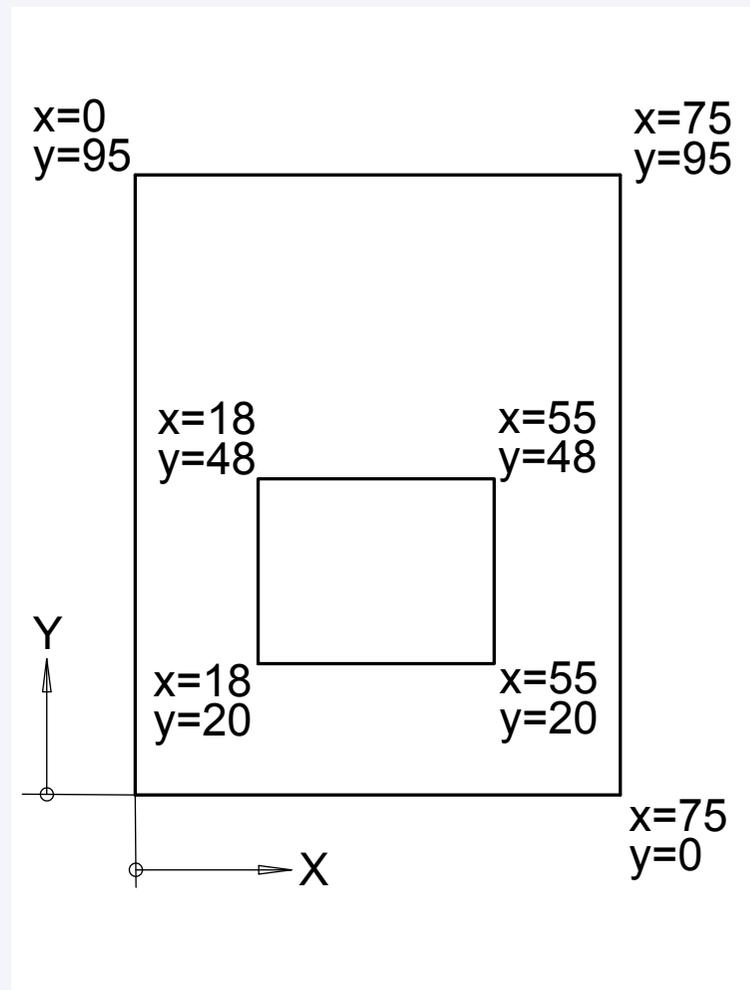
- Angabe von Positionsnummern und Koordinatentabellen bezogen auf einen Koordinatenursprung



Pos	x	y	d
1	10	80	ø10
2	10	10	ø8
3	30	45	ø12
4	50	65	ø5
5	50	25	ø6

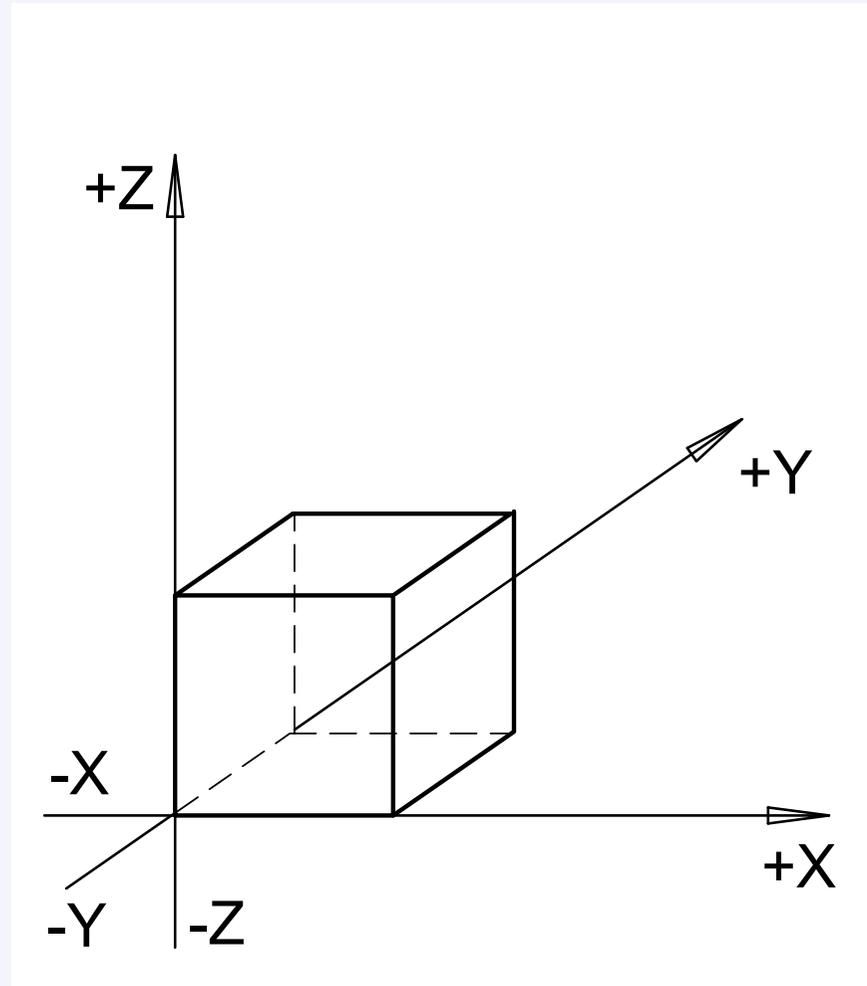
# Koordinatenbemaßung

- direkte Angabe von Koordinaten bezogen auf einen Koordinatenursprung



## Richtung der Koordinatenachse

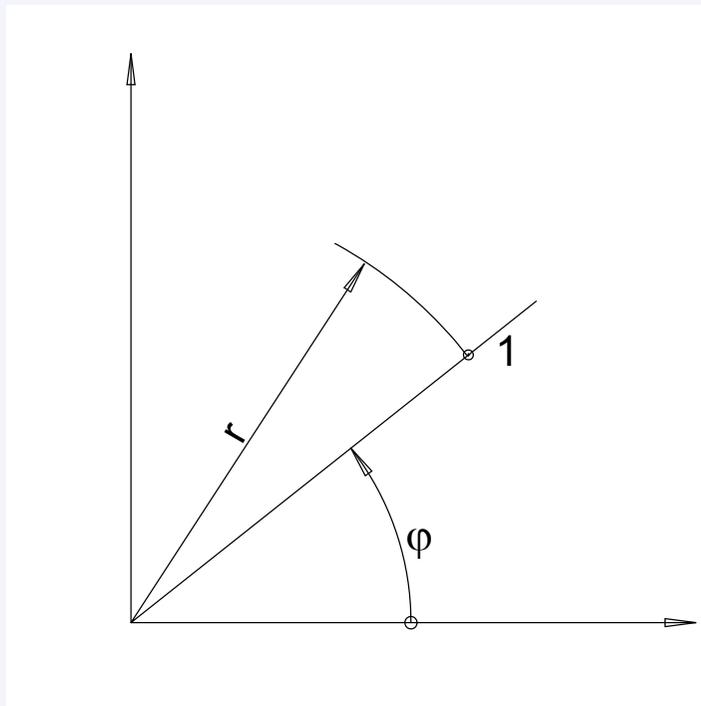
Die Festlegung der positiven und negativen Richtung der Koordinatenachsen zeigt die folgende Zeichnung:



# Koordinatenbemaßung

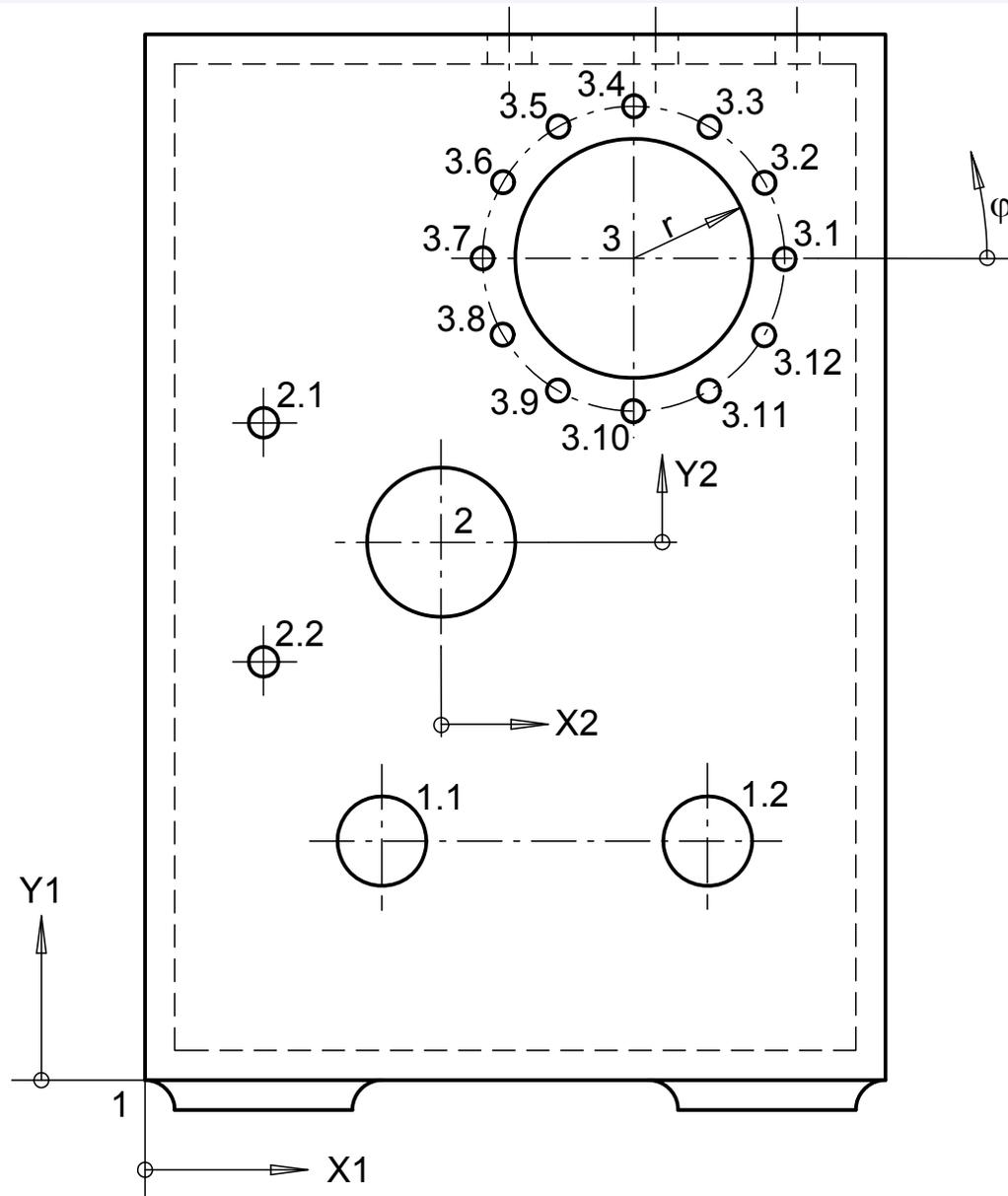
## Polarkoordinaten:

Polarkoordinaten werden ausgehend vom Ursprung durch einen Radius und einen Winkel festgelegt und werden von der Polarachse ausgehend entgegen dem Uhrzeigersinn positiv angegeben und in Tabellen eingetragen.



Pos	r	$\varphi$
1	50	$45^\circ$

# Koordinaten – Hauptsystem mit Nebensystem



Das folgende Beispiel zeigt ein Koordinaten-Hauptsystem mit zwei Nebensystemen.

Die entsprechenden Maße werden in Tabellen eingetragen.

Die Ursprünge der Koordinatensysteme und die einzelnen Positionen erhalten fortlaufende Ziffern. Als Trennzeichen wird der Punkt angewendet.

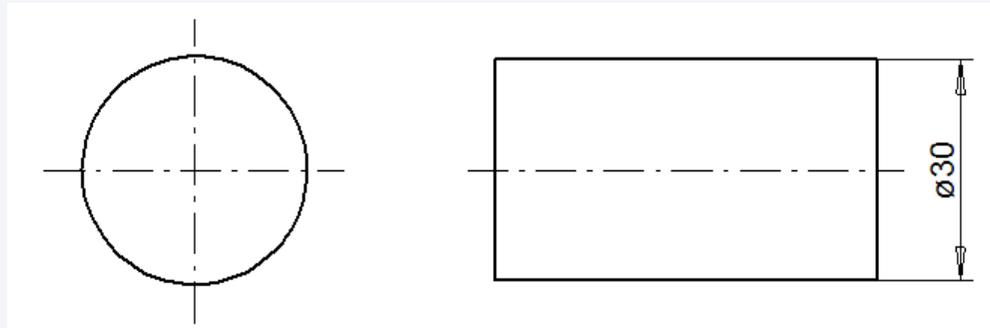
# Koordinaten – Tabelle

Koordinaten- ursprung	Koordinatentabelle (Maße in mm)						
	Koordinaten						
	Pos.	x	y		r	$\varphi$	d
1	1	0	0				
1	1.1	320	320				Ø120H7
1	1.2	760	320				Ø120H7
1	2	400	720				Ø200H7
1	3	660	1100				Ø320H8
2	2.1	-240	160				Ø40H9
2	2.2	-240	-160				Ø40H9
3	3.1				400	0°	Ø30
3	3.2				400	30°	Ø30
3	3.3				400	60°	Ø30
3	3.4				400	90°	Ø30
3	3.5				400	120°	Ø30
3	3.6				400	150°	Ø30
3	3.7				400	180°	Ø30
3	3.8				400	210°	Ø30
3	3.9				400	240°	Ø30
3	3.10				400	270°	Ø30
3	3.11				400	300°	Ø30
3	3.12				400	330°	Ø30

# Bemaßung Durchmesser / Quadrat

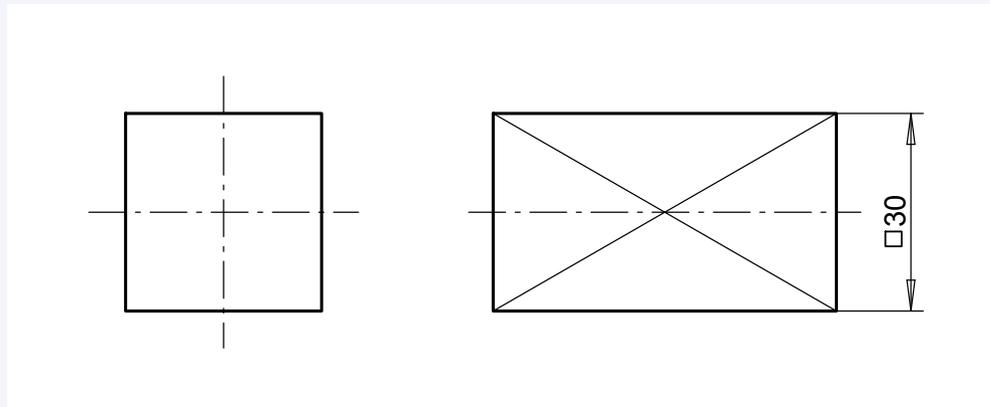
## Durchmesserzeichen

Bei der Bemaßung von runden Teilen und / oder Bohrungen **muss** vor der Maßzahl ein  $\emptyset$ -Zeichen stehen.



## Quadratzeichen

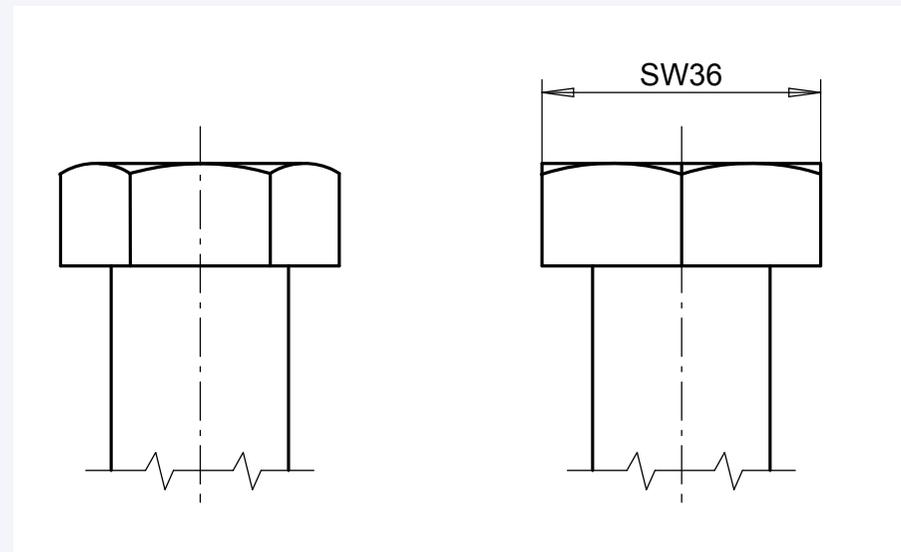
Für das  $\square$ -Zeichen gilt das gleiche.



# Bemäßung Schlüsselweite

## Schlüsselweite

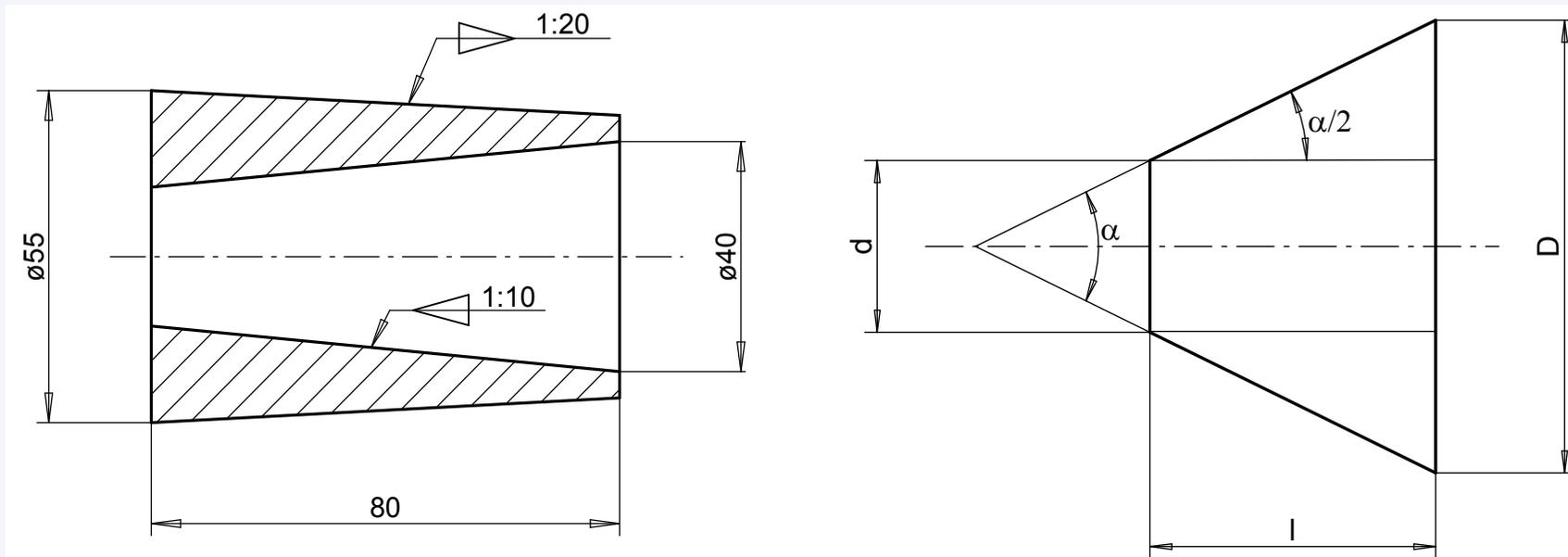
Bei sechseckigen Formen, die mit einem Maulschlüssel angezogen werden sollen, muss SW (Schlüsselweite) vor die Maßzahl geschrieben werden.



# Bemaßung Kegel

## Kegel nach DIN 254

### Maßeintragung Doppelkegel

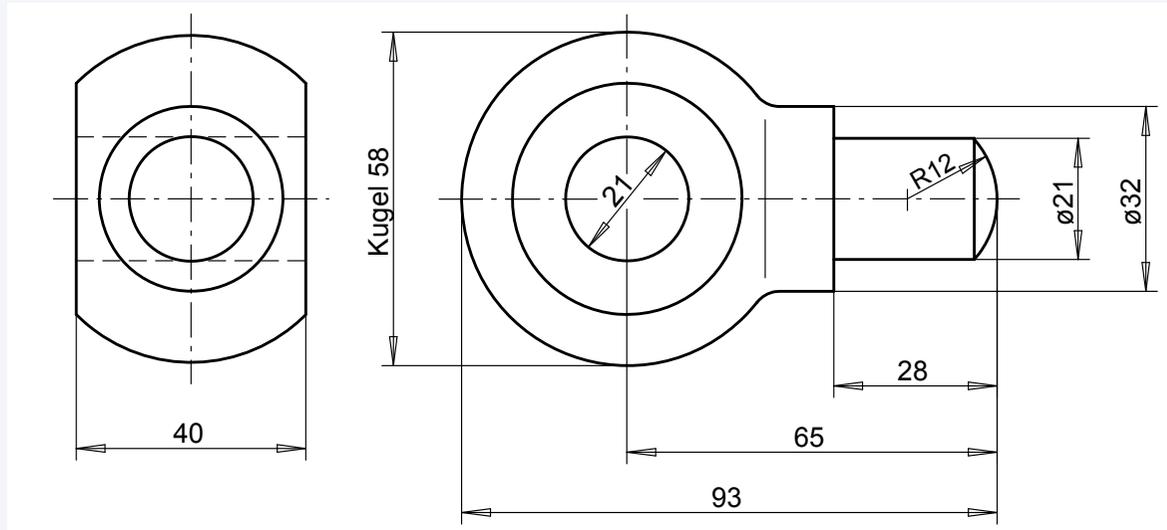


$$\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{D-d}{2l}$$

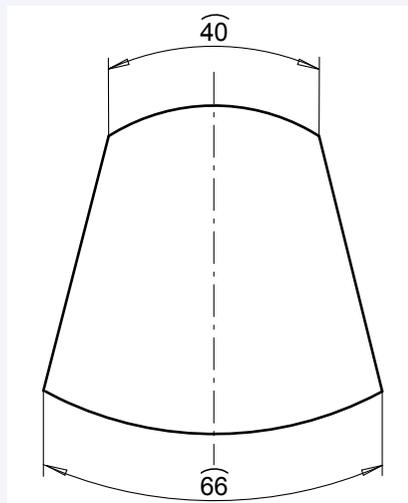
$$C = \frac{1}{x} = 2 \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right) = 2 \frac{D-d}{2l}$$

# Bemaßung Kugel / Bogenlänge / Nuten

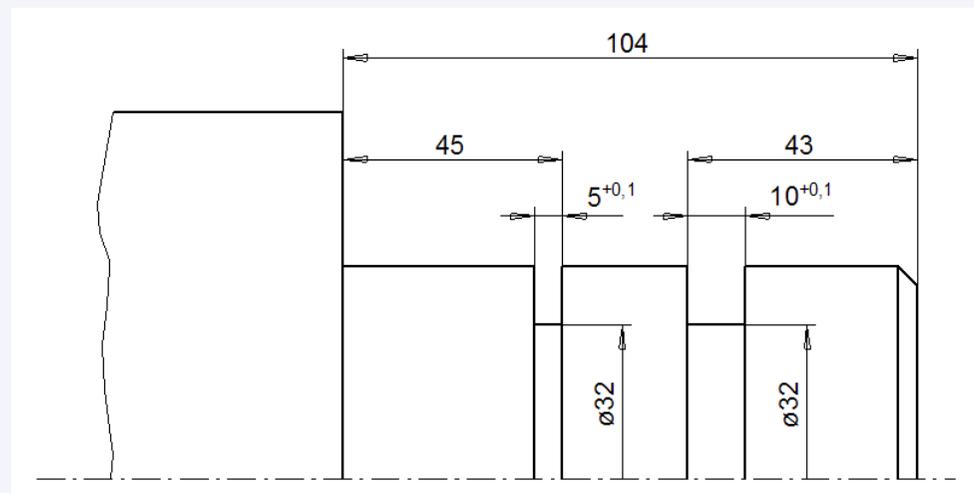
## Kugelbemaßung und Linsenkuppe



## Bogenlänge

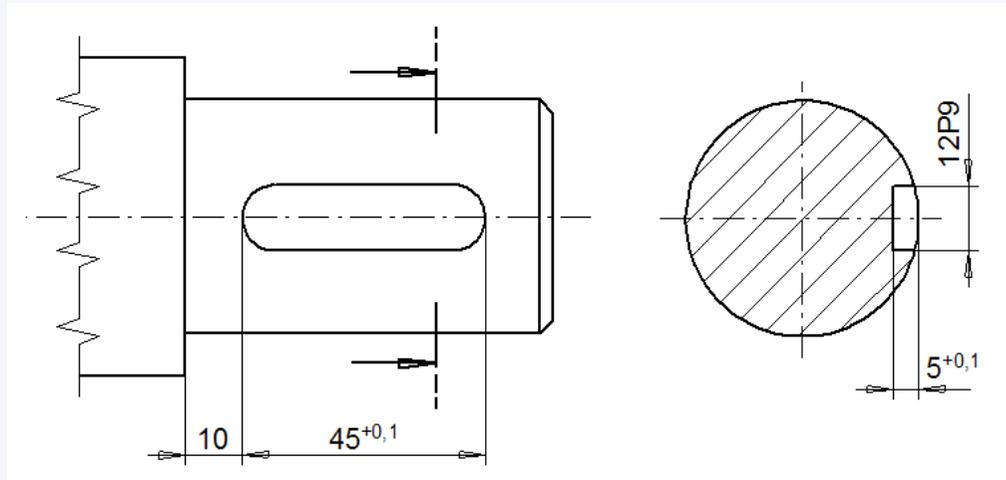


## Nuten

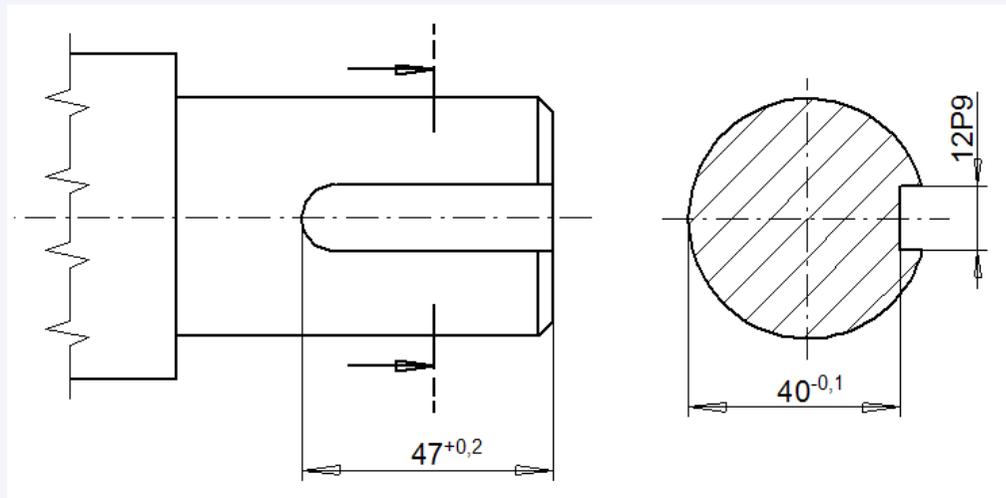


# Bemaßung Paßfedernut

## Paßfedernut nach DIN 6885 - Form 1

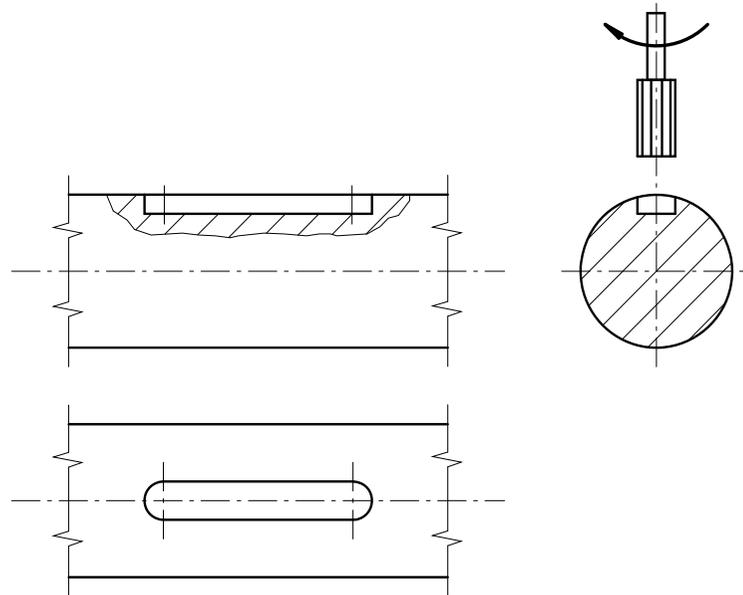


## Paßfedernut nach DIN 6885 - Form 2

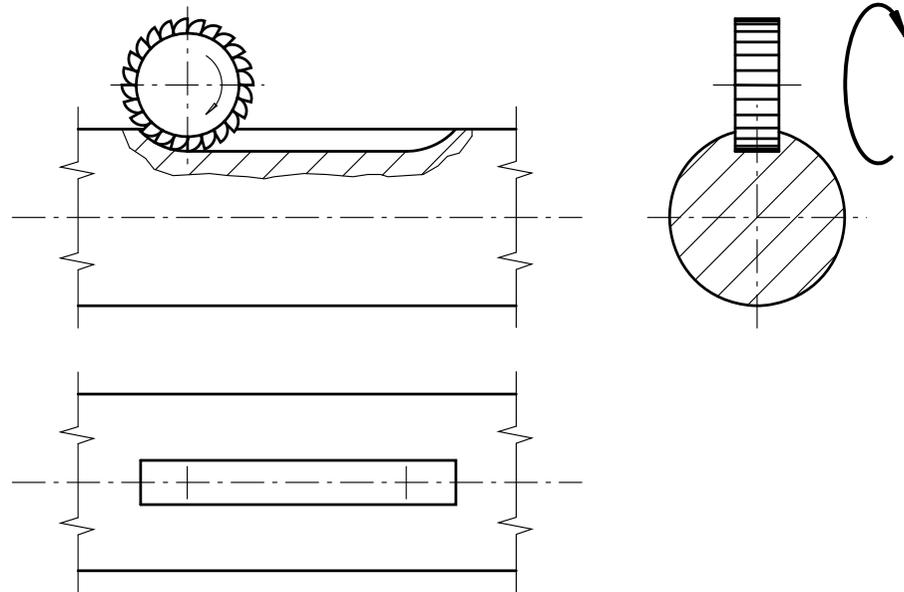


# Paßfedernut

## Herstellung mit einem "Fingerfräser"



## Herstellung mit einem "Scheibenfräser"



# *6. Toleranzen und Passungen*

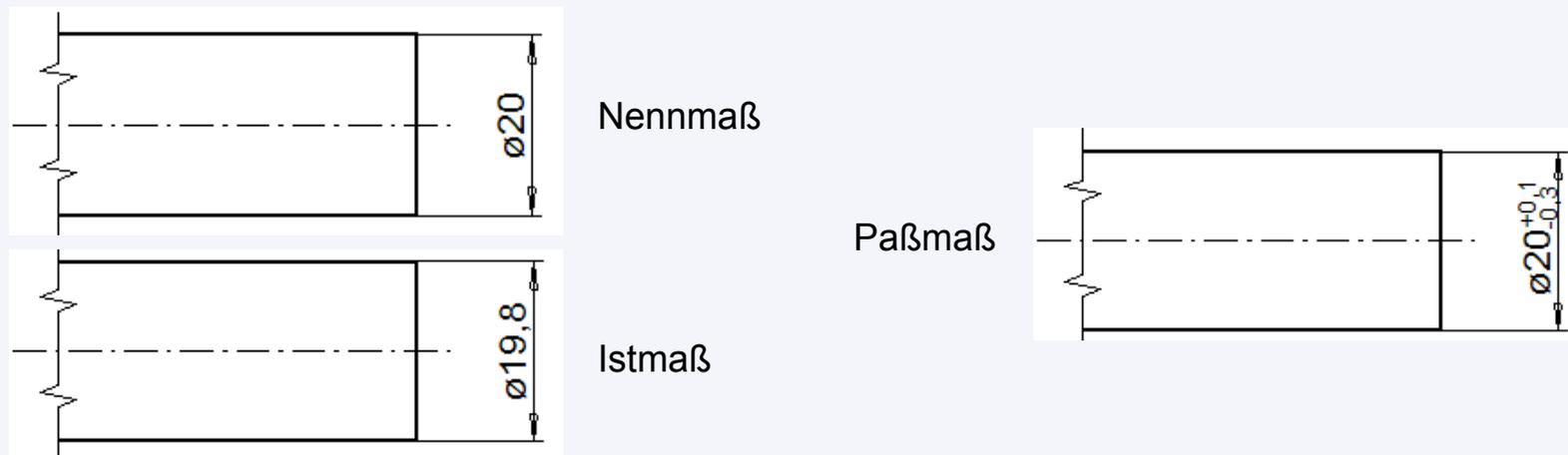


## Fertigungsgerechte Tolerierung und Bemaßung – Freimaßtoleranz

Bei der Herstellung eines Werkstückes ist es nicht möglich, das in der technischen Zeichnung vorgeschriebene Maß ohne Abweichung einzuhalten. Das vorhandene Fertigungsmaß (*Istmaß*) fällt immer etwas größer oder kleiner aus als das Zeichnungsmaß (*Nennmaß*).

Daher muss von vornherein eine Toleranz festgelegt werden, so dass das Istmaß zwischen einem Größtmaß und einem Kleinstmaß liegen kann.

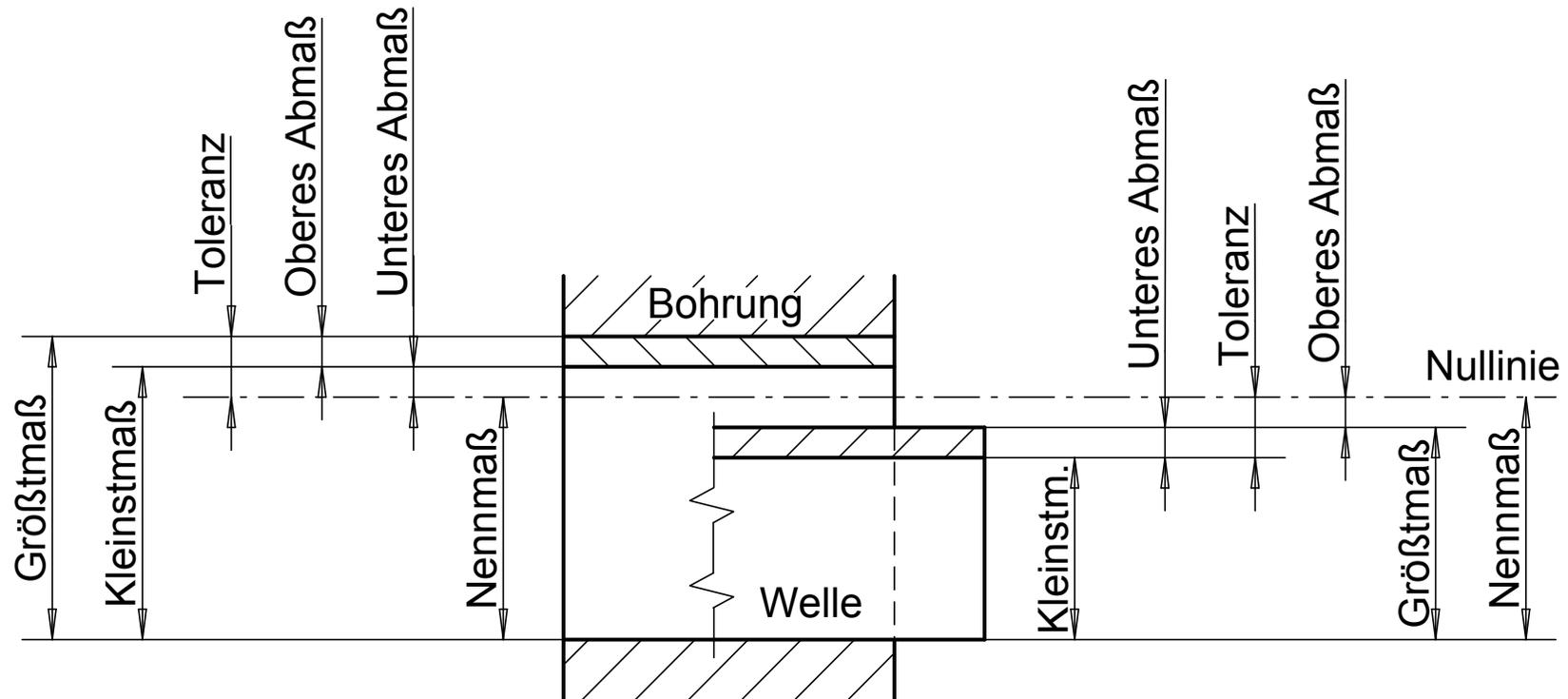
Dieses tolerierte Nennmaß wird als *Paßmaß* bezeichnet.



Die Toleranz richtet sich nach dem Verwendungszweck des Werkstückes.

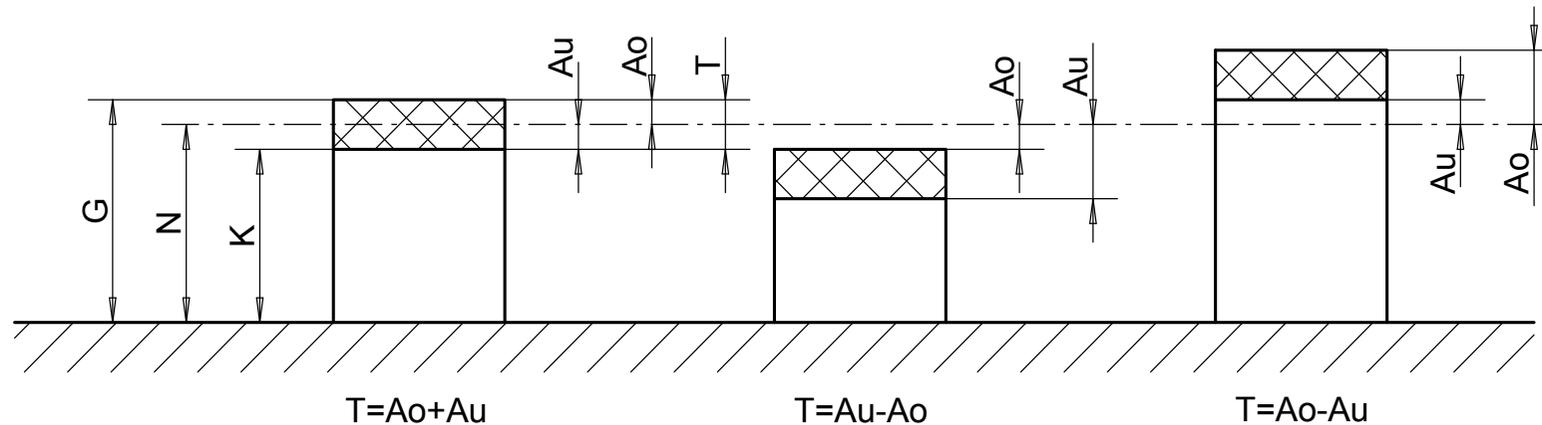
Aus wirtschaftlichen Gründen sollte die Toleranz so groß wie möglich und so klein wie nötig gewählt werden.

## Bezeichnung der Begriffe



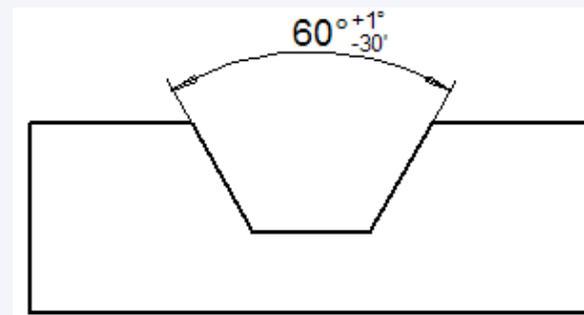
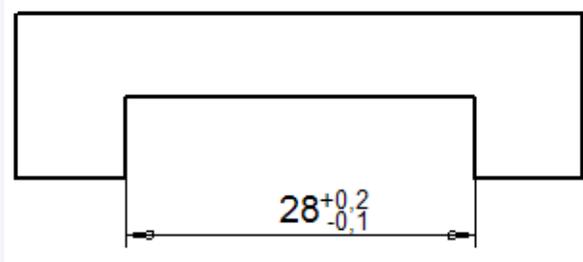
In diesem Beispiel sind die beiden Abmaße der Welle negativ und die beiden Abmaße der Bohrung positiv.

# Darstellung von Toleranzfeldern



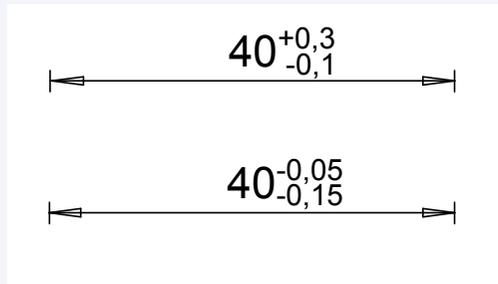
## Eintragung von Abmaßen in Fertigungszeichnungen

Toleranzen können durch Abmaße oder durch Kurzzeichen der ISO-Toleranzfelder angegeben werden. Die Abmaße sind hinter der Maßzahl mit den entsprechenden Vorzeichen einzutragen. Sie werden etwas kleiner als die Maßzahlen, jedoch nicht kleiner als 2,5 mm geschrieben (Mikroverfilmung!).

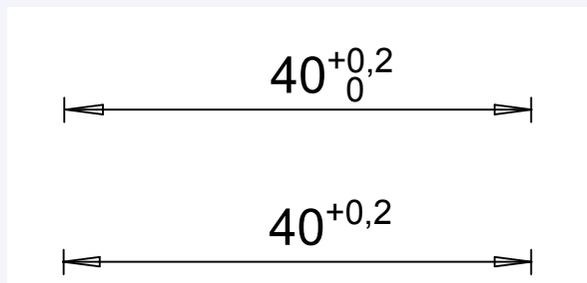


# Toleranzangaben

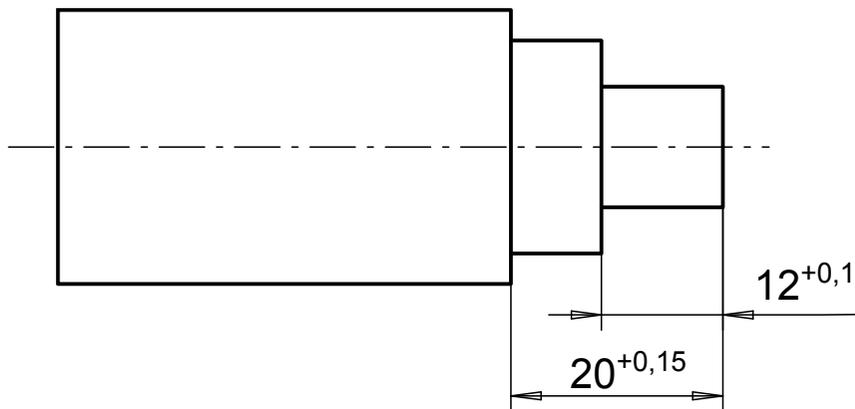
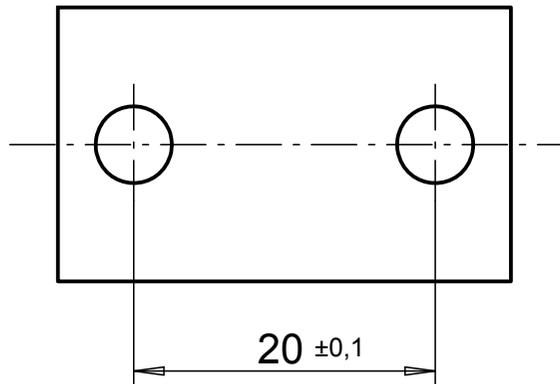
Das obere Abmaß ist ohne Rücksicht auf das untere Vorzeichen höher, das untere tiefer zu setzen.



Ist ein Abmaß gleich Null, so kann die Ziffer "0" weggelassen werden, wenn keine Missverständnisse zu erwarten sind.



# Toleranzangaben



Dem Nennmaß werden in der Regel beide Abmaße hinzugefügt, bei gleichem oberem und unterem Abmaß steht das Abmaß jedoch nur einmal mit beiden Vorzeichen hinter der Maßzahl.

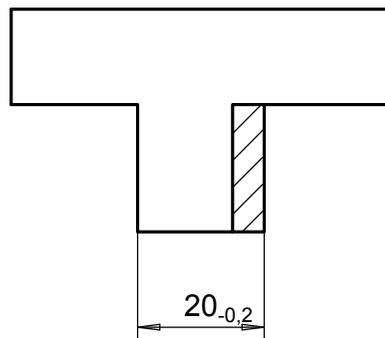
Bei Absatzmaßen und Lochmittenabständen dürfen ISO-Kurzzeichen nicht angewendet werden.

# Toleranzangaben

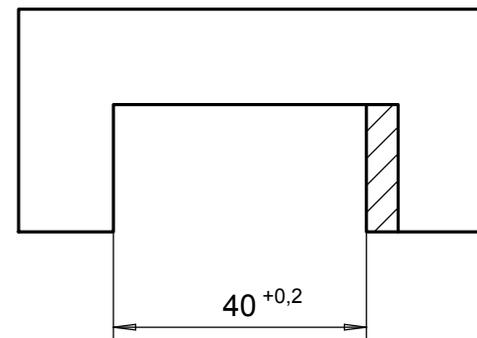
Die Toleranzangabe muss funktionsbezogen sein, soll aber auch möglichst fertigungsbezogen sein (z. B. dadurch zu erreichen, dass ein Abmaß gleich Null gesetzt wird).

Prinzip: Nennmaß = Gutmaß = das bei der Fertigung zuerst erreichte Grenzmaß  
(Toleranzfeld liegt dann in Richtung der Werkstoffabnahme)

Beispiel:



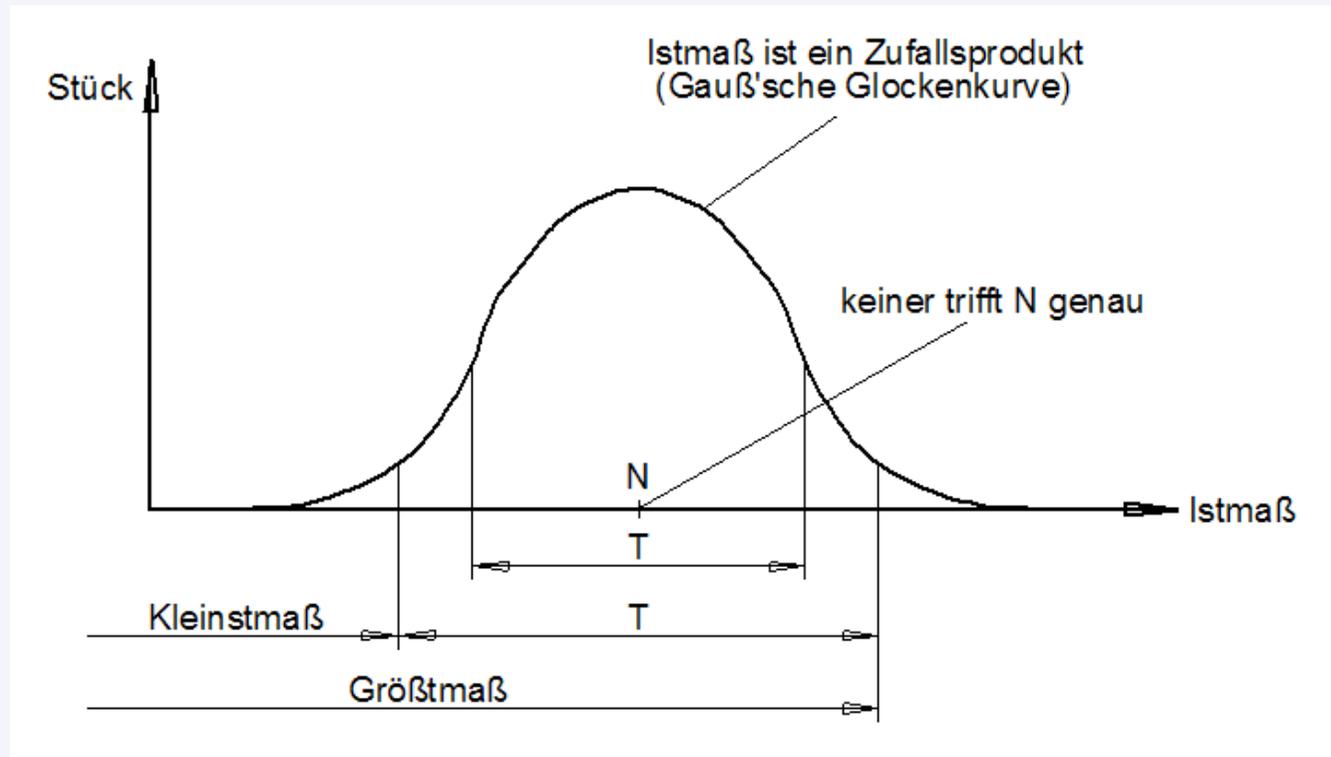
Größtmaß = Nennmaß = Gutmaß  
Kleinstmaß = Ausschußmaß



Größtmaß = Ausschußmaß  
Kleinstmaß = Nennmaß = Gutmaß

wichtig: Außenmaße: Minus-Toleranz !  
Innenmaße: Plus-Toleranz !

# Toleranzen

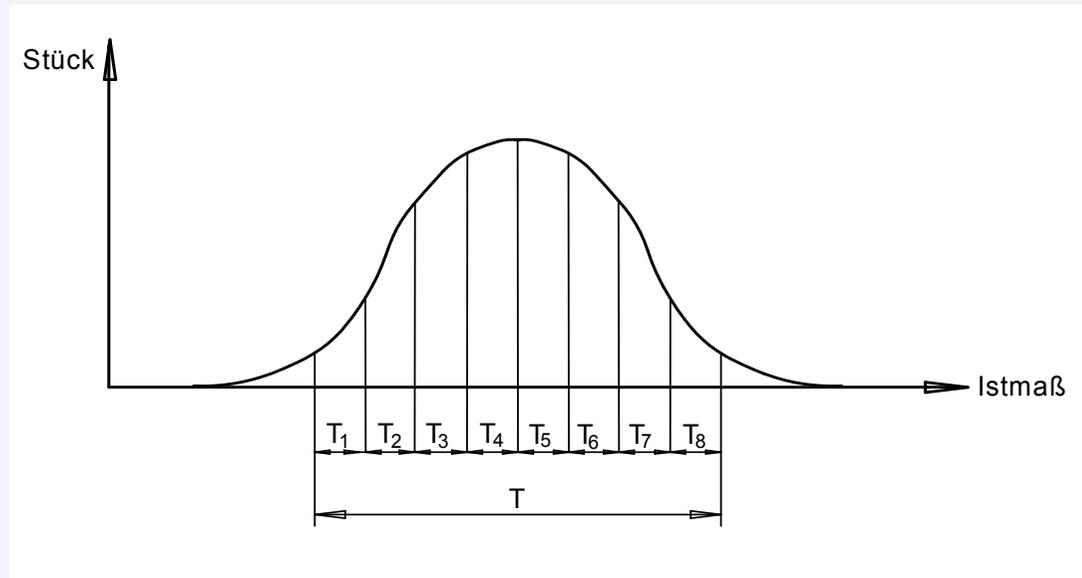


Nie engere Toleranzen fordern als unbedingt notwendig, da sich dadurch größere Ausschußquoten ergeben.

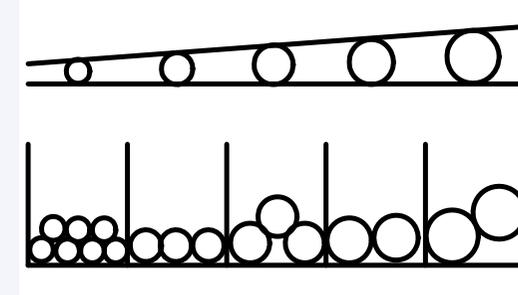
So eng wie nötig  
und so weit als möglich

# Auslesepassung DIN 7185

$$T_p = T_B + T_W$$



Beispiel: Kugelsortierung



$$T_p = T_{iW} + T_{iB} \quad T_i = \text{Teiltoleranzfeld}$$

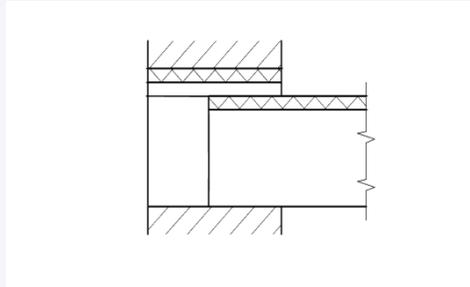
→ Größe der Paßtoleranz bei Sortierung auf den  $i$ -ten Teil verringert.

Bei Serienmassenfertigung kann man die Paßtoleranz trotz relativ grober Maßtoleranzen der Paßteile dadurch enghalten, dass man die Maßtoleranz in eine Anzahl Teiltoleranzfelder aufteilt und die Paßteile entsprechend sortiert und paart, z. B.: Wälzlager, Kolbenbolzen, ... .

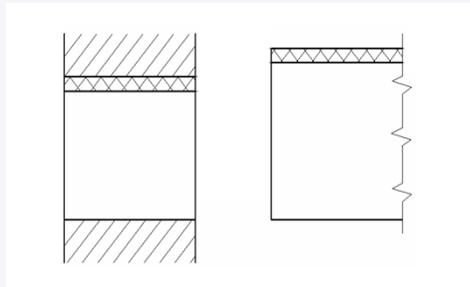
# Passungsarten

Je nach Lage der Toleranzfelder des Innen- oder Außenmaßes werden unterschieden:

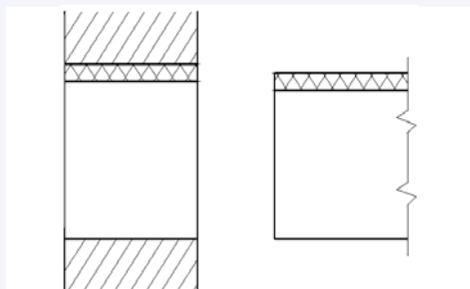
- **Spielpassung**



- **Presspassung**

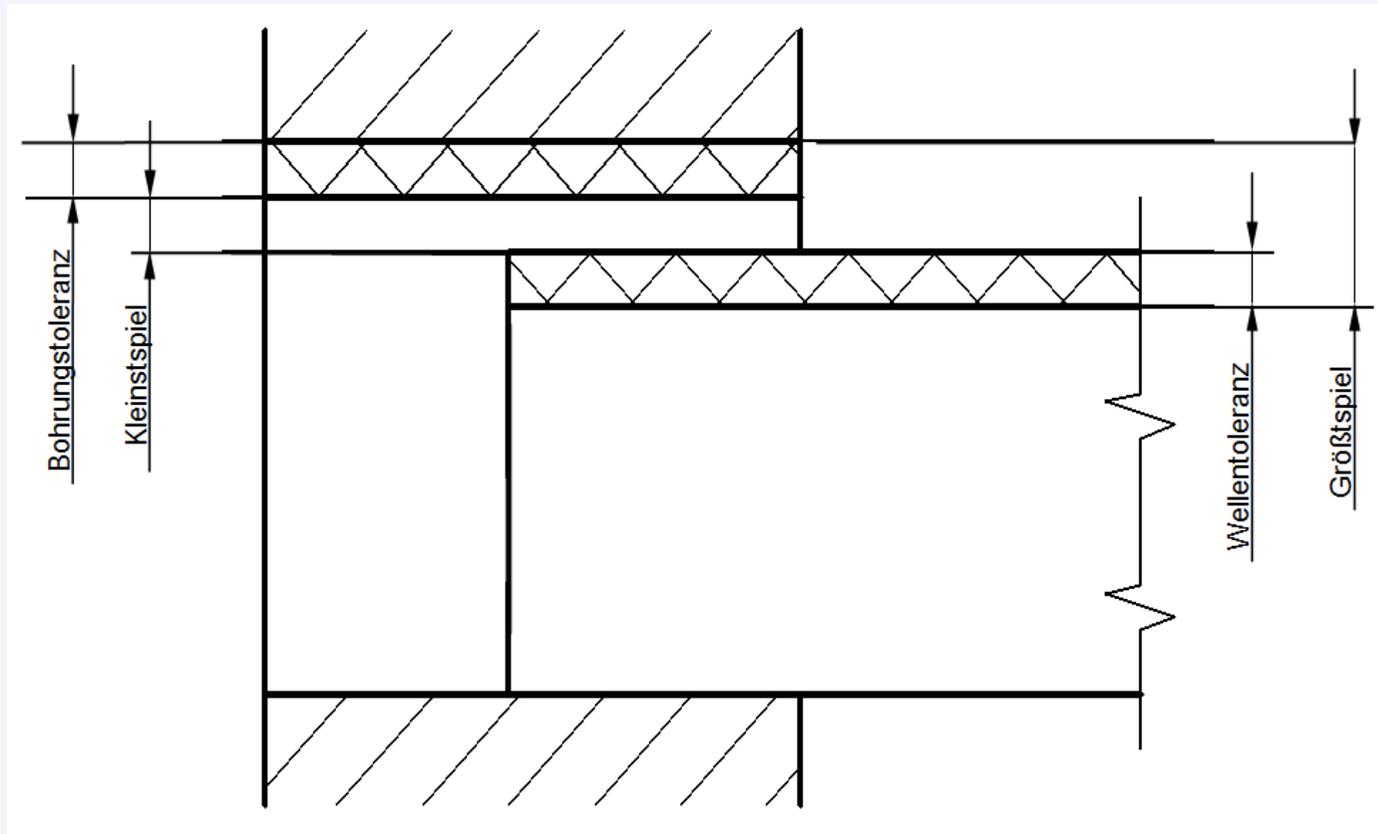


- **Übergangspassung**



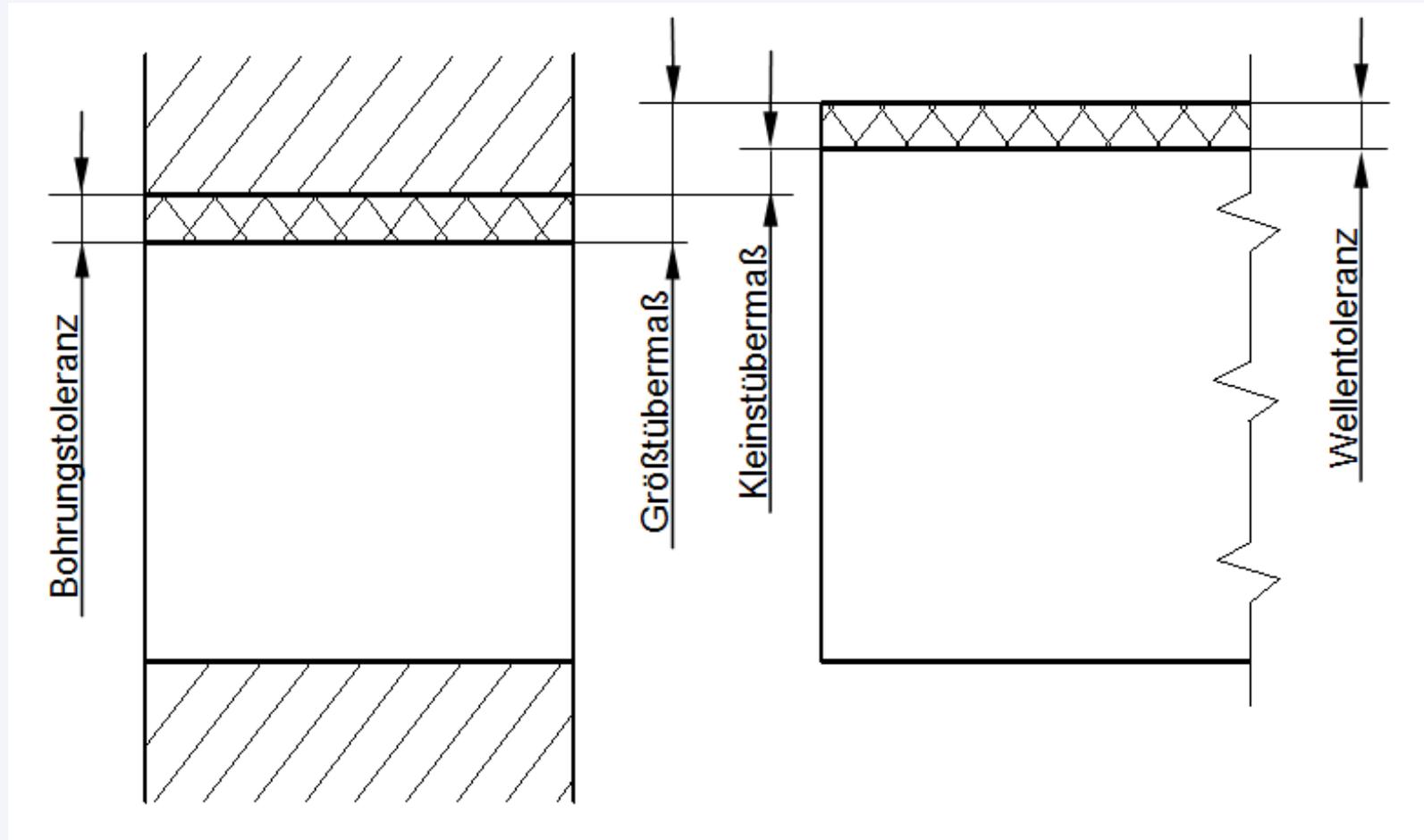
# Spielpassung

Spielpassung ist eine Passung, bei der nach dem Paaren der Paßteile Spiel vorhanden ist.



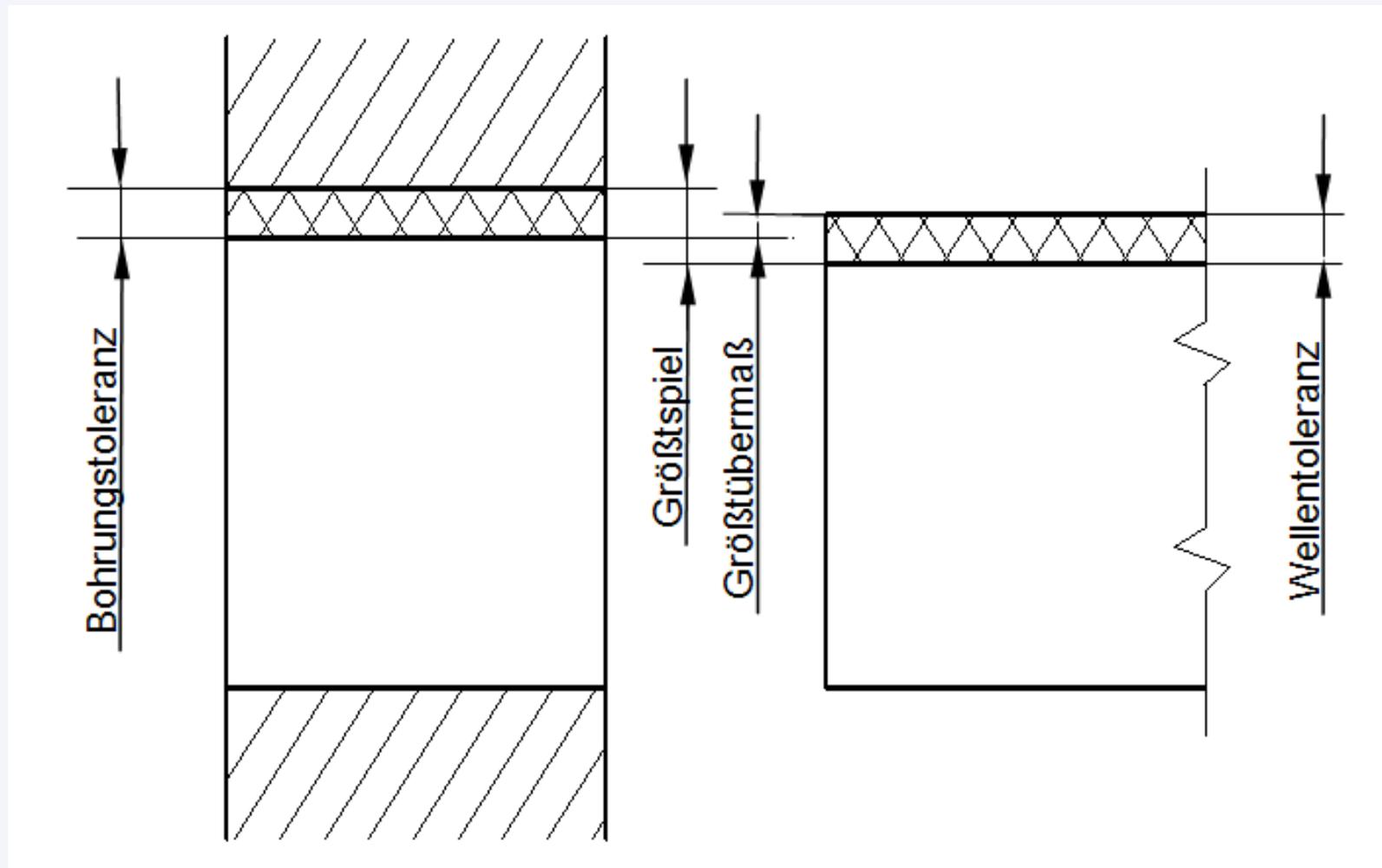
# Presspassung

Presspassung ist eine Passung, bei der nach dem Paaren der Paßteile Pressung vorhanden ist.



# Übergangspassung

Übergangspassung ist eine Passung, bei der nach Lage der Ist-Maße innerhalb der Toleranzfelder nach dem Paaren Spiel oder Pressung vorhanden ist.



## Formelzusammenstellung

Spielpassung	Preßpassung	Übergangspassung
$S_G = G_B - K_W$	$U_G = G_W - K_B$	$S_G = G_B - K_W$
$S_K = K_B - G_W$	$U_K = K_W - G_B$	$U_G = G_W - K_B$

Legende:

G = Größtmaß  
 K = Kleinstmaß  
 B = Bohrung  
 W = Welle

$S_G$  = Größtspiel  
 $S_K$  = Kleinstspiel  
 $U_G$  = Größtübermaß  
 $U_K$  = Kleinstübermaß

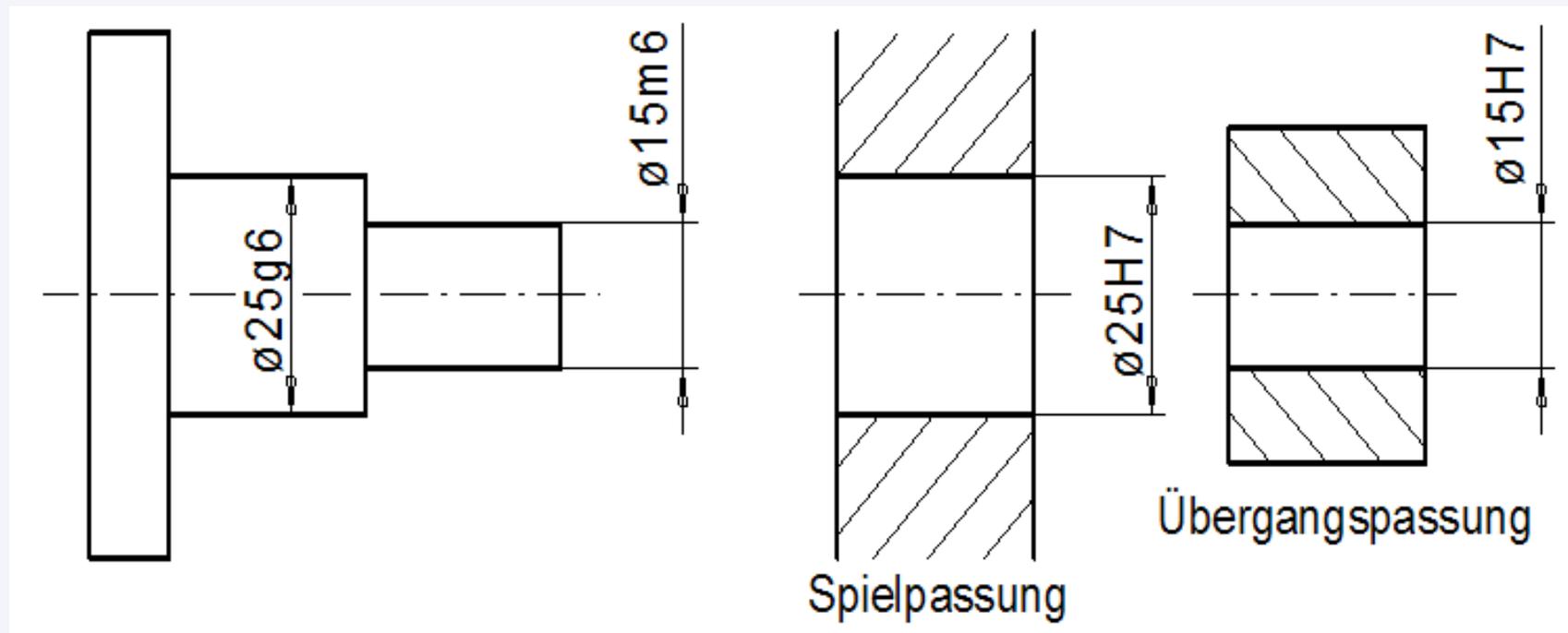
Beispiel: Welle  $\text{Ø}30 \begin{smallmatrix} -0,5 \\ -0,7 \end{smallmatrix}$

Bohrung  $\text{Ø}30 \begin{smallmatrix} +0,4 \\ +0,1 \end{smallmatrix}$

Spielpassung	Preßpassung	Übergangspassung
$S_G = 30,4 - 29,3 = 1,1$	$U_G = 29,5 - 30,1 = -0,6$	$S_G = 30,4 - 29,3 = 1,1$
$S_K = 30,1 - 29,5 = 0,6$	$U_K = 29,3 - 30,4 = -1,1$	$U_G = 29,5 - 30,1 = -0,6$

## ISO-Kurzzeichen für Passungen (Paßsystem Einheitsbohrung „H“)

Eine Passung wird gekennzeichnet durch ihr Nennmaß, das für beide Teile gleich ist, und die entsprechenden Kurzzeichen für jedes der beiden zu paarenden Werkstücke. Dabei wird das Kurzzeichen zum Innenmaß (Bohrung) stets zuerst genannt.



## ISO-Kurzzeichen für Passungen (Paßsystem Einheitsbohrung „H“)

Nennmaß   
25H7 - Kurzzeichen für das Innenmaß (Bohrung)  
25g6 - Kurzzeichen für das Außenmaß (Welle)

Das Kurzzeichen besteht aus einem Buchstaben und einer Zahl. Der Buchstabe gibt die Lage der Toleranz zur Nulllinie an. Daher erhalten Innenmaße (Bohrungen) stets Großbuchstaben und Außenmaße (Welle) Kleinbuchstaben. Die Zahl gibt die Qualität der Passung an. Sie ist ein Maß für die Größe des Toleranzfeldes.

ISO-Kurzzeichen für Toleranzen sind hinter dem Nennmaß anzuordnen. Dabei sind solche für Innenmaße höher und für Außenmaße tiefer einzuzeichnen.

Spielpassungen ergeben sich,

wenn zu H die Buchstaben a-h oder zu h die Buchstaben A-H kommen.

Preßpassungen ergeben sich, wenn

zu H die Buchstaben p-z oder zu h die Buchstaben P-Z kommen.

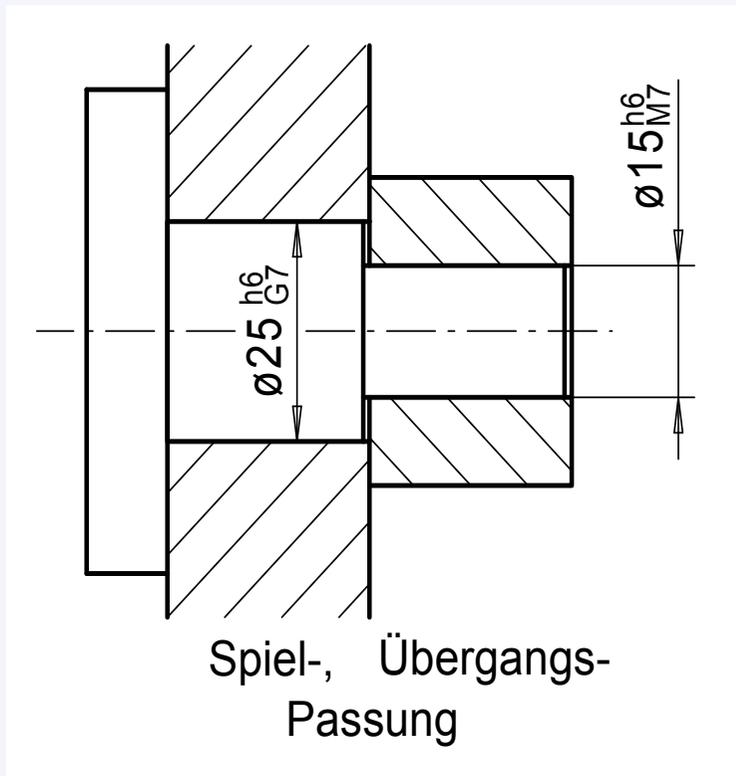
Übergangspassungen ergeben sich, wenn

zu H die Buchstaben j-n oder zu h die Buchstaben J-N kommen.

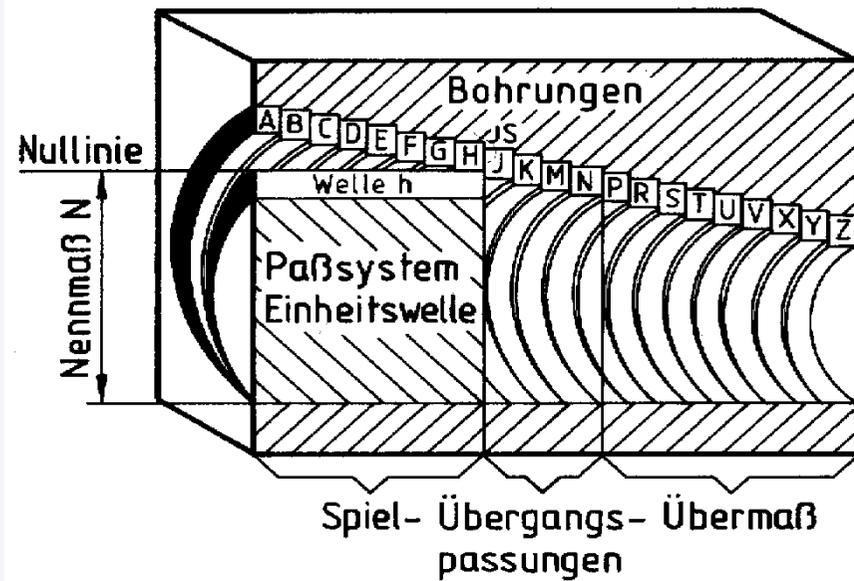
## Paßsystem Einheitswelle „h“

Im System Einheitswelle sind die Grenzmaße der Welle bei gleichem Nennmaß und gleicher Qualität immer gleich groß. Beim System der Einheitswelle liegt das Größtmaß aller Wellen an der Nulllinie und ist gleich dem Nennmaß. Das nötige Spiel oder Übermaß wird durch verschieden große Bohrungen erreicht.

Vorteil: Wellen mit h-Toleranz werden fertig geliefert (Landmaschinenbau, Feinmechanik).

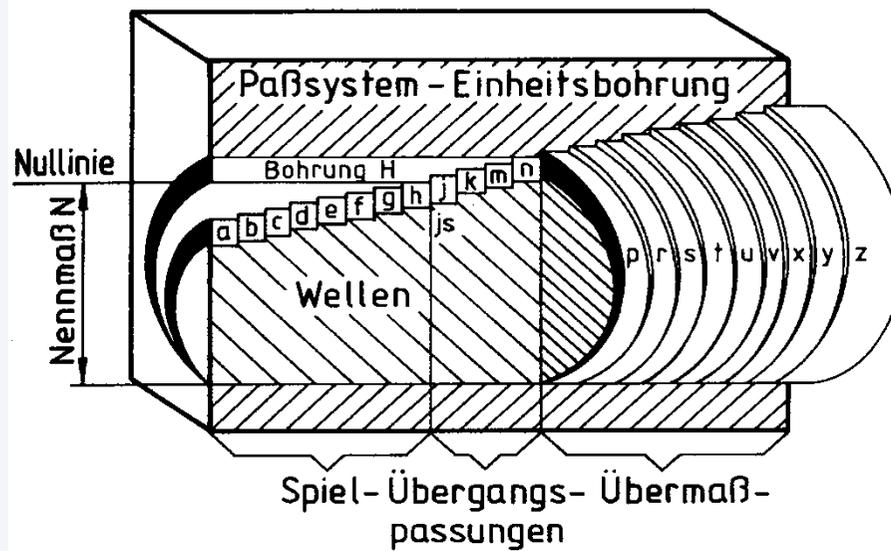


# Paßsysteme



## Paßsystem Einheitswelle

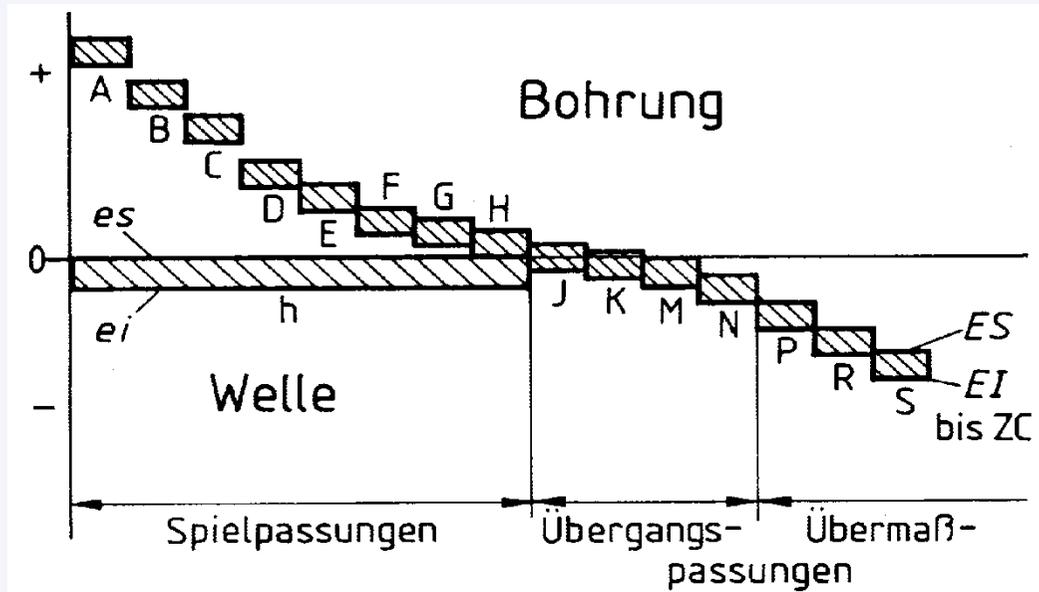
Die Welle hat den Buchstaben h.



## Paßsystem Einheitsbohrung

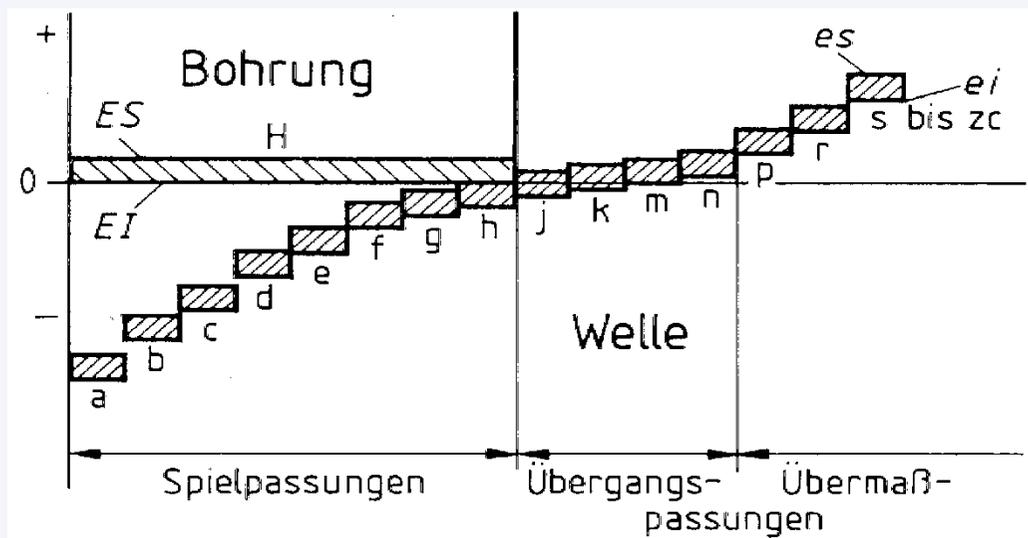
Die Bohrung hat den Buchstaben H.

# Toleranzfelder



## Paßsystem Einheitswelle

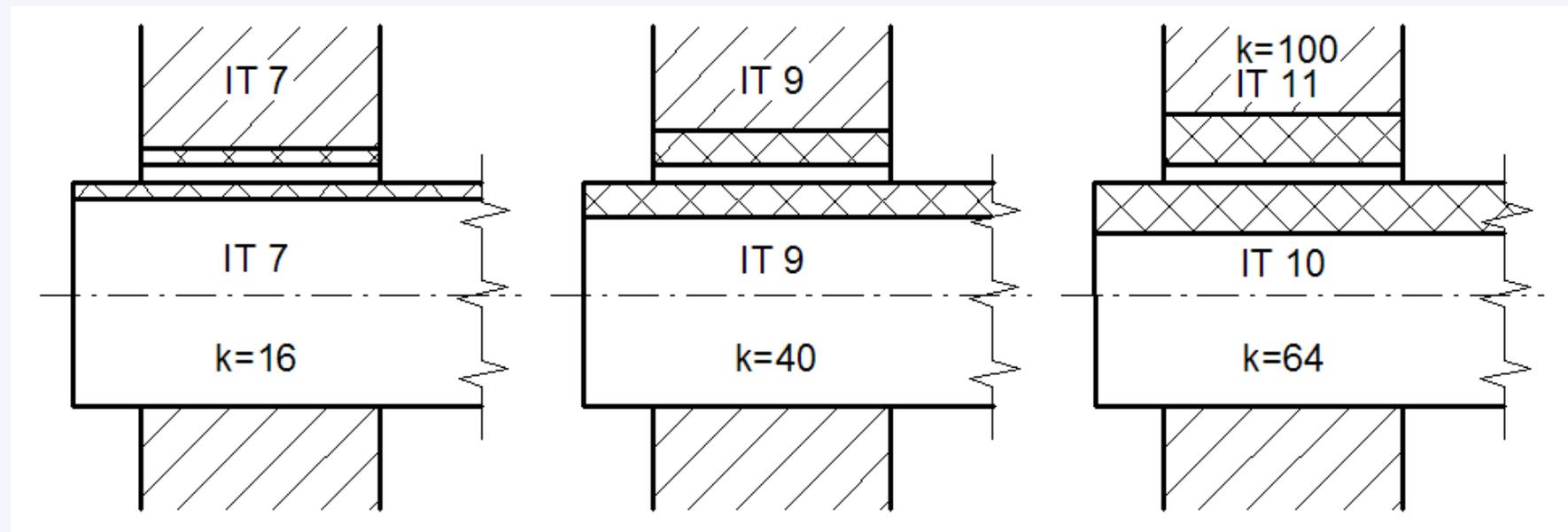
Toleranzfelder für Bohrungen  
und / oder Innenmaße



## Paßsystem Einheitsbohrung

Toleranzfelder für Wellen  
und / oder Außenmaße

# Angabe der Toleranzfeldgröße durch Qualitätszahl



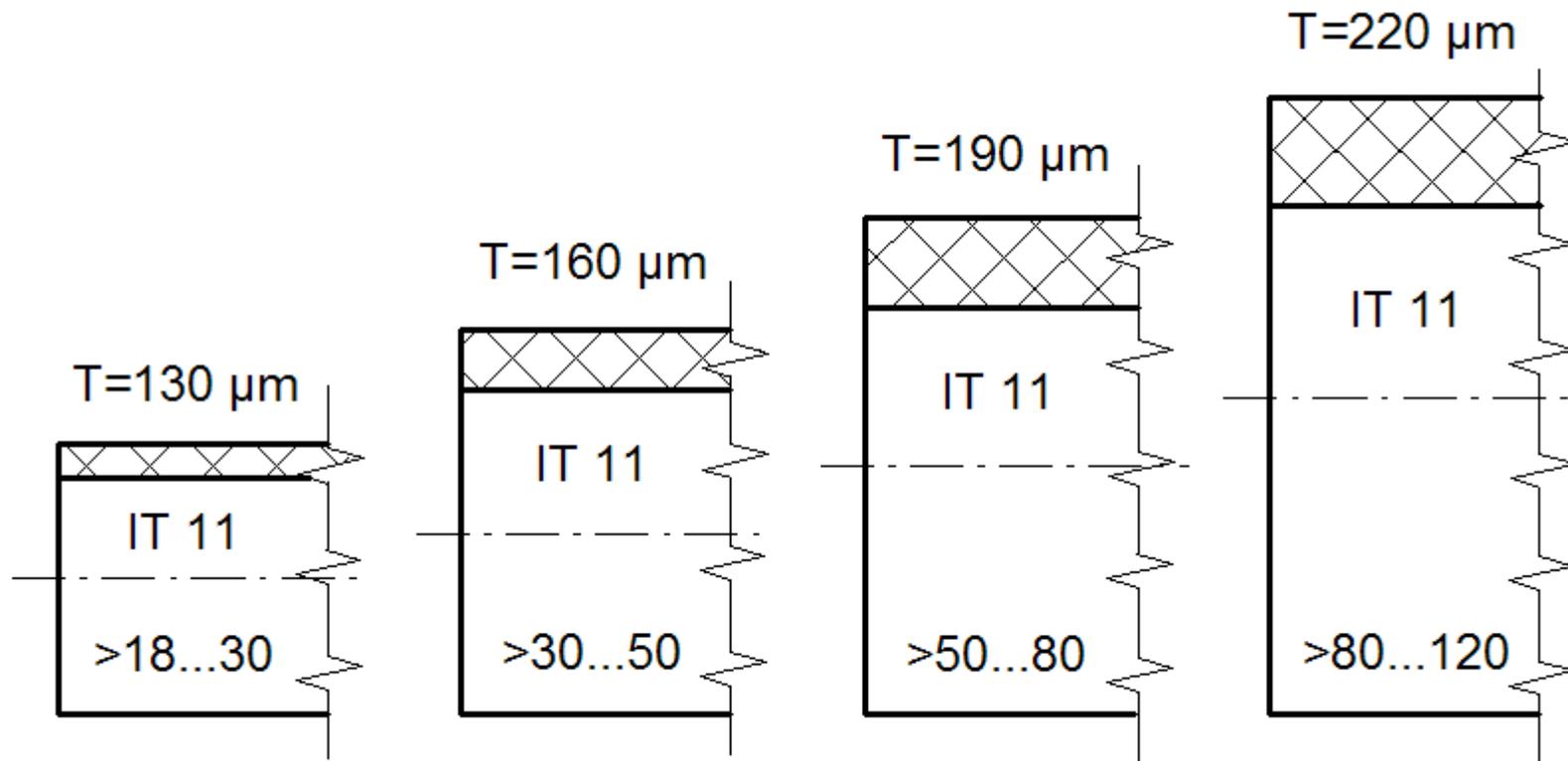
# Abhängigkeit der Toleranzfelder vom Nennmaß

$$T = k \cdot i$$

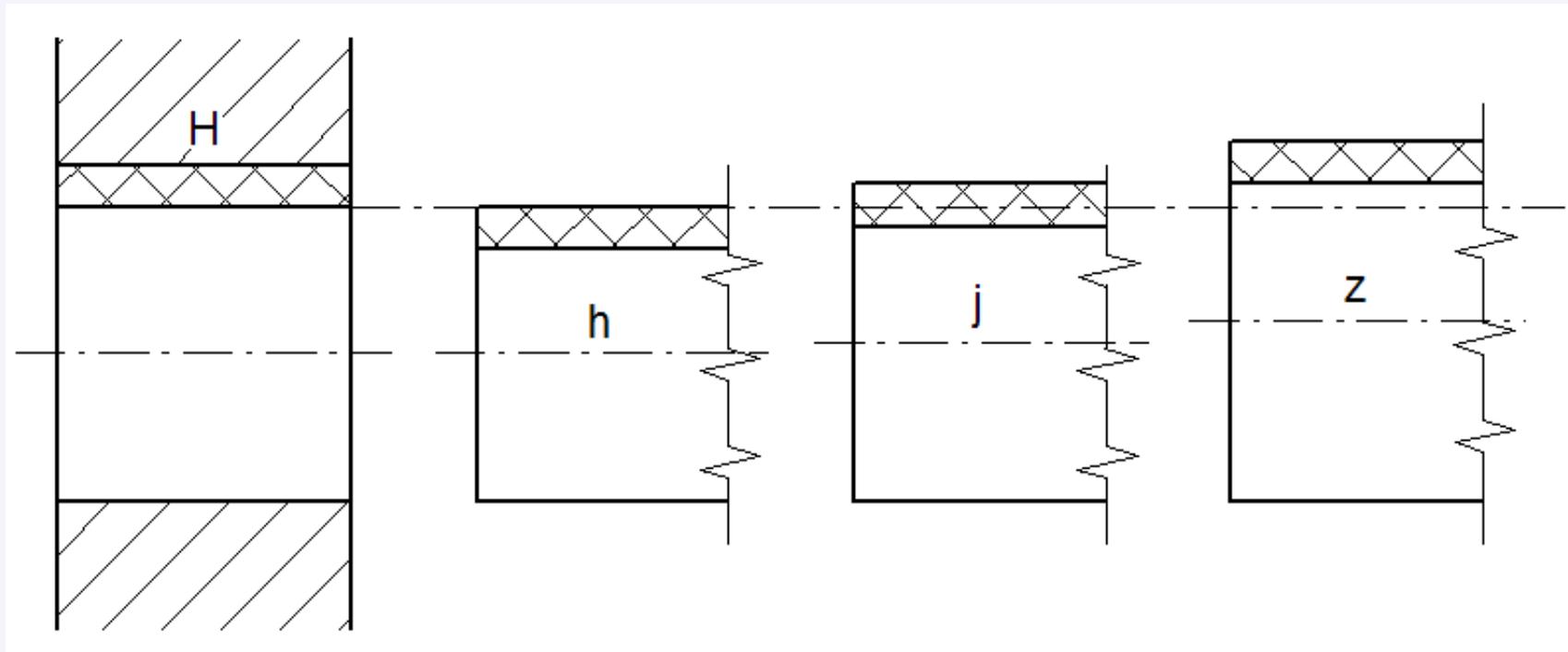
$$i = 0,45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0,001 \cdot D$$

$$D = \sqrt{D_1 \cdot D_2}$$

(für  $0 < N < 500$ )



## Lage der Toleranzfelder durch Buchstaben



## Fertigungsgerechte Tolerierung (Freimaßtoleranzen)

Für die meisten Fertigungsverfahren sind heute die Toleranzen, die in der Fertigung ohne zusätzlichen Mehraufwand eingehalten werden können, bekannt und in Normblättern oder Normblatt-Entwürfen festgehalten. Man spricht bei diesen Festlegungen in der Praxis von

”Freimaßtoleranzen”.

Im Normblatt heißt es: ”Maße ohne Toleranzangabe”.

Die Freimaßtoleranzen entsprechen der werkstattüblichen Genauigkeit, ihre Einhaltung wird nicht besonders nachgeprüft.

Nur für die Fälle, in denen eine noch größere Genauigkeit aus Funktionsgründen unbedingt notwendig ist, muss eine zusätzliche Toleranzeinschränkung bei dem betreffenden Maß vorgenommen und auf der Zeichnung eingetragen werden.

## Fertigungsgerechte Tolerierung (Freimaßtoleranzen)

Jede zusätzliche Toleranz muss fertigungsgerecht sein, also bei dem gewählten Fertigungsverfahren mit noch vertretbarem Mehraufwand erreicht werden können. Übertriebene Toleranzeinengungen, auch wenn sie herstellbar sind, verteuern die Fertigung.

Beispiel: Drehteil 80 mm  $\varnothing$

Fertigungstoleranz 75  $\mu\text{m}$  wird auf 30  $\mu\text{m}$  verkleinert, dies entspricht einer Einschränkung im Verhältnis 2,5 : 1 oder einem Übergang von der Qualität 9 zur Qualität 7.

Die Kosten sind bei gleicher Oberflächengüte ca. 40% höher!

## Fertigungsgerechte Tolerierung (Freimaßtoleranzen)

Die Toleranzen dürfen also nicht nach dem Gesichtspunkt der Herstellbarkeit festgelegt werden, sondern sind so groß zu wählen, wie es zur sicheren Funktionserfüllung gerade noch nötig ist.

Gelegentliche Nacharbeit beim Aufeinandertreffen ungünstiger Grenzwerte kann sogar in Kauf genommen werden, wenn sich hierdurch kostspielige Toleranzverkleinerungen vermeiden lassen:

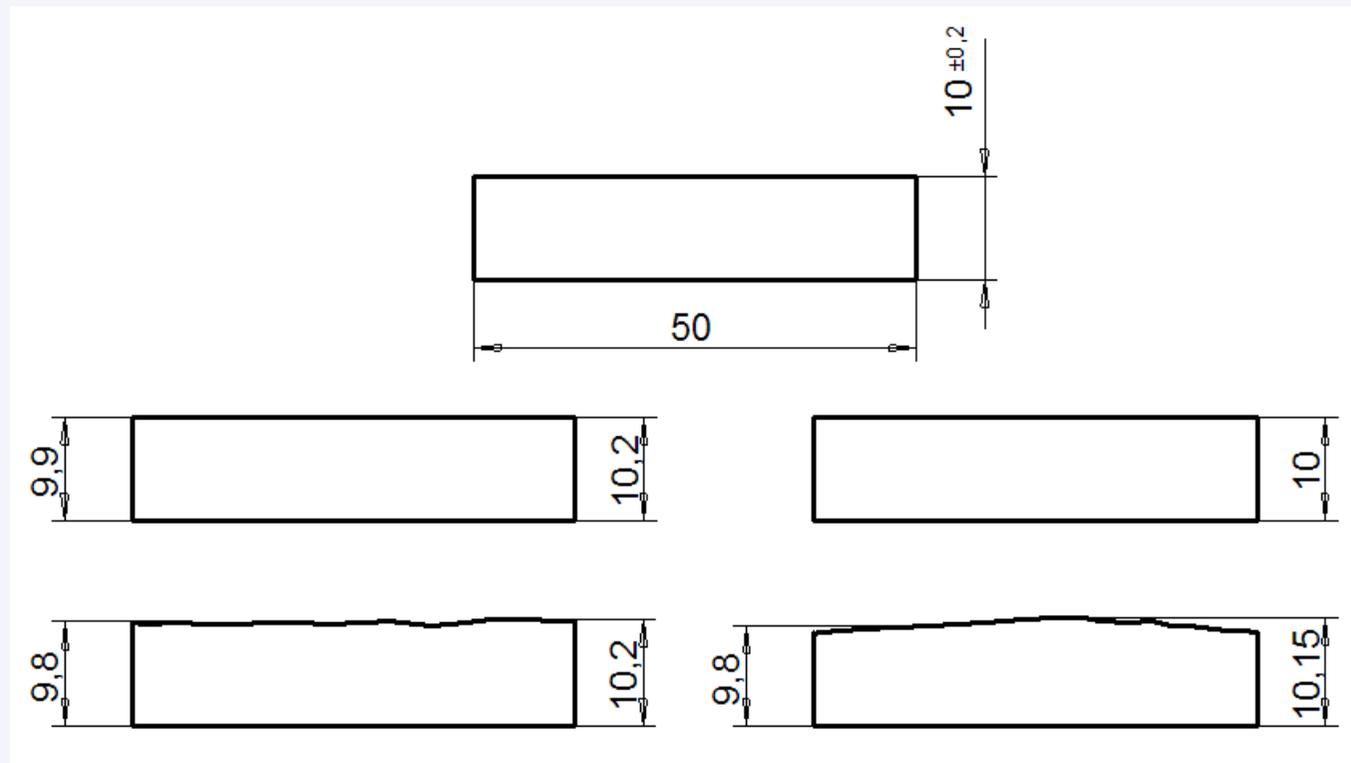
- dies ist eine Frage der mathematischen Wahrscheinlichkeitsrechnung, wie oft der Fall des Aufeinandertreffens ungünstiger Grenzwerte erwartet werden muss
- dies ist eine Frage der möglichen Folgen, die in einem solchen Fall sich ergeben könnten
- dies ist wiederum eine Frage der Kalkulation, was billiger ist: Nacharbeit oder Toleranzeinengung.

# *7. Maß-, Form- und Lagetoleranzen*

# Maßtoleranzen

Maße, die in der Zeichnung angegeben sind, können in der Herstellung nicht genau eingehalten werden. Daher werden die Maße durch ein Größtmaß und ein Kleinstmaß toleriert. Dieser Abstand zwischen Größtmaß und Kleinstmaß ist die Maßtoleranz.

Für das nebenstehende Werkstück mit einer Soll-Höhe von  $10 \pm 0,2$  mm wurden bei einer Stichprobenkontrolle von vier Teilen folgende Maße ermittelt:



# Maßtoleranzen

Die Oberflächen der vier zuvor dargestellten Werkstücke weisen sehr unterschiedliche Formen auf, welche aufgrund der Maßtoleranz zulässig sind.

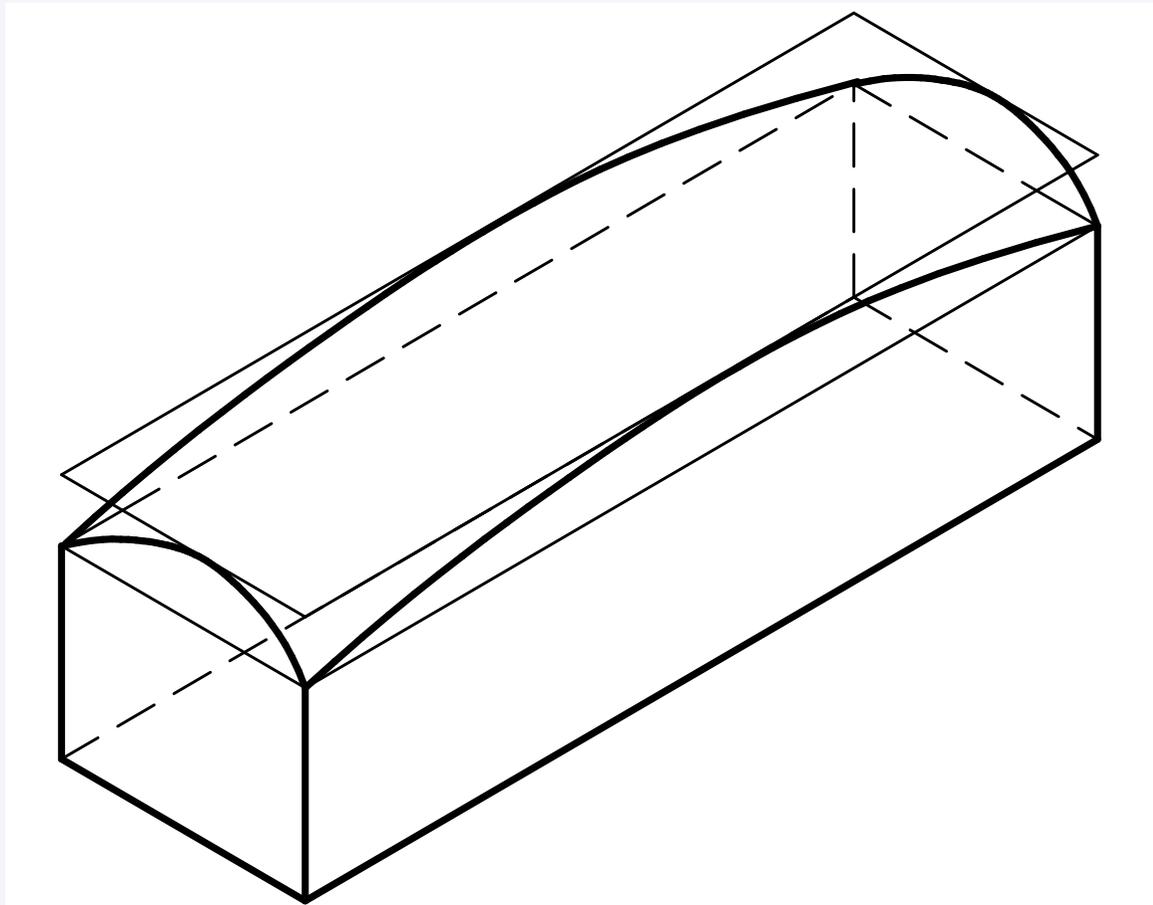
Aus Funktionsgründen kann es jedoch erforderlich sein, dass diese Fläche eben sein soll. Da eine vollkommen ebene Fläche nicht gefertigt werden kann, muss in diesem Fall auch die Ebenheit toleriert werden.

Diese Toleranz bezeichnet man als Formtoleranz.

# Formtoleranzen

Formtoleranzen begrenzen die zulässige Formabweichung einer Fläche oder einer Kante. Formtoleranzen sind nicht mit den Maßtoleranzen zu verwechseln. Sie können zusätzlich zu den Maßtoleranzen angegeben werden.

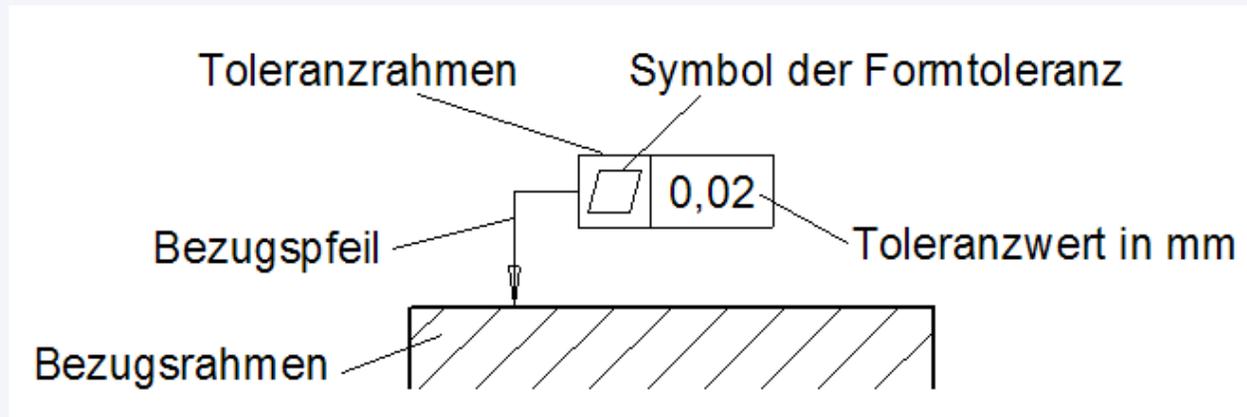
Beispiel Ebenheit:



Der Toleranzwert der Ebenheit ist der Abstand von zwei idealen parallelen Flächen. Die wirkliche Fläche muss nach der Fertigung zwischen diesen beiden Flächen liegen.

# Formtoleranzen

## Begriffsbestimmung für das Eintragen der Formtoleranz

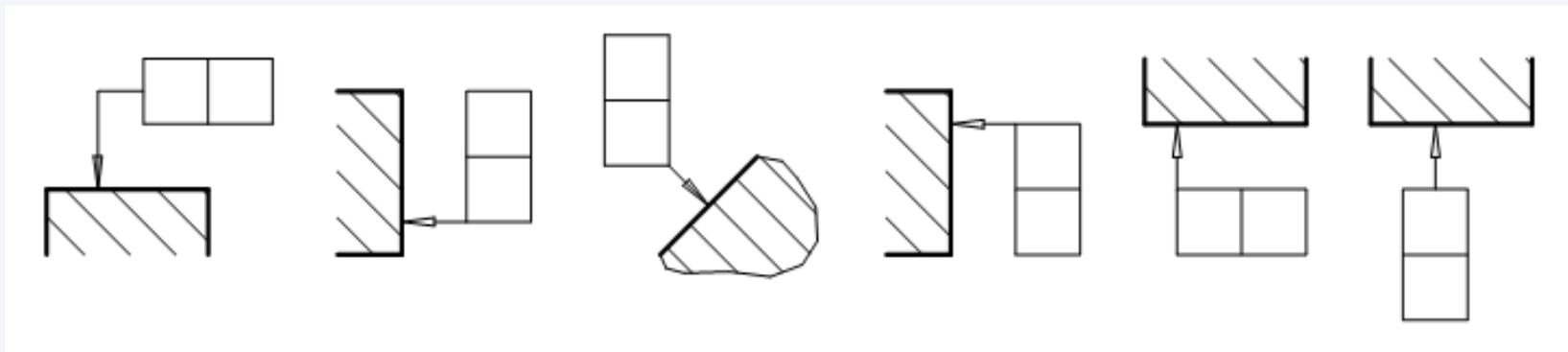


$h$  = Schrifthöhe

Toleranzrahmengröße  $2h \times 2h$

Strichbreite  $1/10h$

## Mögliche Anordnung des Bezugspfeiles am Toleranzrahmen



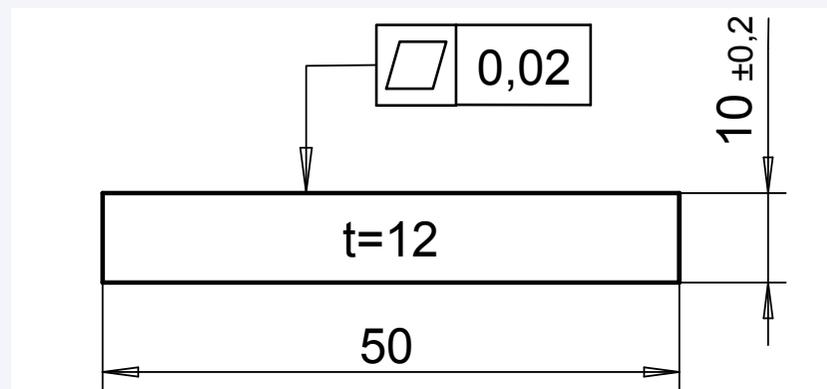
# Formtoleranzen

## Symbole für Formtoleranzen

Geradheit	Ebenheit	Rundheit
—		
Zylinderform	Linienform	Flächenform
		

### Eintragungsbeispiel:

Aufgabe: Die Ebenheit der oberen Fläche darf eine Abweichung von 0,1 mm haben. Die Maßtoleranz des Werkstückes ist mit  $\pm 0,2$  mm angegeben.

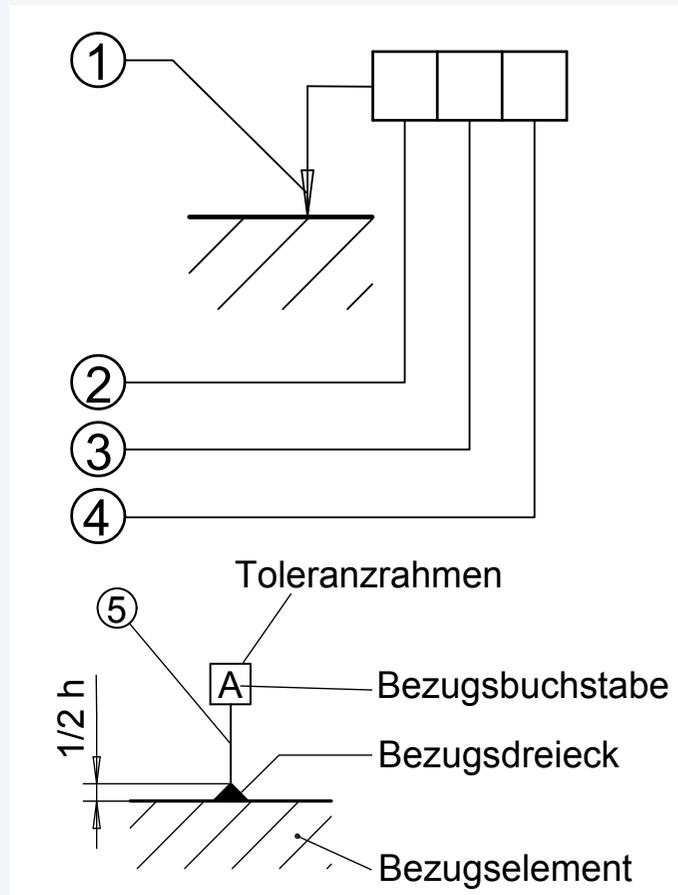


Beachte, dass die Formtoleranz der Ebenheit keine Aussage zur Parallelität der oberen zur unteren Fläche macht.

# Lagetoleranzen

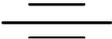
Die Lagetoleranzen geben an, welche Abweichungen zweier Flächen bzw. Achsen untereinander noch zulässig sind.

## Toleranzrahmen mit Angabe einer Lagetoleranz



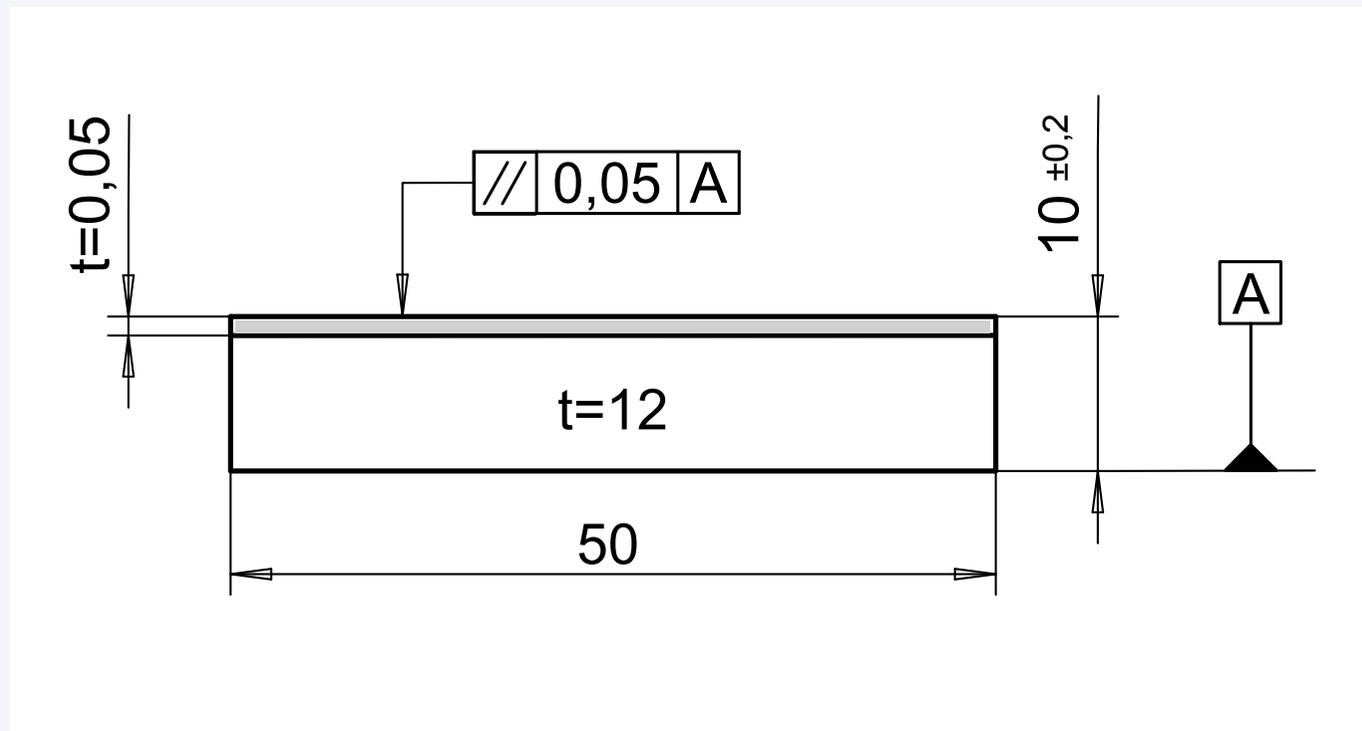
1. Der Bezugspfeil weist auf das tolerierte Element.
2. Symbol für die tolerierte Eigenschaft.
3. Toleranzwert (t) in der für die Zeichnung geltenden Maßeinheit.
4. Das Bezugselement kann entfallen, wenn z.B. kein Bezugselement vorhanden ist.
5. Bezugsdreieck mit Rahmen für den Bezugsbuchstaben.

# Symbole für Lagetoleranzen

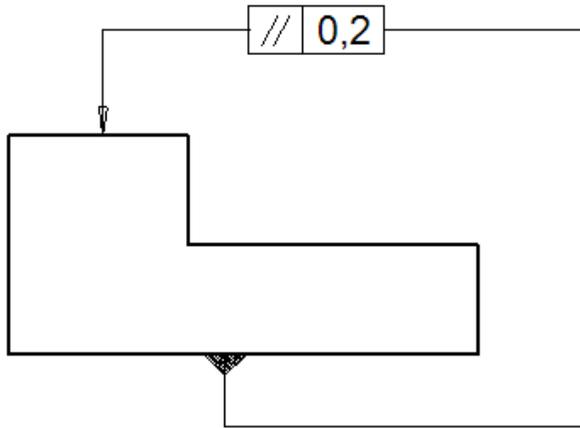
Richtungstoleranz	Ortstoleranz	Lauftoleranz
Parallelität	Position	Lauf
		
Rechtwinkligkeit	Konzentrizität	Rundlauf
		
Neigung	Symmetrie	Planlauf
		

## Symbole für Lagetoleranzen

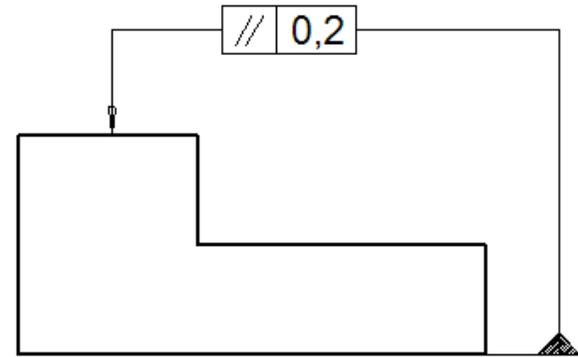
Bei dem gezeichneten Werkstück wird die Forderung gestellt, dass die obere Fläche zur unteren Fläche parallel sein soll. Bei der normalen Bemaßung ist eine Abweichung von der Parallelität von  $\pm 0,2$  mm möglich. Soll die Maßtoleranz nicht verkleinert werden so ist die Abweichung der Parallelität von  $0,05$  mm nur mit Hilfe einer Lagetoleranz möglich.



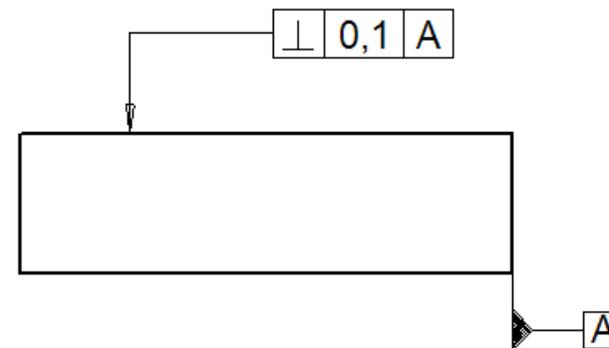
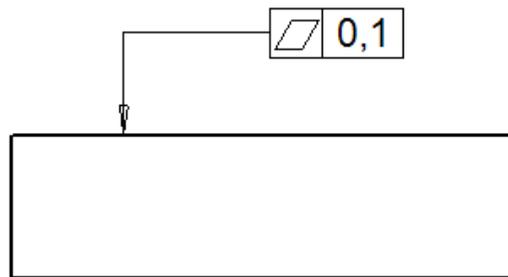
# Vereinfachte Darstellung



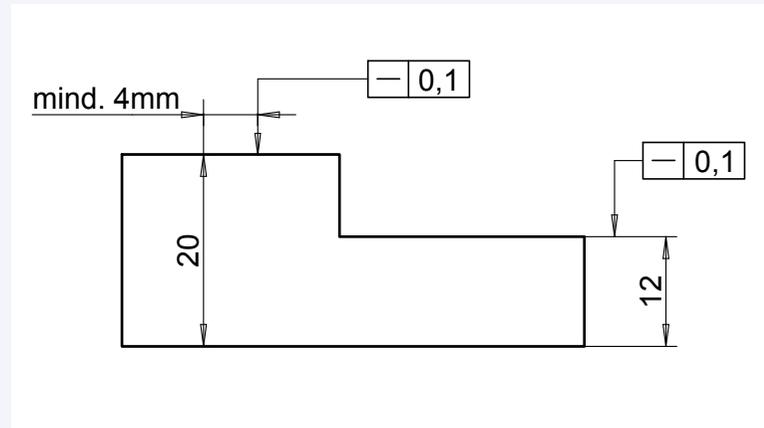
**Formtoleranz**  
Ebenheit



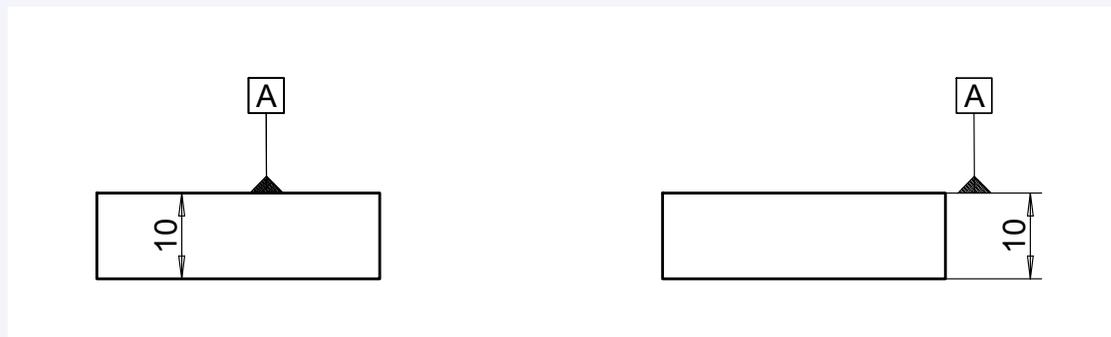
**Lagetoleranz**  
Rechtwinkligkeit



## Toleranzelement: Fläche oder Linie



Ist das tolerierte Element eine Fläche oder eine Linie, dann wird der Bezugspfeil im Abstand von mindestens 4 mm von der Maßlinie gezeichnet.

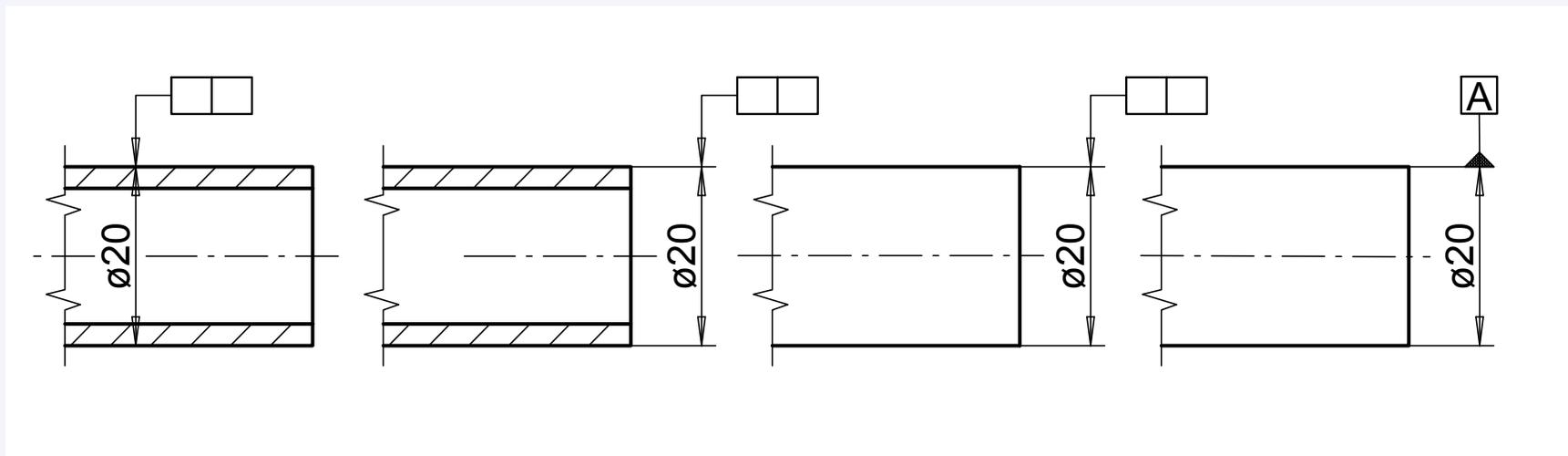


Ist das Bezugselement eine Linie oder Fläche, dann steht das Bezugsdreieck entweder auf dem Bezugselement oder der Maßhilfslinie, jedoch von der Maßlinie abgesetzt.

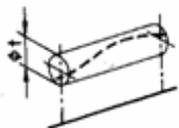
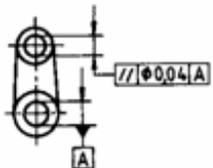
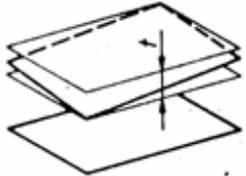
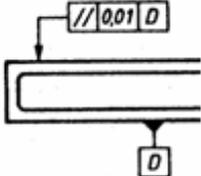
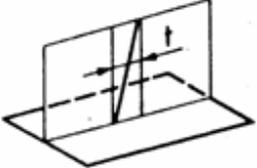
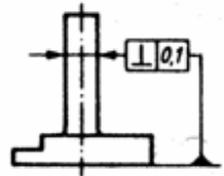
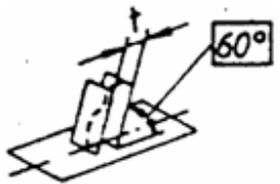
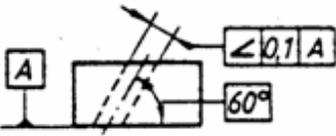
## Toleranzelement: Achse oder Mittellinie

Gilt die Toleranzangabe für eine Achse oder Mittellinie als toleriertes Element, dann wird der Bezugspfeil in Richtung der Maßlinie an einem der Pfeile der betreffenden Maßangabe gesetzt.

Bei Platzmangel wird der Bezugspfeil auch anstelle eines der beiden Maßpfeile gesetzt, das gleiche gilt für das Bezugsdreieck.



## Lagetoleranzen nach DIN ISO 1101 (Auszug)

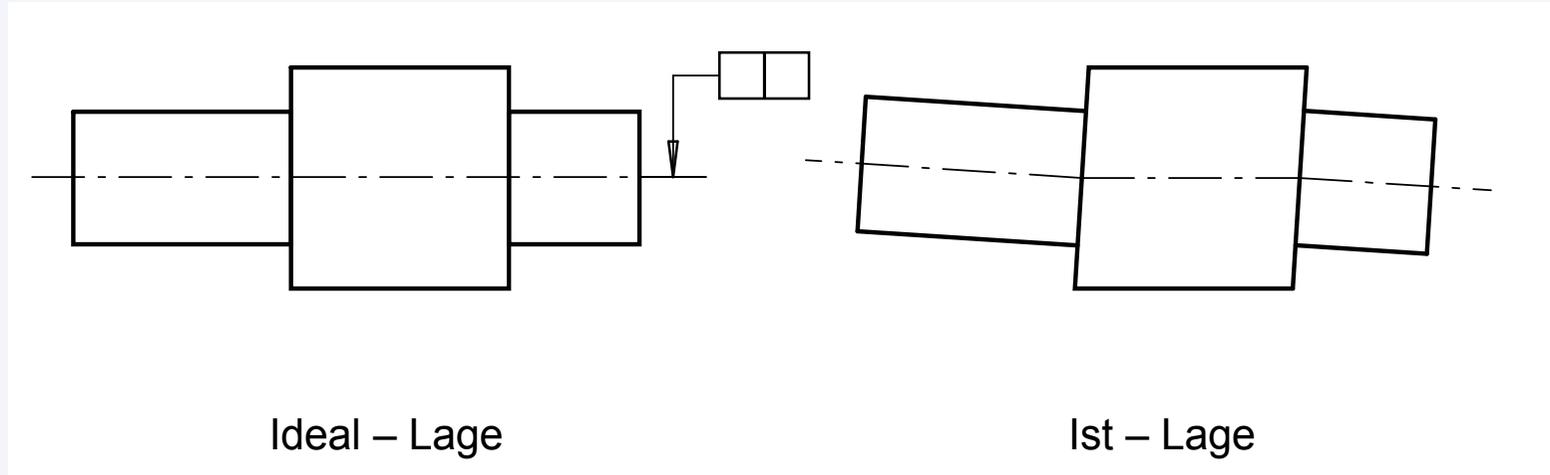
Symbol und tolerierte Eigenschaft		Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
			Zeichnungsangabe	Erklärung
//	Parallelität			Die tolerierte Achse muß innerhalb eines zur Bezugsachse A parallelen Zylinders vom Durchmesser $t = 0,04$ mm liegen.
				Die tolerierte Fläche muß zwischen zwei zur Bezugsfläche D parallelen Ebenen vom Abstand $t = 0,01$ mm liegen.
⊥	Rechtwinkligkeit			Die tolerierte Achse muß zwischen zwei parallelen zur Bezugsfläche und zur Pfeilrichtung senkrechten Ebenen vom Abstand $t = 0,1$ mm liegen.
/	Neigung (Winkligkeit)			Die Achse der Bohrung muß zwischen zwei zur Bezugsfläche A im Winkel von $60^\circ$ geneigten und zueinander parallelen Ebenen vom Abstand $t = 0,1$ mm liegen.

## Lagetoleranzen nach DIN ISO 1101 (Auszug)

Symbol und tolerierte Eigenschaft		Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
			Zeichnungsangabe	Erklärung
	Position			Die Achse der Bohrung muß innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser $t = 0,05$ mm liegen, dessen Achsen sich am geometrisch 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 und symmetrisch zur Mittelebene des Bezugs-elementes liegen.
	Koaxialität Konzentrität			Die Achse des tolerierten Teiles der Welle muß innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser $t = 0,03$ mm liegen, dessen Achse mit der Achse des Bezugs-elementes fluchtet.
	Rundlauf			Bei einer Umdrehung um die Bezugsachse A - B darf die Rundlaufabweichung in jeder Maßebene 0,1 mm nicht überschreiten.
	Planlauf			Bei einer Umdrehung um die Bezugsachse D darf die Planlaufabweichung an jeder beliebigen Meßposition nicht größer als 0,1 mm sein.

# Toleranzen

Die Toleranzangabe bezieht sich auf mehrere Achsen:



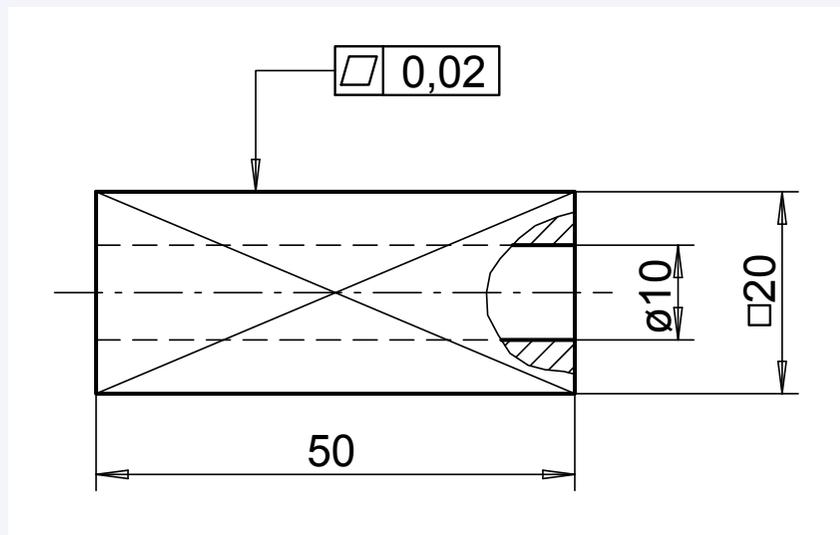
Bezieht sich die Toleranzangabe auf alle durch die Mittellinien dargestellten Achsen oder Mittelebenen, dann steht der Bezugspfeil senkrecht auf dieser Mittellinie.

## Formtoleranzen nach DIN ISO 1101 (Auszug)

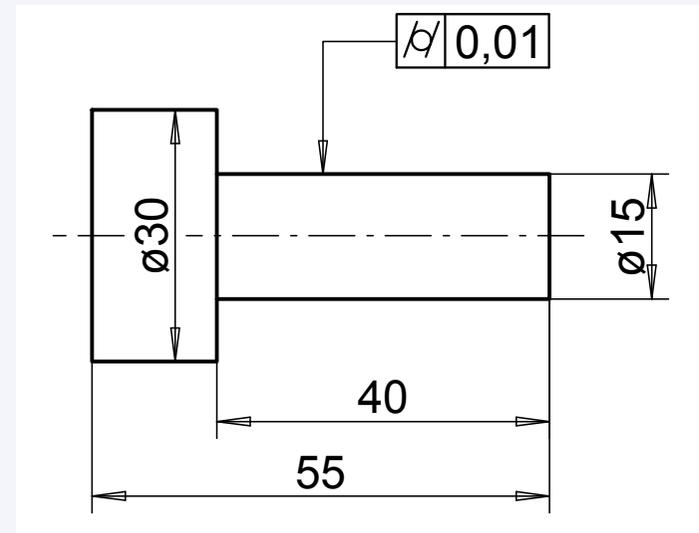
Symbol und tolerierte Eigenschaft		Toleranzzone	Anwendungs-Beispiele	
			Zeichnungsangabe	Erklärung
	Geradheit			Die tolerierte Achse des (äußeren) Zylinders muß innerhalb eines Zylinders vom Durchmesser $t=0,03$ mm liegen.
	Ebenheit			Die tolerierte Fläche muß zwischen zwei parallelen Ebenen vom Abstand $t = 0,05$ 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 coaxialen Zylindern liegen, die einen radialen Abstand von $t = 0,05$ mm haben.
	Linienform			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.
	Flächenform			Die tolerierte Fläche muß zwischen zwei Hüll-Flächen liegen, deren Abstand durch Kugeln vom Durchmesser $t = 0,03$ mm begrenzt wird. Die Mittelpunkte dieser Kugeln liegen auf der geometrisch idealen Fläche.

## Eintragung der geforderten Toleranz

Die Ebenheitstoleranz der oberen Werkstückfläche ist mit 0,02 mm festzulegen.

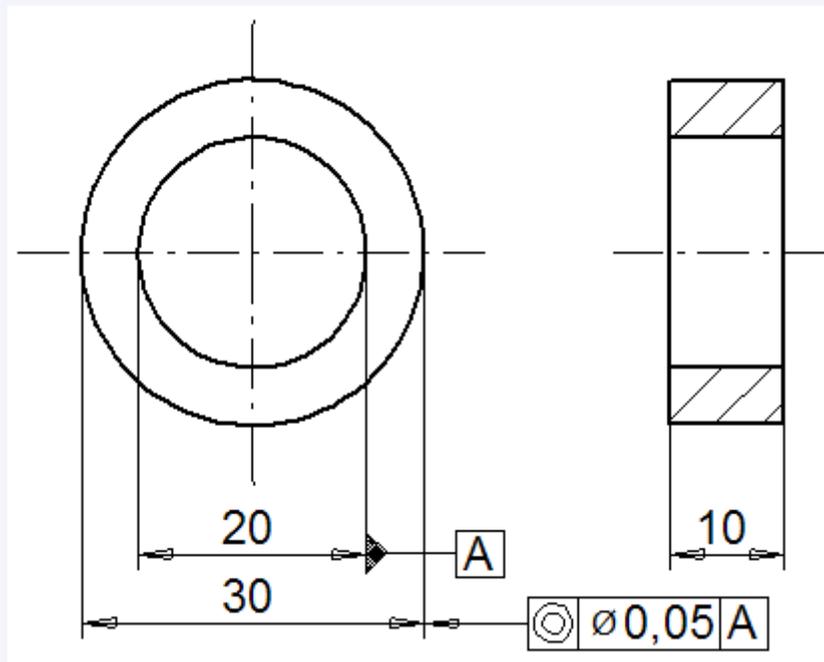


Für den kleineren Zylinder ist eine Zylinderformtoleranz von 0,01 mm anzugeben.

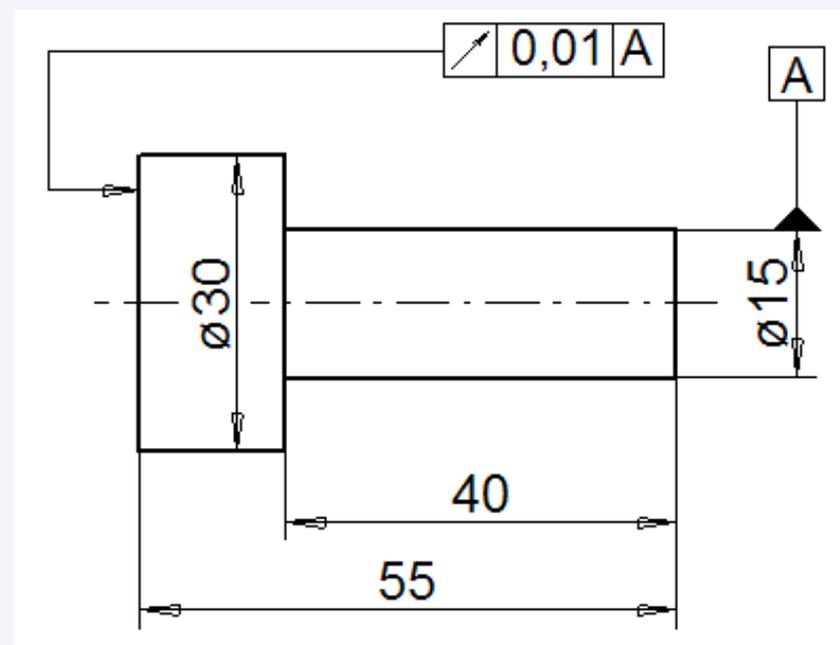


## Eintragung der geforderten Toleranz

Die Konzentritätstoleranz des Außendurchmessers zur Bohrungsachse ist mit 0,05 mm festzulegen.



Die Planlaufabweichung der linken Stirnfläche zur Achse des kleinen Zylinders darf 0,01 mm nicht überschreiten.





# *8. Oberflächenbeschaffenheit*



# Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen nach DIN

Die Norm DIN ISO 1302 gibt Symbole und zusätzliche Angaben für die Kennzeichnung der Oberflächenbeschaffenheit in Zeichnungen an.

## Auswahl der Oberflächenbeschaffenheit

Die Fertigungskosten steigen mit zunehmender Oberflächenqualität. Jedes Fertigungsverfahren hat sein eigenes Verhältnis von Rauheit und Kosten.

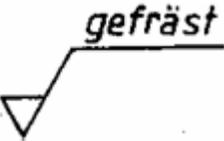
Oberflächen sollen - genau wie Maß-, Form- und Lagetoleranzen - aus wirtschaftlichen Gründen nach folgendem Grundsatz bearbeitet werden:

**So grob wie möglich, nicht feiner als nötig.**

Rauheitswerte sind so gut wie nicht berechenbar, es sind Erfahrungswerte.

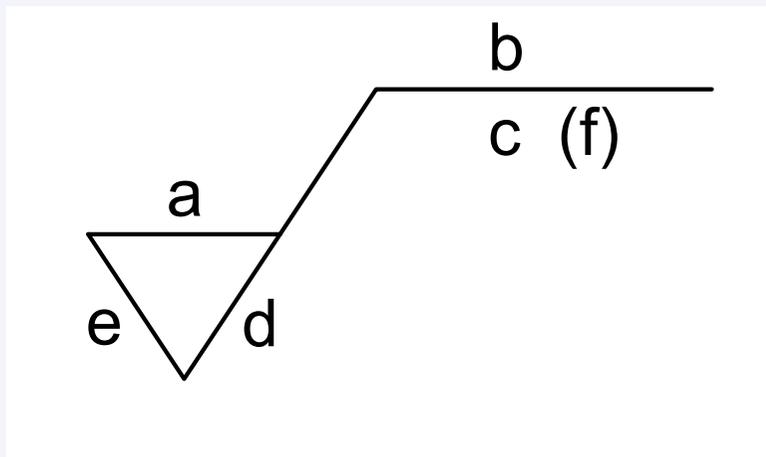
**Zwischen der Maßtoleranz und der Rauheit besteht kein gesetzmäßiger Zusammenhang.**

## Symbol für die Angabe der Oberflächenbeschaffenheit

	Grundsymbol. Die Bedeutung muss durch zusätzliche Angaben erklärt sein.
	Darf nicht mehr bearbeitet werden. Oberfläche verbleibt im Anlieferungszustand.
	Für die Kennzeichnung einer materialabhebend zu verarbeitenden Oberfläche ohne nähere Angaben.
	Symbol für materialabtrennende Bearbeitung mit Angabe des Fertigungsverfahrens.

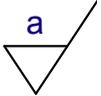
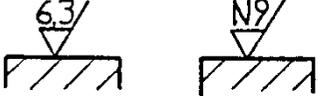
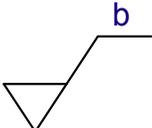
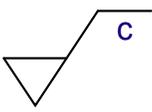
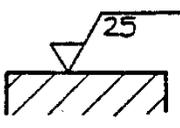
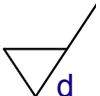
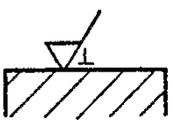
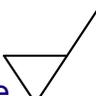
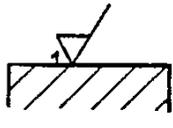
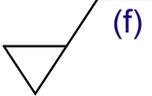
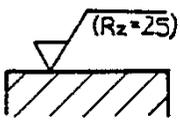
## Symbol für materialabtrennende Bearbeitung mit den 6 möglichen Angaben

Die industrielle Fertigung von Werkstücken mit großer Genauigkeit und in größeren Stückzahlen erfordert mehrere Beurteilungsmerkmale. Nach Norm können die Symbole durch Zahlen oder Kurzzeichen ergänzt werden. In den meisten Fällen wird man mit der Angabe des Rauheitswertes auskommen.



Die zusätzlichen Angaben werden um eine Schriftgröße kleiner geschrieben als die in der Zeichnung, jedoch darf aus Gründen der besseren Lesbarkeit auch die gleiche Schriftgröße benutzt werden.

# Symbol für die Angabe der Oberflächenbeschaffenheit

		<p>Rauheitswert (Mittenrauhwert) <math>R_a</math> in <math>\mu\text{m}</math> oder Rauheitsklasse N1 - N12. Der Rauheitswert legt die obere Grenze der Rauhtiefe fest.</p>
		<p>Fertigungsverfahren gefräst oder Oberflächenbehandlung (z. B. verchromt). Wortangabe gibt den Endzustand an.</p>
		<p>Bezugsstrecke in mm. Bestimmte Oberflächengüte durch Angabe dieses Bereiches.</p>
		<p>Rillenrichtung</p>
		<p>Bearbeitungszugabe z. B. Guß- und Schmiedestück</p>
		<p>Andere Rauheitsangaben in Klammern (<math>R_t</math>; <math>R_z</math>)</p>

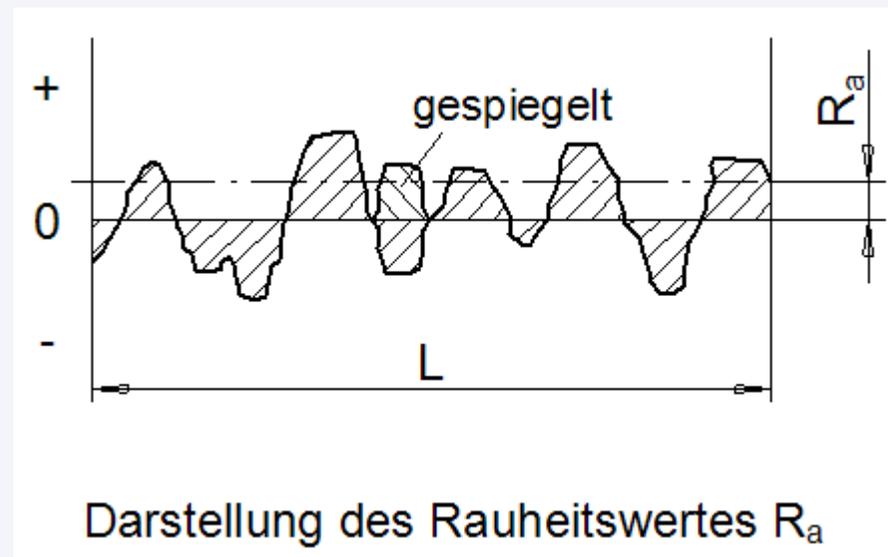
## Darstellung der drei unterschiedlichen Rauheitsmaße

1. Arithmetischer Mittenrauhwert  $R_a$
2. Rauhtiefe  $R_t$
3. Gemittelte Rauhtiefe  $R_z$

Diese drei Rauheitsmaße stehen untereinander in keinem mathematischen Zusammenhang. Eine genaue Umrechnung von  $R_a$  und  $R_t$  ist nicht möglich. Deshalb arbeiten auch die Messgeräte mit unterschiedlichen Rechensätzen. Die DIN ISO 1302 schreibt nicht vor, welche Rauheitsgröße verwendet oder bevorzugt werden soll. Entscheidend ist, welche Messgeräte angeschafft werden sollen.

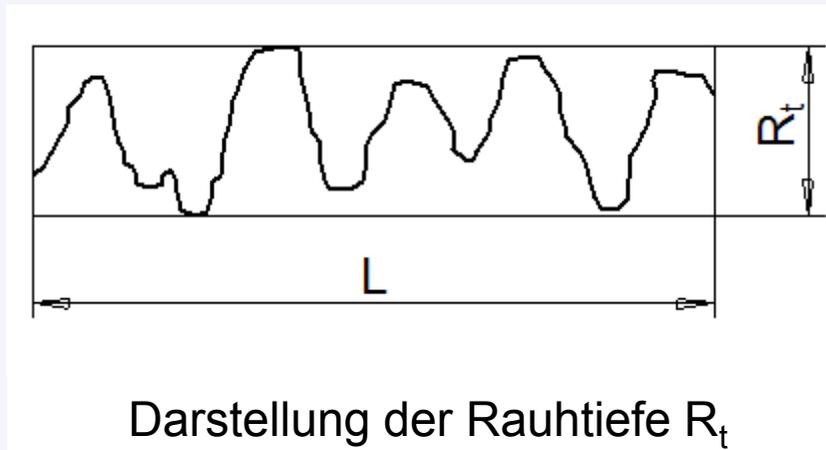
## Rauheitswert $R_a$

Die im Bild schraffierten Flächen stellen die Erhebungen bzw. Vertiefungen gegenüber der geometrisch idealen Werkstückoberfläche der Nulllinie dar. Die unterhalb dieser Linie liegenden Flächen stellt man sich nach oben geklappt vor. Die Inhalte der jetzt insgesamt über der Nulllinie liegenden Flächen werden addiert. Dividiert man die Summe der Flächeninhalte durch die Bezugslänge 1, dann erhält man eine mittlere Erhebung. Das ist der arithmetische Mittenrauhwert.



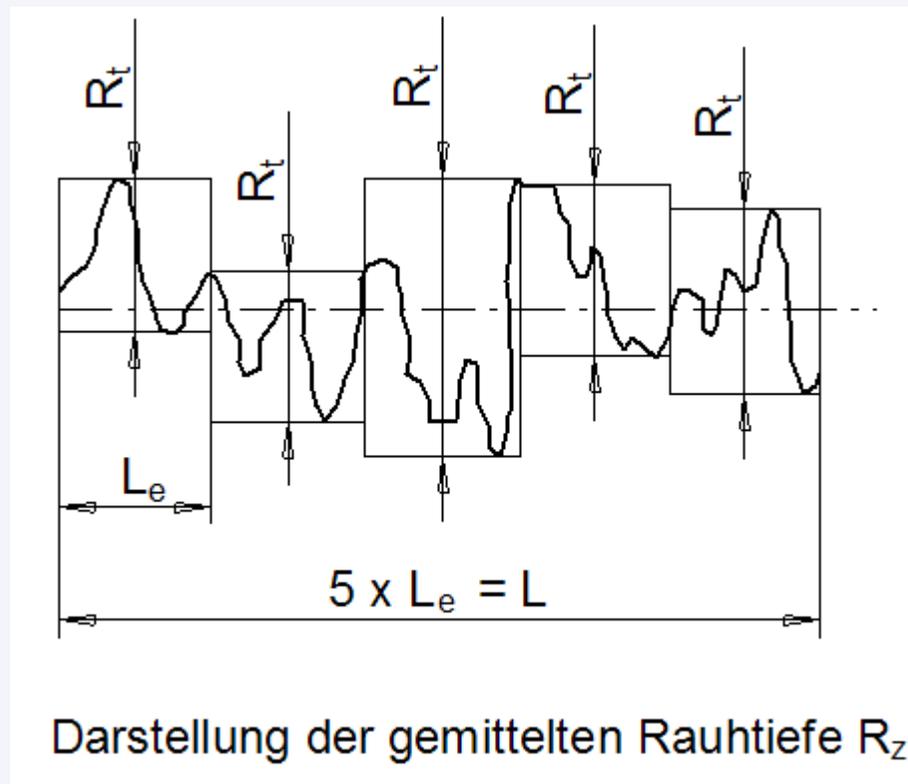
## Rauhtiefe $R_t$

Als Rauhtiefe bezeichnet man den größten senkrechten Abstand der höchsten Erhebung von der tiefsten Vertiefung innerhalb der Bezugsstrecke.



## Gemittelte Rauhtiefe $R_z$

Zur Ermittlung von  $R_z$  wird die Bezugslänge 1 zunächst in fünf gleichlange Strecken unterteilt. Innerhalb dieser Teilstrecken wird dann die jeweilige Rauhtiefe  $R_t$  ermittelt.  $R_z$  ist der arithmetische Mittelwert aus diesen fünf Einzelrauhtiefen.



## Fertigungsgerechte Tolerierung und Bemaßung – Oberflächenbeschaffenheit und Toleranzbreite

Oberflächengüte und Toleranz stehen in Wechselwirkung zueinander:

Engere Toleranzen führen zwangsläufig zu feineren Oberflächen, obwohl eine unverrückbare Festlegung nicht besteht.

Oberflächenbeschaffenheit und Toleranzbreite beeinflussen die Fertigungskosten:

Beispiel: Bearbeitungskosten für den Außendurchmesser eines Stahlzylinders

Kosten für Feinschichten = 100 %

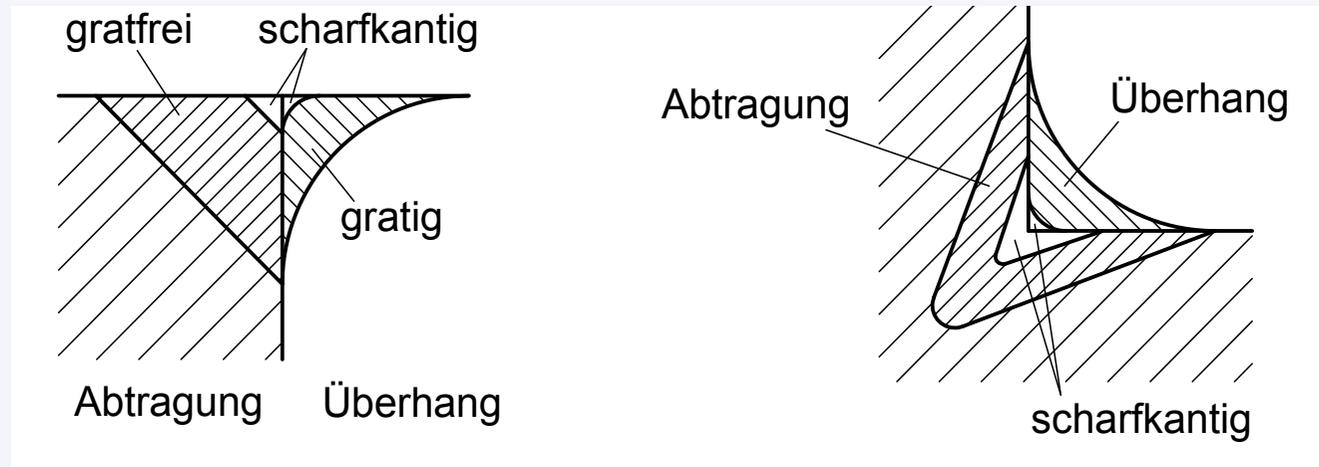
Arbeitsgang	Toleranzbreite in $\mu\text{m}$	Kosten in %
Schruppen ( $R_z \approx 100\mu\text{m}$ ), $R_a \approx 12,5$	80	25
Schlichten ( $R_z \approx 12\mu\text{m}$ ), $R_a \approx 3,2$	40	45
Feinschichten ( $R_z \approx 6,3\mu\text{m}$ ), $R_a \approx 0,8$	20	100
Schleifen ( $R_z \approx 1,5\mu\text{m}$ ), $R_a \approx 0,1$	10	170
Läppen ( $R_z \approx 0,5\mu\text{m}$ )	6	250

# *9. Sonstiges*



# Werkstückekanten nach DIN 6784

Kantenzustand:



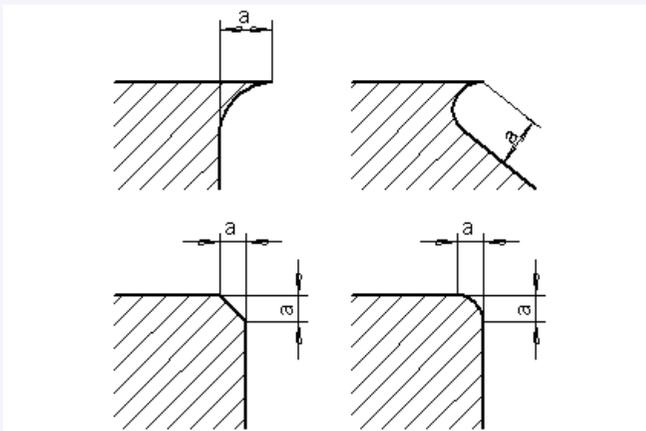
Die Norm 6784 legt sprachunabhängige Zeichnungsangaben für Kantenzustände fest. Bei Außenkanten unterscheidet man die Kantenzustände gratig, scharfkantig und gratfrei. Bei Innenkanten unterscheidet man die Kantenzustände Überhang, scharfkantig und Abtragung.

# Symbolelemente & Kantenmaße „a“

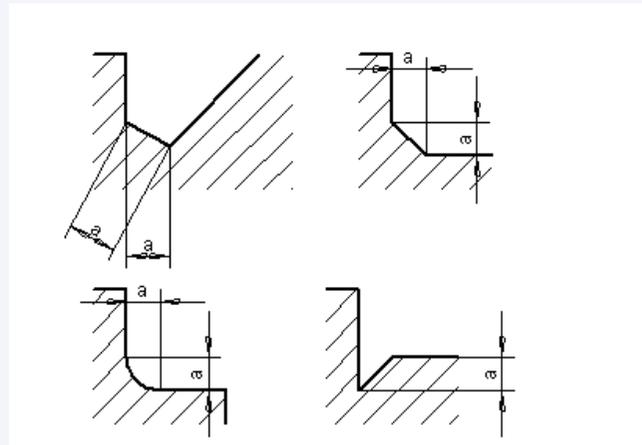
Bedeutung Symbolelemente:

Symbol- element	Bedeutung	
	Außenkante	Innenkante
+	gratig	Übergang
-	gratfrei	Abtragung
±	gratig oder gratfrei	Übergang oder Abtragung

Kantenmaße "a":



Kantenbereich einer Außenkante

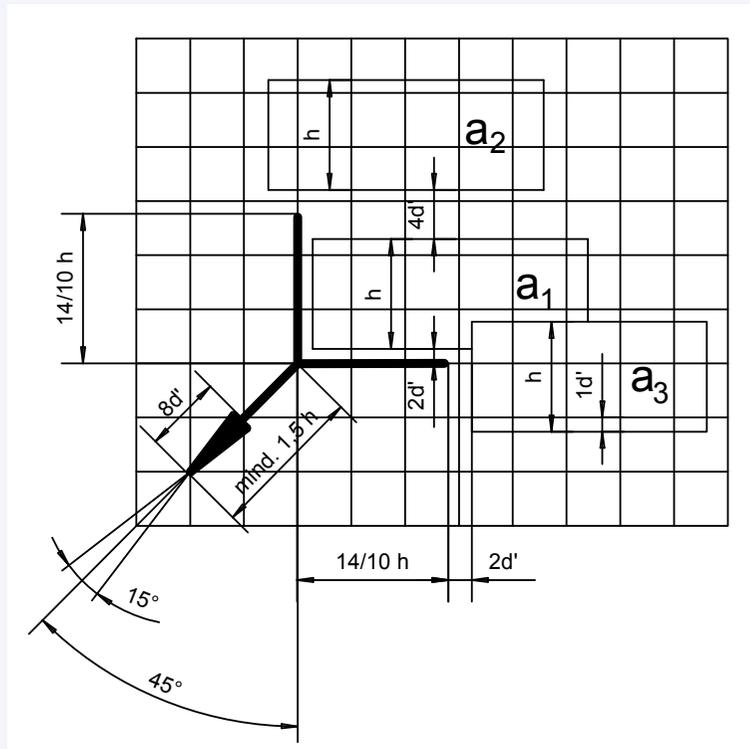


Kantenbereich einer Innenkante

## Empfohlene Kantenmaße

+2,5		
+1		für
+0,5		gratige Kanten
+0,3		oder
+0,1		Übergang
+0,05	für Scharfkantige Kanten	
+0,02		
-0,02		
-0,05		
-0,1		
-0,3		für
-0,5		gratfreie Kanten
-1		oder
-2,5		Abtragung

## Größe der Symbole mit Zusatzfeldern



Schrifthöhe $h$	3,5	5	7	10
Linienbreite für Symbole $d'$	0,35	0,5	0,7	1
Linienbreite für Beschriftung	$\frac{1}{10} h$			

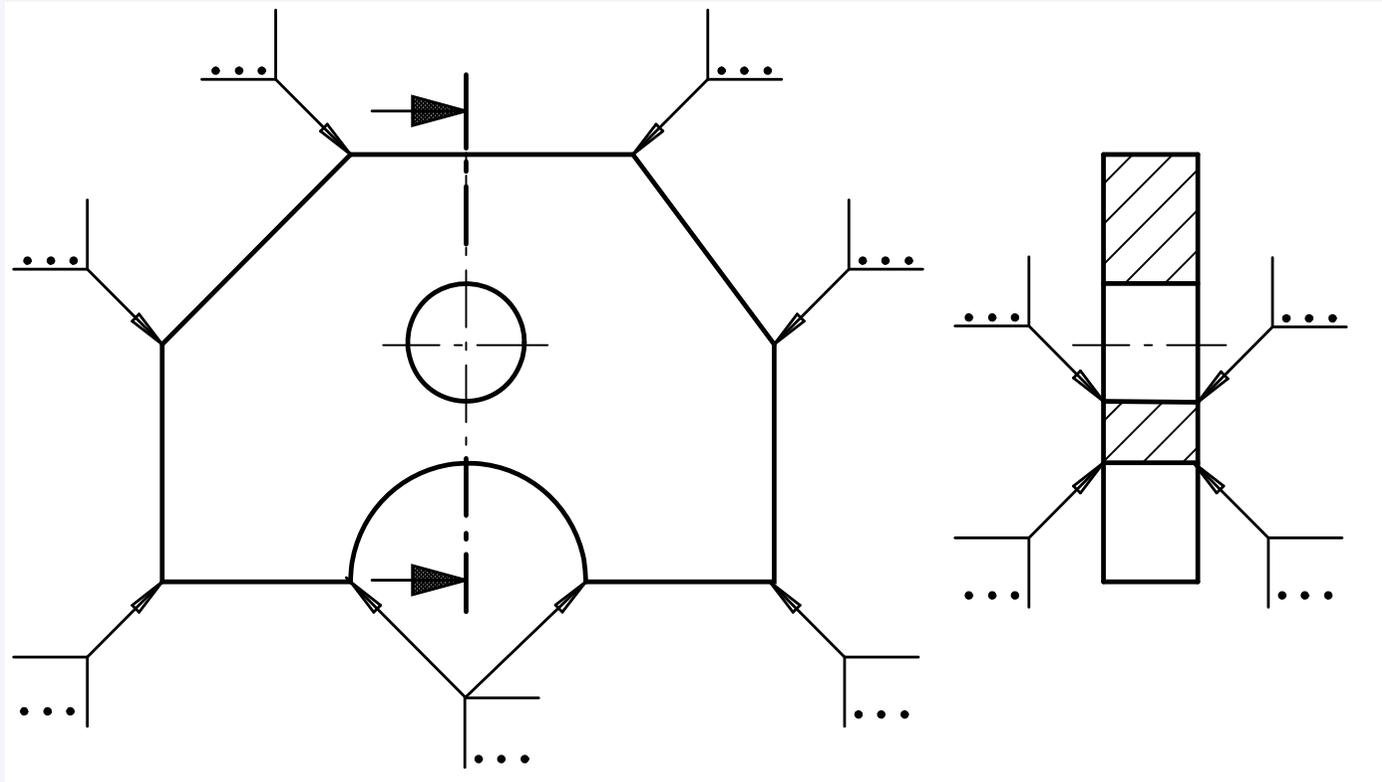
Die Länge und Richtung des Symbols kann den Gegebenheiten in der Zeichnung angepasst werden.

Feld  $a_1$  : Gratrichtung beliebig

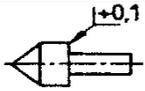
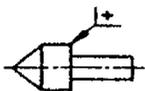
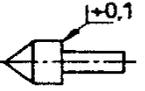
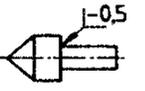
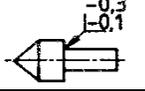
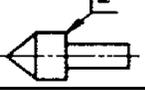
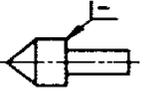
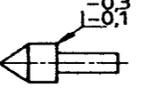
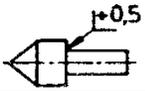
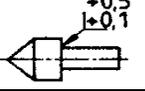
Feld  $a_2$  : Gratrichtung vorgegeben nach oben

Feld  $a_3$  : Gratrichtung vorgegeben nach unten

# Anordnung der Symbole in Zeichnungen



# Beispiele für Zeichnungsangaben

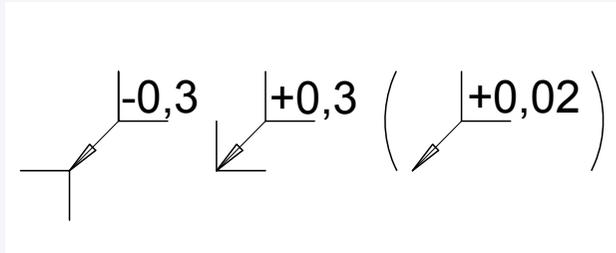
Nr.	Beispiel	Bedeutung	Erläuterung
1. Außenkanten			
1.1			gratig bis 0,1 mm, Gratrichtung beliebig
1.2			gratig, Grathöhe und Gratrichtung beliebig
1.3			gratig bis 0,1 mm, Gratrichtung vorgegeben
1.4			gratfrei bis 0,5 mm
1.5			gratfrei im Bereich von 0,1 mm bis 0,3 mm
1.6			gratfrei, Abtragung beliebig
2. Innenkanten			
2.1			mit Abtragung bis 0,5 mm
2.2			mit Abtragung im Bereich von 0,1 mm bis 0,3 mm, Abtragrichtung beliebig
2.3			mit Übergang bis 0,5 mm
2.4			mit Übergang im Bereich von 0,1 mm bis 0,5 mm

## Beispiele für Zeichnungsangaben

Eine Angabe  $\pm 0,05$  mm an einer Außenkante bedeutet wahlweise gratig bis 0,05 mm oder gratfrei bis 0,05 mm (scharfkantig).

In der früheren Ausgabe dieser Norm wurden die Kantenzustände durch Formbuchstaben und die Maße verschlüsselt angegeben.

### Weitere Angaben von Kantenzuständen



Sind zusätzlich zu einer allgemeinen Angabe weitere Angaben von Kantenzuständen erforderlich, dann werden diese neben die allgemeine Angabe in Klammern gesetzt.

# Härteangaben

Besonders belastete Bauteile oder Bereiche von Bauteilen müssen nach der Fertigung ihrer Funktion entsprechend zusätzlich wärmebehandelt werden.

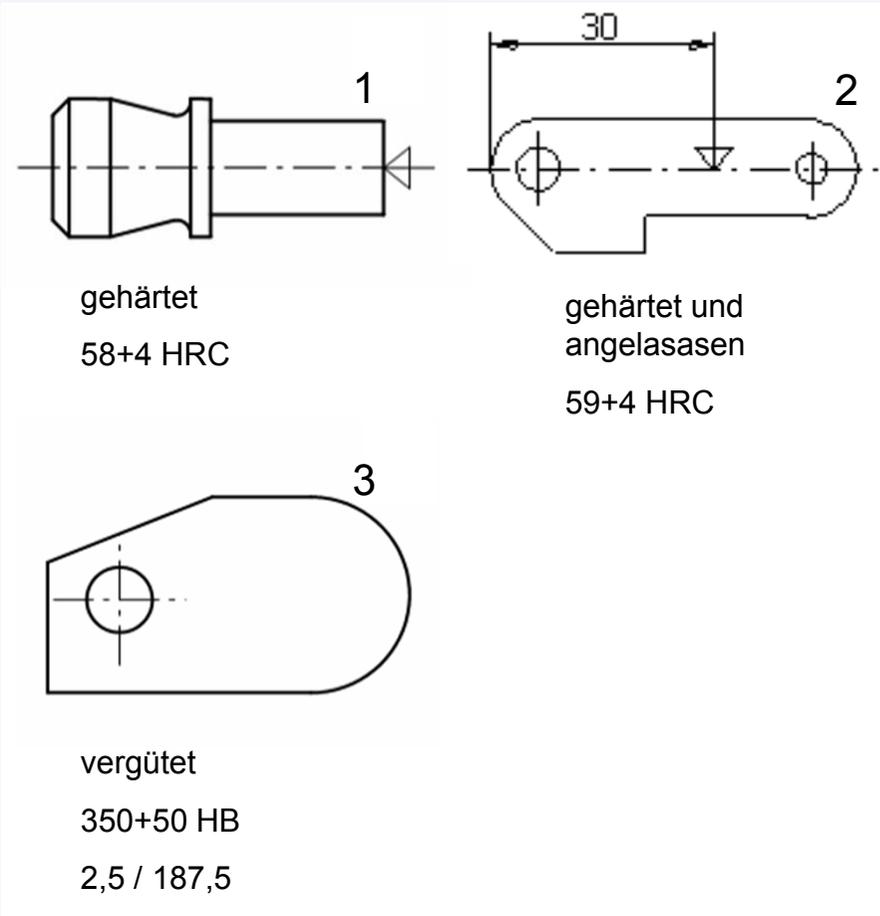
## Beispiele für Härteangaben in

### Zeichnungen:

#### Härten, Anlassen, Vergüten

Die Angaben für die Wärmebehandlung des ganzen Teiles durch Härten, Anlassen sowie Vergüten zeigen Bild 1-3.

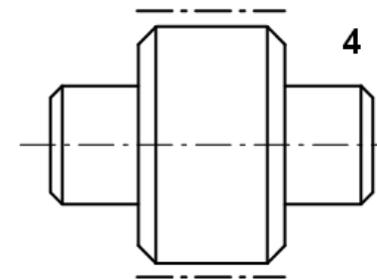
Neben der Wortangabe, z. B. "gehärtet", ist die Härteangabe in HRC mit einer entsprechenden Plus-Toleranz zu versehen. In Bild 3 ist bei der Angabe der Brinellhärte  $350 + 50 \text{ HB}$   $2,5 / 187,5$  hinter der Abkürzung HB der Kugeldurchmesser sowie die zugehörige Prüfkraft nach DIN 50351 angegeben.



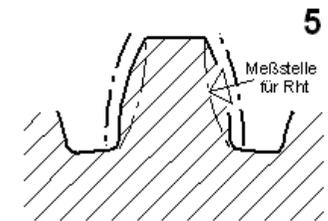
# Härteangaben

## Randschichthärten

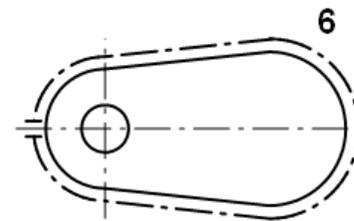
Beim Randschichthärten werden die randschichtgehärteten Bereiche durch breite Strichpunktlinien außerhalb der Körperkanten gekennzeichnet (Bild 4-6). In Bild 5 ist der Verlauf der Randschichthärtung im Zahn durch schmale Strichpunktlinien verdeutlicht und eine Meßstelle angegeben. Ergibt sich bei der Randschichthärtung eines Teiles durch Flammhärten eine Schlupfzone, so wird ihre Lage durch ein Symbol gekennzeichnet (Bild 6).



--- randschicht-  
gehärtet  
620+160 HV 50  
Rht 500 = 0,8+0,8



--- randschicht-  
gehärtet und angelas-  
sen  
59+5 HRC  
Rht 500 = 0,8+0,8

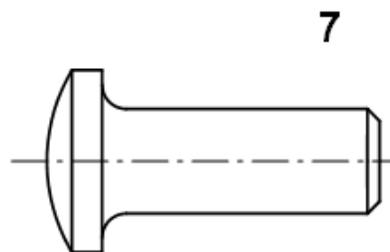


--- randschicht-  
gehärtet und angelas-  
sen  
50+4 HRC  
Rht 400 = 1,3+1,1

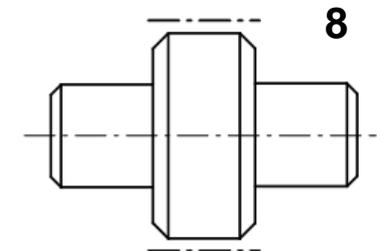
# Härteangaben

## Einsatzhärten

Das Einsatzhärten von Werkstücken kann allseitig (Bild 7), mit unterschiedlicher Oberflächenhärte bzw. Einsatzhärtungstiefe oder stellenweise (Bild 8) durchgeführt werden. Im letzten Falle ist der einsatzgehärtete Bereich durch breite Strichpunktlinien außerhalb der Körperkanten zu kennzeichnen.



7  
einsatzgehärtet und  
angelassen  
69+4 HRC  
Eht = 0,8+0,4

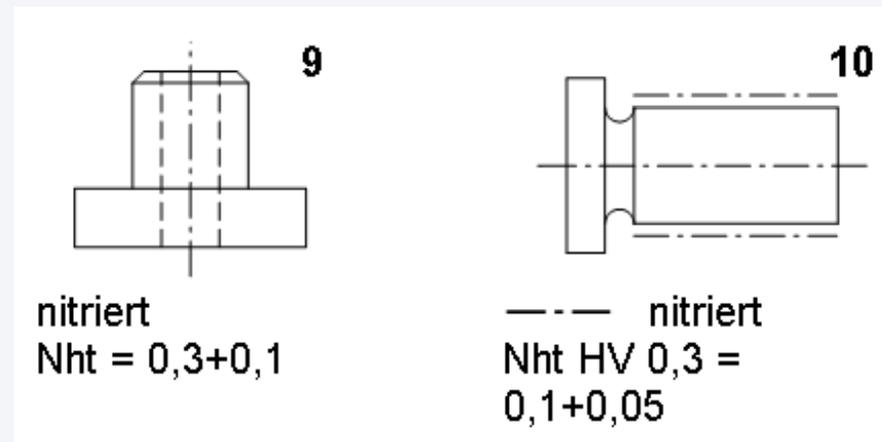


8  
--- einsatz-  
gehärtet und angelas-  
sen  
700+100 HV 30  
Eht 600 HV 30 =  
0,5+0,3

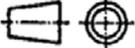
# Härteangaben

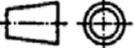
## Nitrierhärten

Beim Nitrierhärten unterscheidet man die Nitrierung des ganzen Teiles (Bild 9) oder eine örtlich begrenzte Nitrierung (Bild 10). Im letzten Falle sind die Bereiche des Werkstückes, die nitriert werden müssen, durch breite Strichpunktlinien außerhalb der Körperkanten zu kennzeichnen.

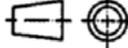
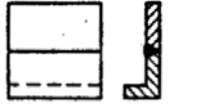
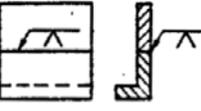
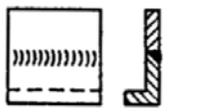
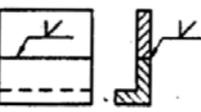
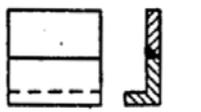
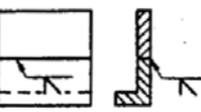
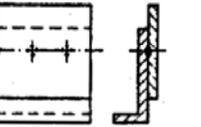
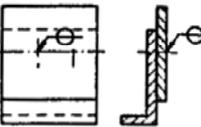
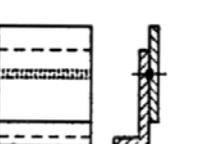
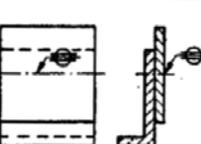
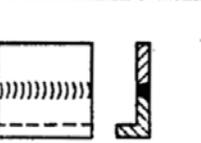
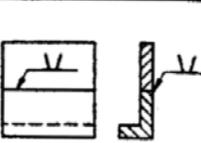
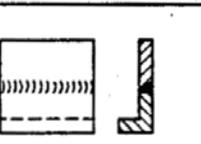
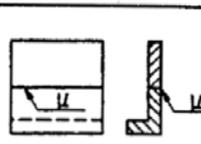


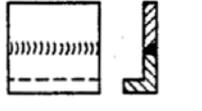
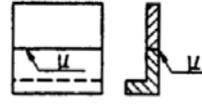
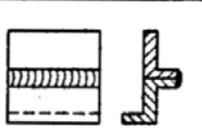
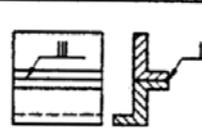
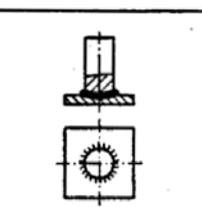
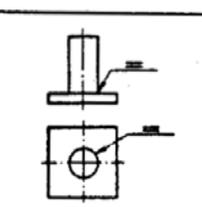
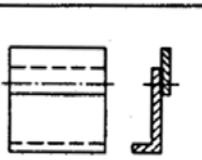
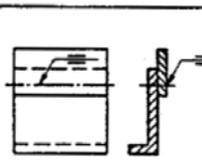
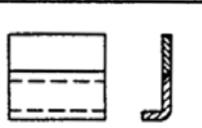
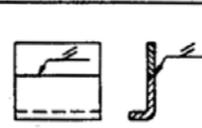
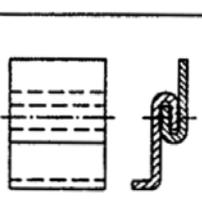
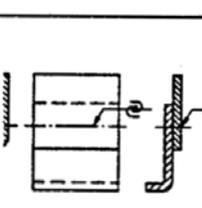
# Zeichnerische Darstellung Schweißen und Löten

Benennung und Symbolnummer	Darstellung	
	Methode E 	
	erläuternd	symbolhaft
Bördelnaht  1		
I-Naht     2	Obere Werkstückfläche 	
Y-Naht  5		
HY-Naht  6		
U-Naht  7		
HU-Naht  8		

Benennung und Symbolnummer	Darstellung	
	Methode E 	
	erläuternd	symbolhaft
HU-Naht  8		
Kehlnaht  10		
Lochnaht  11		

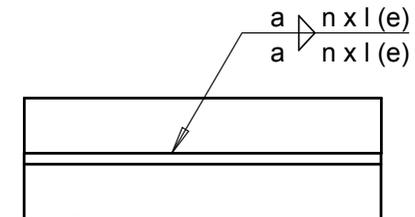
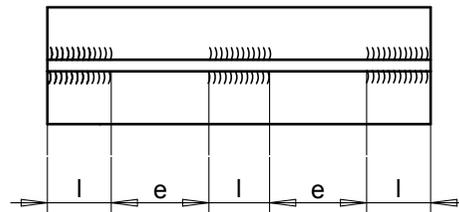
# Zeichnerische Darstellung Schweißen und Löten

Benennung und Symbolnummer	Darstellung	
	Methode E 	
	erläuternd	symbolhaft
V-Naht 3		
HV-Naht 4		
		
Punktnaht 12		
Liniennaht 13		
Steilflanken-naht 14		
Halb-Steilflanken-naht 15		

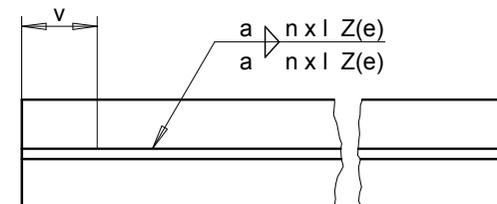
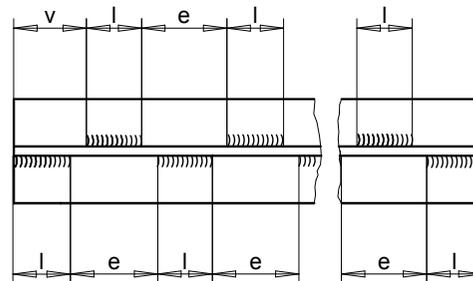
Benennung und Symbolnummer	Darstellung	
	Methode E 	
	erläuternd	symbolhaft
Halb-Steilflanken-naht 15		
Stirnflach-naht 16		
Flächen-naht 17		
Flächen-naht 17		
Schräg-naht 18		
Falznaht 19		

# Zeichnerische Darstellung Schweißen und Löten

Doppelkehlnaht unterbrochen, gegenüberliegend ohne Vormaß  
(gegenüberliegende Kehlnahtmaße können verschieden sein).



Doppelkehlnaht unterbrochen, versetzt mit Vormaß. Das Zeichen für unterbrochene, versetzte Doppelkehlnähte bei einem Vormaß ist Z.

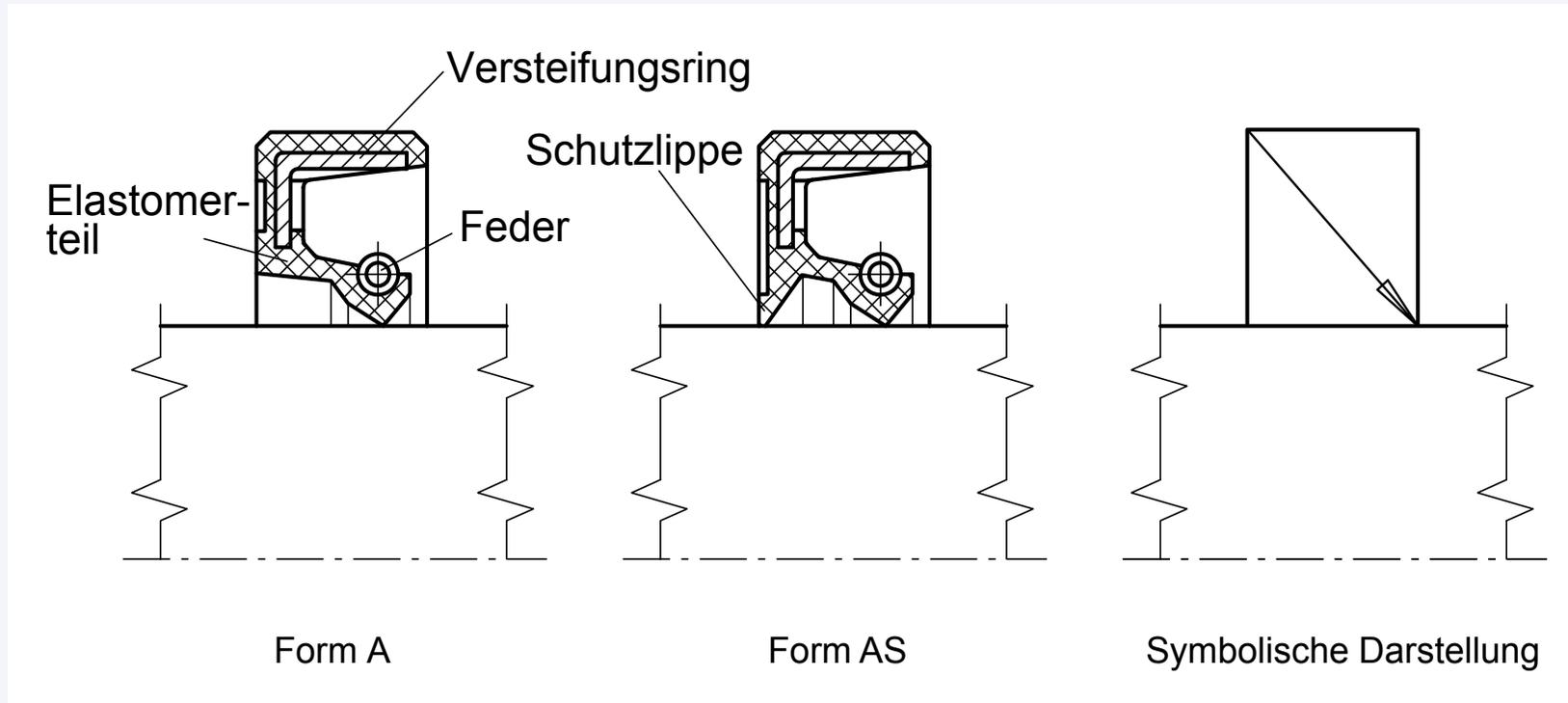


## Bezeichnungsbeispiel Schweißzeichen

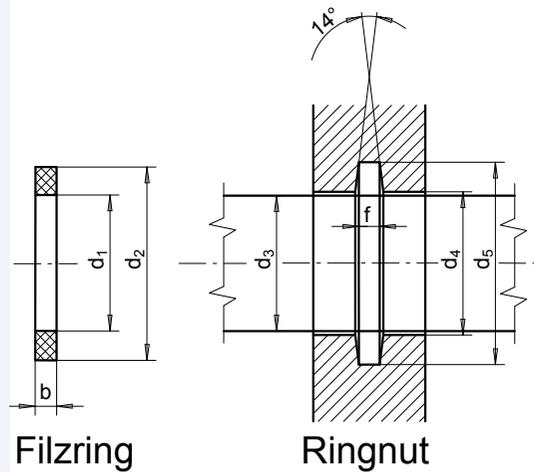


○	ringsum-verlaufende Naht
▲	Montagenaht
6	Nahtdicke
▨	Kehlnaht, hohl
111	Lichtbogenhandschweißen
DIN 8563-BG	Bewertungsgruppe
w	Wannenposition
DIN 1913-E 5122 RR6	Stabelektrode

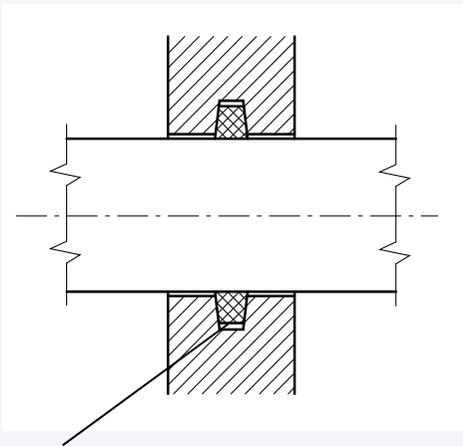
# Radialwellendichtringe



# Filzringe und Filzringstreifen nach DIN 5419



Anwendungsbeispiel:



Der Filzring und auch der Filzstreifen darf im Grunde der Ringnut (Maß d5) nicht aufsitzen.

$d_1$		$b$		$d_2$		Für Wellendurchmesser $d_3$
	zul. Abw.		zul. Abw.		zul. Abw.	
17	±0,4	4	±0,4	27	±0,5	17
20				30		20
25	±0,4	5	±0,4	37	±0,5	25
26				38		26
28				40		28
30				42		30
				44		32
				47		35
				48		36
				50		38
				52		40
				54		42
	57	45				
48	±0,5	6,5	±0,4	64	±0,6	48
50				66		50
52	±0,6			68		52
55				71		55
58				74		58
60				76		60
65				81		65
				88		70
70	±0,6	7,5	±0,5	90		72
72				93		75
75						

# Darstellung von Federn in technischen Zeichnungen nach DIN ISO 2162 (Auszug)

Druckfedern  
DIN 2095

	in Ansicht	im Schnitt	Sinnbild
Druckfedern DIN 2095			
Zugfedern DIN 2097			

Zugfedern  
DIN 2097

# Normteile

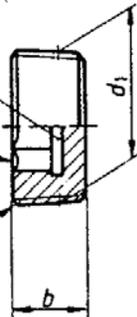
## DIN 906

$d_1$  (kegelig): 8 bis 60

Gestaltung des Sechskantgrundes nach Wahl des Herstellers

Innensechskant  $s_1$  unter  $45^\circ$  bis auf e gesenkt

Herstellungstechnisch bedingte Fase des Gewindes bis auf Gewinde-Kerndurchmesser

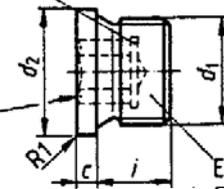


## DIN 908

$d_1$ : 10 bis 64

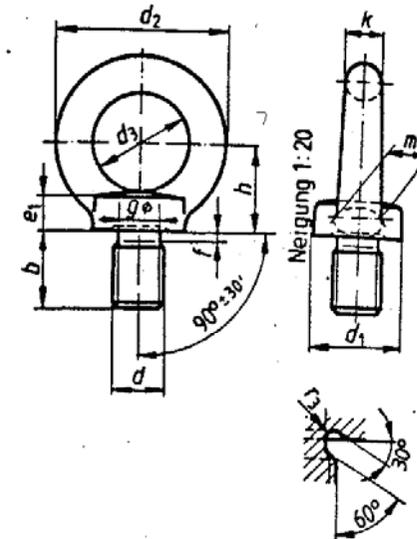
Gestaltung des Sechskantgrundes nach Wahl des Herstellers

Innensechskant  $s_2$



Einschraubzapfen Form A nach DIN 3852 T1 und T2

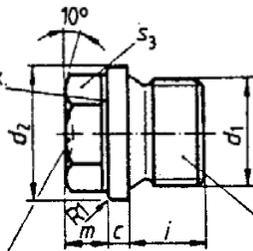
## DIN 580 Ringschraube



## DIN 910

$d_1$ : 10 bis 64

Zylindrischer Ansatz oder Radius 0,8 max. zulässig



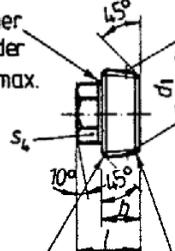
Preßtechnisch bedingte Einsenkung zulässig

Einschraubzapfen Form A nach DIN 3852 T1 und T2

## DIN 909

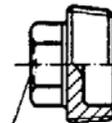
$d_1$  (kegelig): 10 bis 60

Zylindrischer Ansatz oder Radius 0,8 max. zulässig



$d_1 \approx 18$  Vollkörper

$d_1 > 18$  Hohlkörper

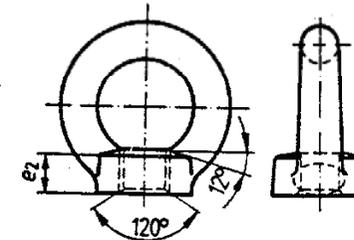


Preßtechnisch bedingte Einsenkung zulässig

Herstellungstechnisch bedingte Fase des Gewindes bis auf Gewinde-Kerndurchmesser

übrige Maße und Angaben wie linkes Bild

## DIN 582 Ringmutter



Bezeichnung einer Verschlußschraube mit Gewinde  $d_1 = M20 \times 1,5$ , aus Stahl (St):  
**Verschlußschraube DIN 908-M20 x 1,5-St**

Bezeichnung einer Verschlußschraube mit Gewinde  $d_1 = G\frac{1}{2}A$ , aus Stahl (St):  
**Verschlußschraube DIN 908-G $\frac{1}{2}$ A-St**

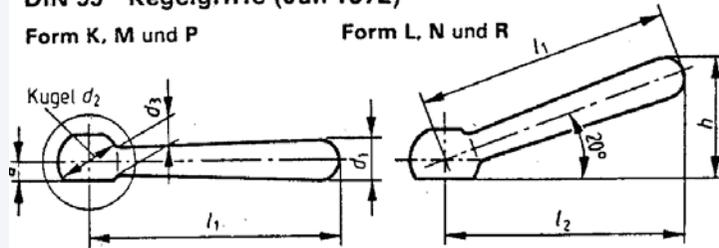
Bezeichnung z. B.  
**Ringschraube DIN 580-M20**

# Normteile

## DIN 99 Kegelgriffe (Jun 1972)

Form K, M und P

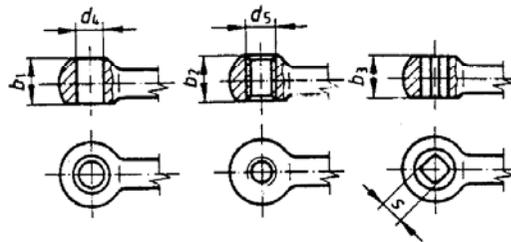
Form L, N und R



Form mit Griffaufnahme durch Bohrung	Gewinde	Vierkant
$d_4$	$d_5$	$s$
K	M	P
L	N	R

Übrige Maße und Angaben wie Form K, M und P

Form K und L Form M und N Form P und R für  $l_1$  ab 63 mm



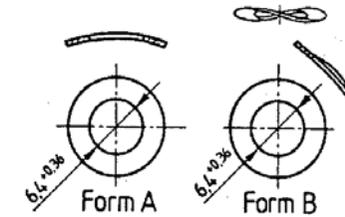
Kegelgriffe sind vielseitig verwendbar, z. B. die Formen B C F und G für Stangen zum Übertragen von Drehbewegungen, Formen D und E für häufig zu betätigende Schraubverbindungen bei Vorrichtungen, Deckeln usw. Sie werden auch mit Augenschrauben nach DIN 444 verwendet.

Bezeichnung z. B. Form L,  $l_1 = 100$  mm:

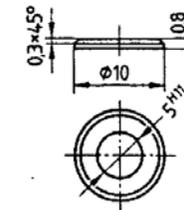
Kegelgriff L100 DIN 99

Werkstoff: Automatenstahl nach DIN 1651, Sorte nach Wahl des Herstellers

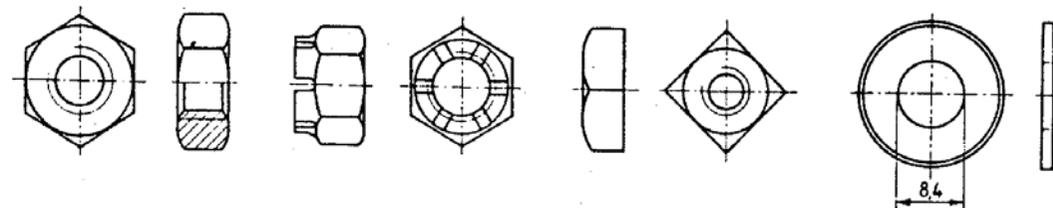
Ausführung: Oberfläche poliert; zusätzlichen Oberflächenschutz bei Bestellung vereinbaren.



Federscheibe DIN 137 – A6  
Federscheibe DIN 137 – B6



Blanke Scheibe  
DIN 1440 – 5

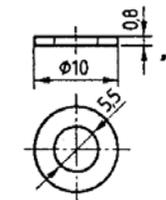


Sechskantmutter  
DIN 934 – M8 B 8

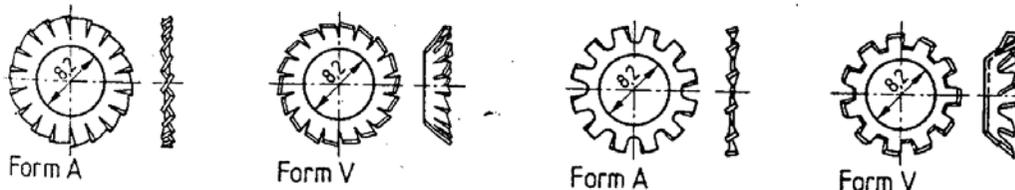
Kronenmutter  
DIN 935 – M20 8

Vierkantmutter  
DIN 557 – M6

Scheibe B<sup>1)</sup>  
DIN 125 – 8,4 St 37



Rohe Scheibe  
DIN 1441 – 5,5



Form A

Form V

Form A

Form V

Fächerscheibe DIN 6798 – A 8,2  
Fächerscheibe DIN 6798 – V 8,2

Zahnscheibe DIN 6797 – A 8,2  
Zahnscheibe DIN 6797 – V 8,2

# Normteile

## DIN 1587 Hutmuttern, hohe Form (Jun 1987)

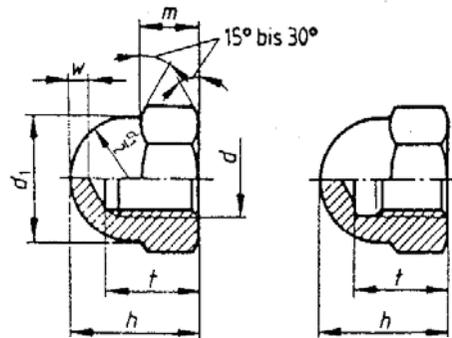


Tabelle 378.2 Hutmuttern, hohe Form DIN 1587

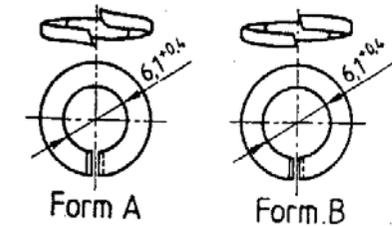
	$d$	$d_1$	$h$	$s$	$t$	$m$	$w \geq$
M 6	-	9,5	12	10	8	5	2
M 8	M 8 × 1	12,5	15	13	11	6,5	2
M10	M10 × 1	16	18	17	13	8	2
M12	M12 × 1,5	18	22	19	16	10	3
M16	M16 × 1,5	23	28	24	21	13	3
M20	M20 × 2	28	34	30	26	16	3
M24	M24 × 2	34	42	36	31	19	3

bis M10: Gewinderille oder Auslauf; ab M12: Gewindefreistich

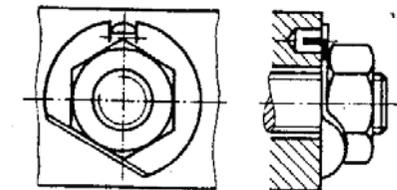
Für M10 und M12 wurden zusätzlich die Schlüsselweiten 16 und 18 mm nach DIN ISO 272 aufgenommen. Sie müssen jedoch in der **Bezeichnung** angegeben werden. Beispiel wie bei Kronenmutter nach DIN 979 (s. vorstehend).

**Festigkeitsklasse (Werkstoff):** Stahl: 6 nach DIN ISO 898 T2; nichtrostender Stahl A1-50 nach DIN 267 T11; Nichteisenmetall CU3, CU6 nach DIN 267 T18.

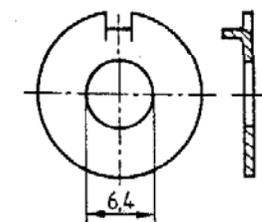
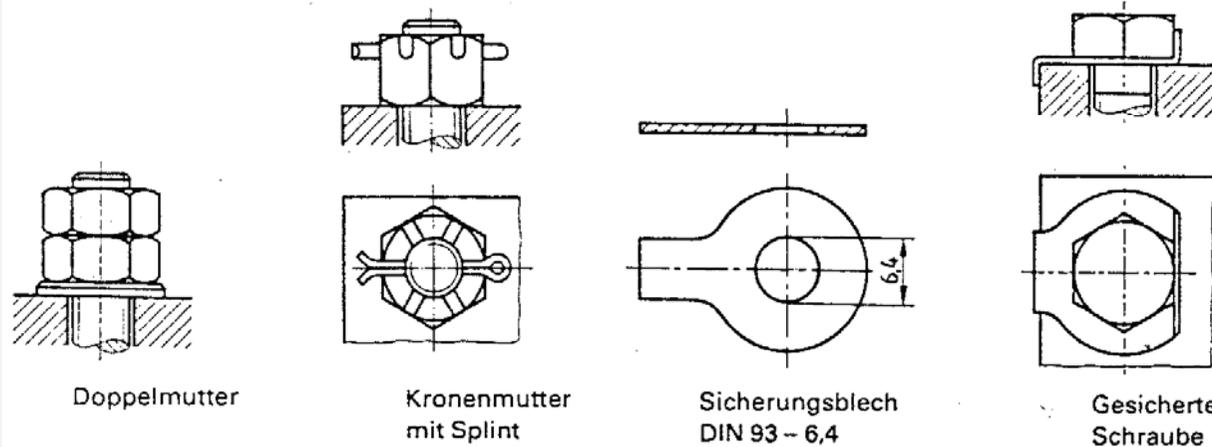
**Bezeichnung** z. B. Hutmutter DIN 1587-M10-6



Federring DIN 127 - A6  
Federring DIN 127 - B6

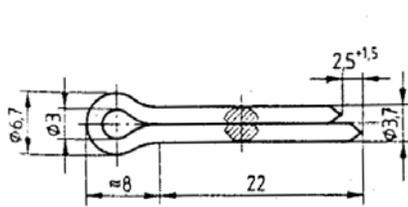


Gesicherte Mutter

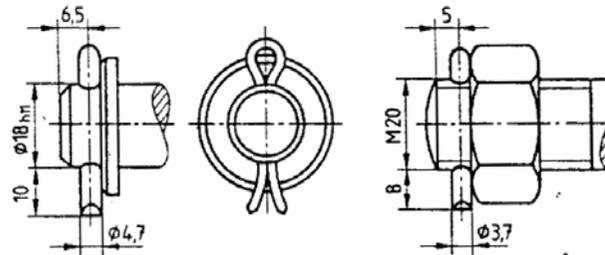


Sicherungsblech  
DIN 432 - 6,4

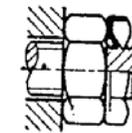
# Normteile



7.160 Splint DIN 94 – 4 × 22



7.161 Splinte an Bolzen und Schraubenenden

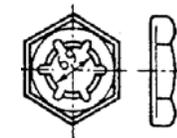


Sicherung der Sechskantmutter

## DIN 71412 Kegelschmiernippel mit metrischem Gewinde (Nov 1987)

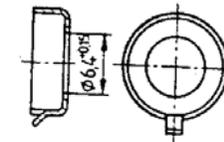
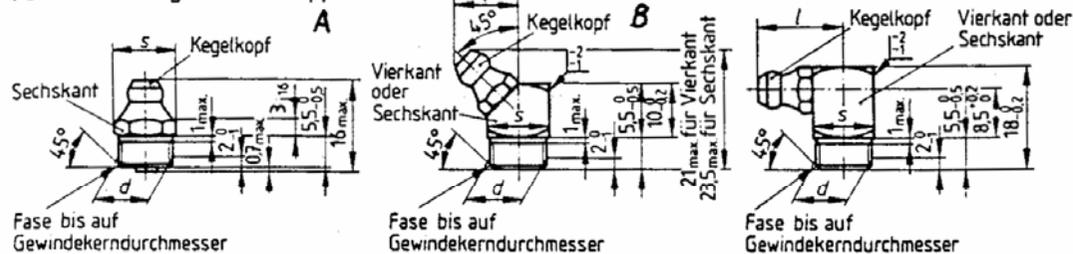
Der Kegelschmiernippel hat den Vorrang in der neuzeitlichen Abschmiertechnik, er genügt allen modernen praktischen Anforderungen.

Dieser Nippel eignet sich für alle vorgenannten Pressen. Die Greifkupplung umfaßt den Nippelkopf formschlüssig. Da kein Druck auf die Kupplung ausgeübt zu werden braucht, kann ein Mann auch mit einer Fußpresse das Abschmieren allein ausführen. Bei geringem Platzbedarf ist der Schwenkbereich für Nippel und Greifkupplung ausreichend. Die einfache Handhabung ermöglicht leckfreies Abschmieren auch bei seitlichem Aufsetzen und in anderen schwierigen Lagen.



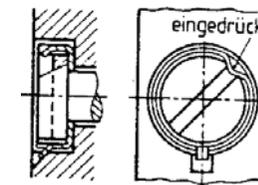
Sicherungsmutter  
DIN 7967 – M6

### Formen der Kegelschmiernippel



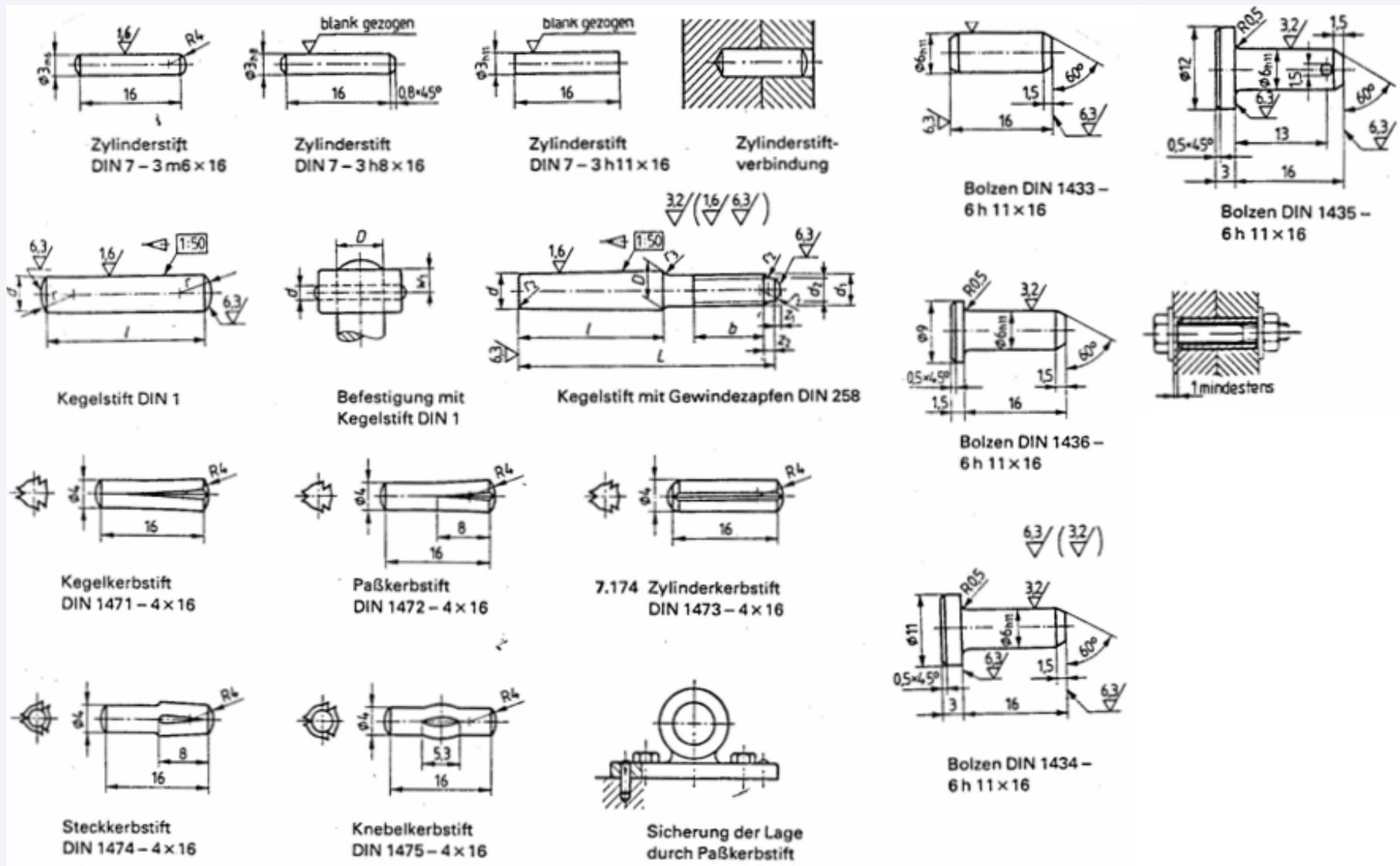
Sicherungsnapf  
DIN 526 – 6

Form	d			l		s h13		Kernloch für selbstformendes kegeliges Außengewinde ±0,1
	metrisches kegeliges Außengewinde nach DIN 158 <sup>1)</sup>	selbstformendes kegeliges Außengewinde <sup>2)</sup>	Whitworth-Rohrgewinde DIN 2999 T1 (Kurzausführung) <sup>3)</sup>	bei Form B ≈	bei Form C ≈	Sechskant für Form A	Vier- oder Sechskant* für Form B und C	
A	M6 keg kurz	S6	-	10	14,3	7	9	5,6
B	M8 × 1 keg kurz	S8 × 1	-	10	14,3	9	9	7,5
C	M10 × 1 keg kurz	S10 × 1	R ½	11	15,3	11	11	9,5



Sicherung der Zylinderschraube

# Normteile

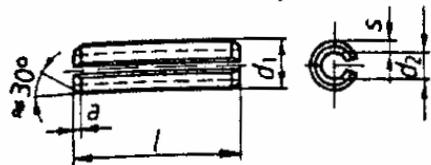


# Normteile

## DIN 1481 Spannstifte (Spannhülsen), schwere Ausführung (Nov 1978)

Spannstifte werden überwiegend zum Verbinden von zwei und mehr Konstruktionsteilen verwendet und sind geeignet, Scherkräfte aufzunehmen. Sie können auch bei Schraubenverbindungen angewendet werden, bei denen ohne hohe Vorspannung ein Verschieben der verschraubten Teile gegeneinander vermieden werden soll (s. Einbaubeispiel).

bis 6 mm Nenndurchmesser



ab 8 mm Nenndurchmesser

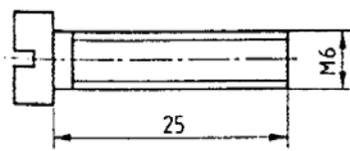


z. B.  
Spannstift DIN 1481-  
10 x 40

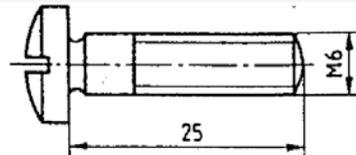
Tabelle 391.1 Spannstifte nach DIN 1481; zugehörige Schrauben und Scheiben

Nenndurchmesser		6	8	10	12	16	18	20	25	30	35	40	45	50
$a$		1,2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4
vor dem Einbau	$d_1$ min.	6,4	8,5	10,5	12,5	16,5	18,5	20,5	25,5	30,5	35,5	40,5	45,5	50,5
	$d_1$ max.	6,7	8,8	10,8	12,8	16,8	18,9	20,9	25,9	30,9	35,9	40,9	45,9	50,9
	$d_2 \approx$	3,9	5,5	6,5	7,5	10,5	11,5	12,5	15,5	18,5	21,5	25,5	28,5	31,5
	$s$	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	7,5	8,5	9,5
$l$	von	10	10	10	10	10	10	10	14	14	20	20	20	20
	bis	100	120	160	180	200	200	200	200	200	200	200	200	200
für Schraube		M3	M4	M5	M6	M8	M10	-	M14	-	M20	M24	M27	M30
zugehörige Scheibe DIN 7349		3,2	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	-	15	-	21	25	28	31

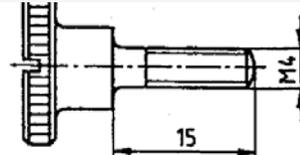
# Normteile



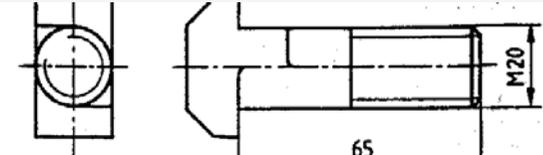
Zylinderschraube  
DIN 84 – M6 × 25 – 4.8



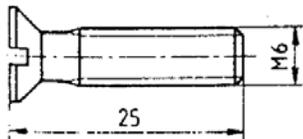
Linsenzylinderschraube Ri<sup>2</sup>)  
DIN 85 – M6 × 25 L<sup>2</sup>) 4.8



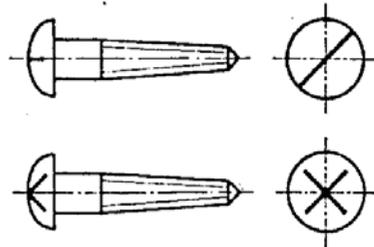
Rändelschraube  
DIN 465 – M4 × 15 Ms 58



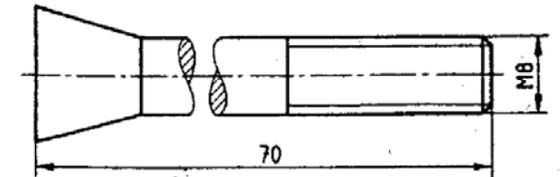
Hammerschraube DIN 188 – M20 × 65



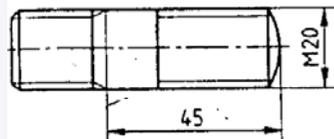
Senkschraube B<sup>1</sup>)  
DIN 87 – M6 × 25 K<sup>2</sup>) 5.8



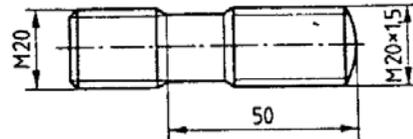
Halbrundholzschrauben mit  
Längs- und Kreuzschlitz



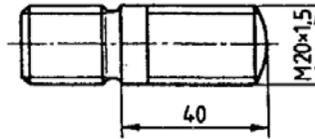
Kegelsenkschraube



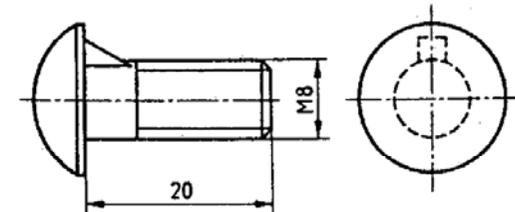
Stiftschraube  
DIN 939 – M20 × 45 – 5.6



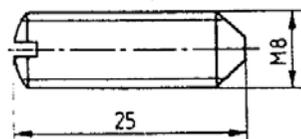
Stiftschraube B  
DIN 962 – M20 × 1,5 × 50



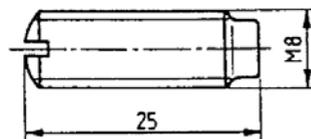
Stiftschraube  
M20 × 1,5 × 40



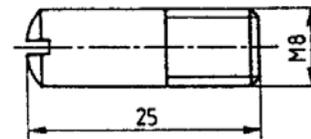
Halbrundschrabe DIN 607 – M8 × 20



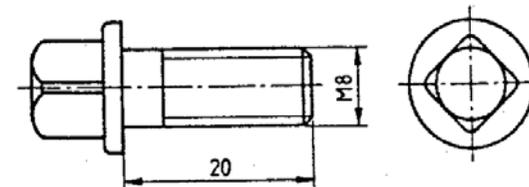
Gewindestift  
DIN 553 – M8 × 25 – 4.6



Gewindestift  
DIN 417 – M8 × 25



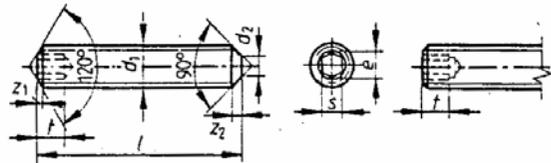
Schaftschraube  
DIN 427 – M8 × 25



Vierkantschraube DIN 478 – M8 × 20 – 5.8

# Normteile

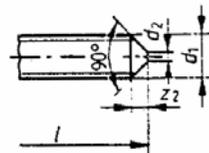
**DIN 913** mit Kegelspitze: M1,4 bis M2,5 und M3 bis M24



Gestaltung des Innensechskantes nach Wahl des Herstellers

Innensechskant kann bis auf  $e$  unter  $\approx 120^\circ$  ausgeneskt werden

**DIN 914** mit Spitze: M3 bis M24

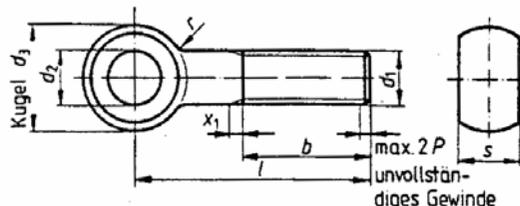


$r$  für  $\leq M5:0,3$  M6 und  
M8:0,4 M10:0,5  
M12:0,6 M16:0,8  
>M16:1

sonstige Maße wie DIN 913

**DIN 444 Augenschrauben (Apr 1983)**

**DIN 6331 Sechskantmuttern 1,5  $d$  hoch mit Bund; Metrisches Gewinde (Nov 1986)**



$x_1$  nach DIN 76 T 1

Sechskantmuttern nach DIN 6331 werden für Gewindeverbindungen verwendet, die häufig angezogen und wieder gelöst werden, z. B. in Verbindung mit Augenschrauben in Vorrichtungen (s. Anwendungsbeispiel Bild rechts) →

**DIN 444**

- Form A (Produktklasse C = Ausführung g)
- Form B (Produktklasse B = Ausführung mg)
- Form C (Produktklasse A = Ausführung m)

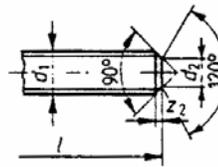
Bezeichnung einer Augenschraube Form A (Produktklasse C), mit Gewinde  $d_1 = M10$ , Länge  $l = 70$  mm und Festigkeitsklasse 4.6:

**Augenschraube DIN 444-AM10 x 70-4.6**

Bezeichnung einer Sechskantmutter mit Bund mit Gewinde M12; Festigkeitsklasse 10:

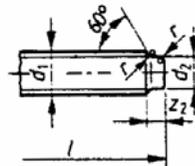
**Sechskantmutter DIN 6331-M12-10**

**DIN 916** mit Ringschneide

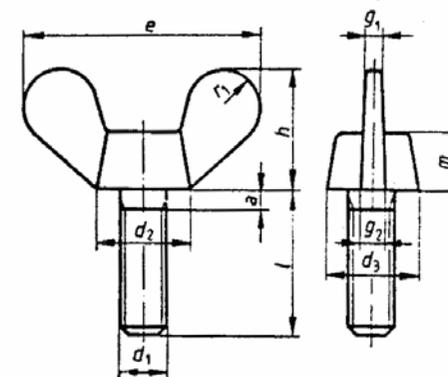


im übrigen wie DIN 913

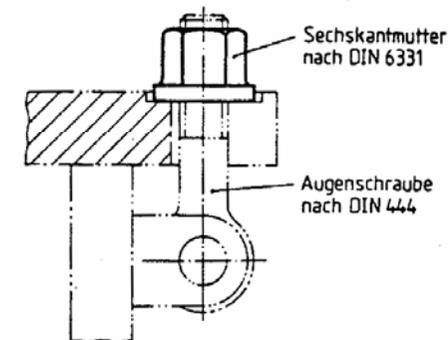
**DIN 915** mit Zapfen



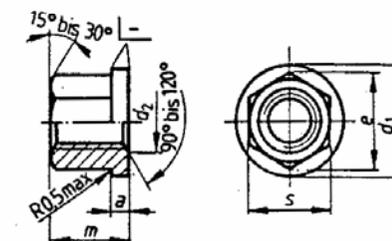
im übrigen wie DIN 913



**Flügelerschraube DIN 316-M10 x 30-4.6**



Anwendungsbeispiel für Augenschrauben



Sechskantmuttern, hoch mit Bund, DIN 6331

# *10. Kontrolle von technischen Zeichnungen*



## Anforderungen an eine Zeichnung

- Vollständigkeit,
- Übersichtlichkeit,
- Fehlerfreiheit,
- Einsparung überflüssiger Schnitte und Ansichten,
- keine Doppelangaben,
- keine übertriebenen Anforderungen an die äußere Aufmachung,
- Bleistiftzeichnung - Tuschezeichnung (Mikroverfilmung),
- Zeitersparnis durch "Einzeichnenmethode",
- evtl. Pausfähigkeit - Pausen billigstes Vervielfältigungsverfahren.

## Kontrollfragen zur Darstellung

- Anordnung:** Ist das Teil in der Gebrauchslage gezeichnet?  
Ausnahme: Bei Einzelteilzeichnungen von Drehteilen liegt die Symmetrieachse horizontal.
- Ansichten:** Sind alle Ansichten und Schnitte vorhanden, die erforderlich sind, um das Teil eindeutig darzustellen?  
Sind die Ansichten richtig geklappt, wenn nicht, sind sie bezeichnet (z. B. Ansicht in Richtung X)?
- Schnitte:** Wurden die Schnitfführungen in Bezug auf das Vorstellungsvermögen nicht zu kompliziert gelegt und sind Richtungsänderungen der Schnitfführungen größer oder gleich 90 Grad?  
Sind die Schnitte entsprechend den angegebenen Richtungspfeilen richtig geklappt?

## Kontrollfragen zur Darstellung

**Schnitte:** Wurde daran gedacht, dass die folgenden Teile nicht geschnitten, sondern nur aufgebrochen werden dürfen?

1. Keile, Paßfedern, Rippen, Arme, Stangen, Zähne (auch bei Schrägverzahnung), wenn sie in Längsrichtung in der Zeichnung liegen.

2. Stifte, Nieten, Zapfen, Bolzen, Achsen, Wellen, Schrauben, Muttern, Unterlegscheiben, wenn ihre Symmetrieachse in der Zeichenebene liegt.

**Vollständigkeit:** Wurde an Folgendes gedacht:

Mittellinien, Schraffuren, umlaufende Kanten, das Ausfüllen von Schriftfeld und Stückliste (Werkstoff, DIN-Nr., Halbzeuge, etc.).

## Kontrollfragen zur Bemaßung

- Bezugskante: Geht die Bemaßung von einer sinnvollen Bezugsfläche oder Kante aus und wird diese zuerst bearbeitet?
- Wichtige Maße: Sind die folgenden nach ihrer Wichtigkeit geordneten Maße direkt der Zeichnung zu entnehmen?
1. Prüfmaße (tolerierete Maße).
  2. Maße, die für die einzelnen Bearbeitungsschritte erforderlich sind.
  3. Maße, die für die Funktion wichtig sind (z. B. Nutbreiten, Lochabstände, Achsabstand).
- Sichtbare Kanten: Wurden nur sichtbare Kanten bemaßt?
- Maßanordnung: Wurde nur dort bemaßt, wo die Gestalt des Stückes eindeutig und unverzerrt dargestellt ist?
- Stehen die für einen Bearbeitungsgang erforderlichen Maße beieinander (z. B. Durchmesser, Länge und evtl. Lochkreisdurchmesser bei einer Bohrung; Breite, Tiefe und Abstand vom Wellenabsatz bei einer Ringnut)?

## Kontrollfragen zur Bemaßung

Haupt- und

Anschlußmaße: Sind in der Zusammenbauzeichnung nur Haupt- und Anschlußmaße, diese aber vollständig, angegeben?

Kettenmaße: Wurden unnötige Kettenmaße vermieden?

Unwichtige Maße: Wurden die Maße weggelassen, die sich bei der Bearbeitung zwangsläufig ergeben oder deren Einhaltung unwichtig ist?

Toleranzen: Sind alle einzuhaltenden Toleranzen und Passungen angegeben?

Passungen: Wurden Doppelpassungen vermieden?

Durchmesser: Ist bei runden Teilen der Durchmesser (nicht Radius) angegeben und das Durchmesserzeichen vor der Maßzahl eingetragen.

Radien: Sind die Maßzahlen an Radien, deren Krümmungsmittelpunkt nicht dargestellt ist, mit einem vorangestellten R versehen?

## Kontrollfragen zur Herstellung

Oberflächen-

zeichen:

Sind alle Flächen durch Oberflächenzeichen definiert?

1. Die überwiegende Oberflächengüte in der Nähe des Schriftfeldes (dann aber nicht mehr in der Zeichnung selbst!).
2. Bei Flächen, deren Oberflächengüte von der überwiegenden abweicht, jeweils auf der betreffenden Fläche und einmal in Klammern neben der Angabe für die überwiegende Oberfläche.

Härtezonen:

Sind die zu härtenden oder anderweitig zu behandelnden Zonen gekennzeichnet?

Wortangaben:

Sind die zur Herstellung erforderlichen Wortangaben vorhanden?

1. Wenn ein bestimmtes Bearbeitungsverfahren gefordert wird (Angaben bei dem zugehörigen Oberflächenzeichen, z. B. geschliffen).
2. Wenn eine bestimmte Arbeitsfolge verlangt wird (z. B. nach dem Härten geschliffen, gemeinsam gebohrt mit Teil Nr. 3).

## Kontrollfragen zur Herstellung

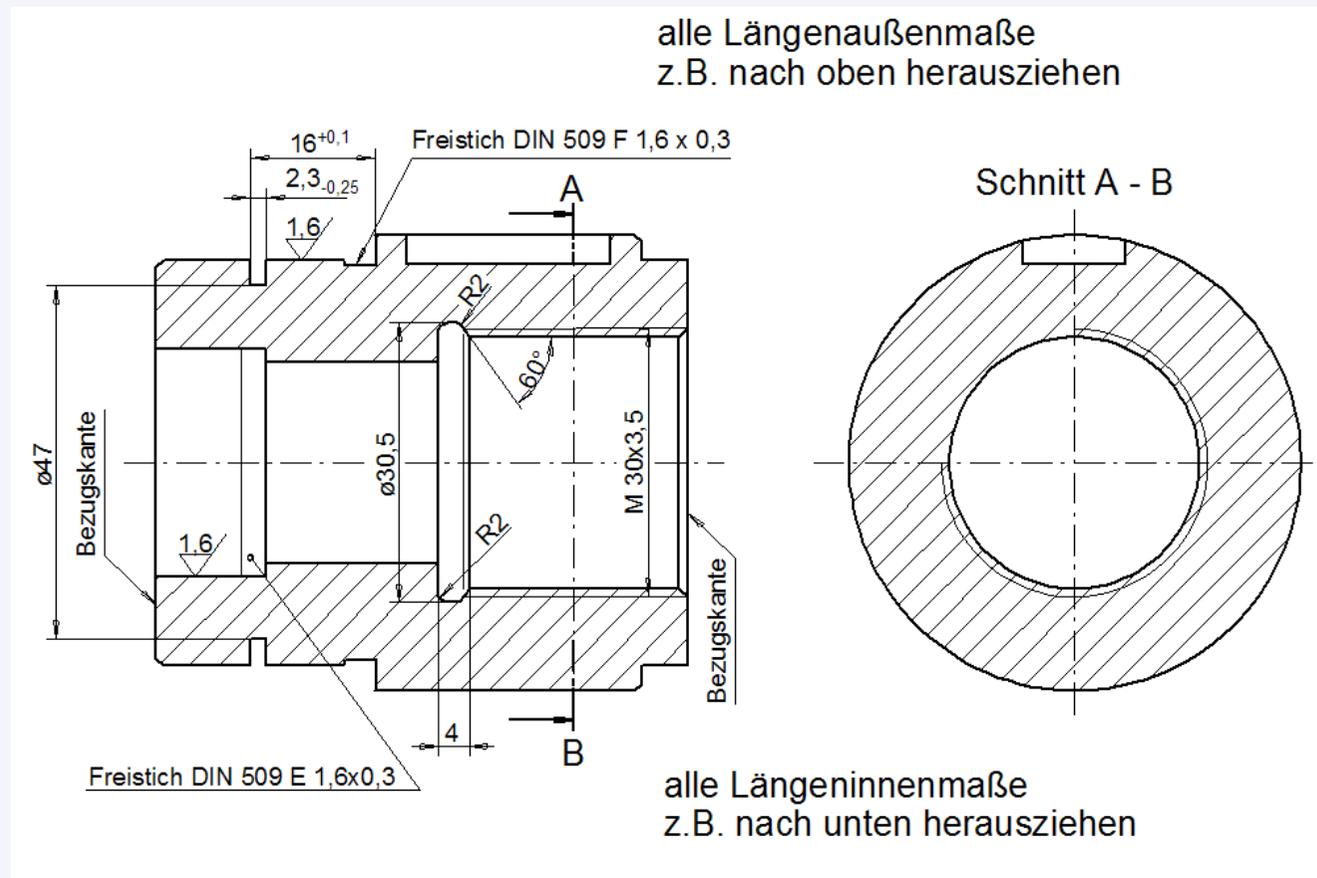
Stückliste:

Sind alle Teile geordnet in der Stückliste, die als Bestellunterlage dient, aufgeführt (z. B. Gußteile, Drehteile, Normteile und eventuell Leerfelder für Nachträge)?

# 1. Beispiel: Buchse

Arbeitsgänge: Außendrehen, Bohren, Innendrehen, Gewindeschneiden, Nuten fräsen.

Besonderheiten: Außen und Innensitz mit Freistich, Gewinde mit Gewindeauslauf, Funktionsbemaßung für Sicherungsnut.



# 1. Beispiel: Buchse

## a) Zeichnungsgerechte Darstellung

- Längsschnitt (Vollschnitt oder Halbschnitt),
- Querschnitt durch Paßfedernut,
- Fertigungslage,
- Gewindedarstellung nach DIN 27.

## b) Zweckmäßige Gestaltung

- Freistich Form E oder F nach DIN 509: arbeitserleichternd, da Drehstahl auslaufen kann; für Schleifbearbeitung zwingend,
- Feingewinde für  $\varnothing > 30$  mm zweckmäßig, Regelgewinde-Steigung zu grob,
- Gewindeauslauf nach DIN 76 notwendig, wenn Gewinde auf der Drehbank geschnitten wird, Rillendurchmesser ca. 0,5 mm kleiner als Kerndurchmesser,
- Gewindeanfassung im Regelfall  $120^\circ$ , Regelfall ohne Eintragung,
- Gewindesitz nicht als Zentriersitz verwenden!

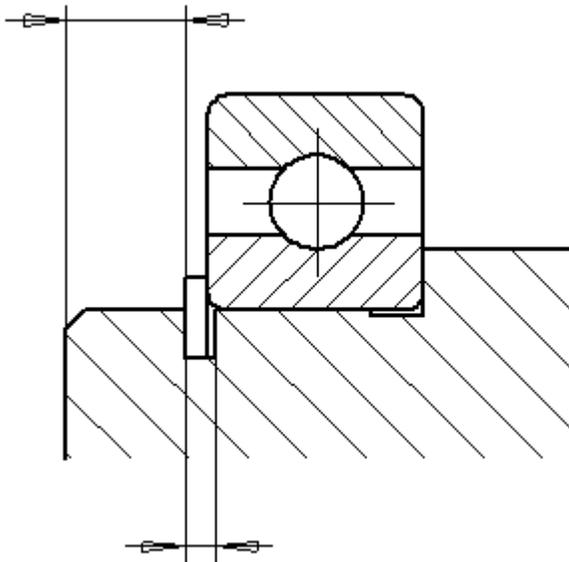
# 1. Beispiel: Buchse

## c) Fertigungsgerechte Tolerierung und Bemaßung

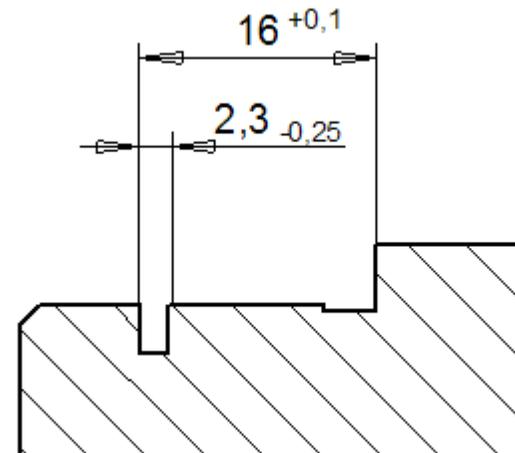
- Bezugskante: rechte Stirnseite, nach dem Umspannen die linke Stirnseite
- Freistiche ohne Bemaßung,
- Gewindeauslauf gegebenenfalls im vergrößerten Maßstab als Einzelheit herauszeichnen,
- für übersichtliche Maßeintragung:

Längenaußenmaße z. B. nach oben  
Längeninnenmaße z. B. nach unten  
herausziehen!

Bemaßung der Sicherungsnut  
von der linken Bezugskante  
unzweckmäßig:  
Freimaßtoleranz der  
Gesamtlänge wirkt sich aus !

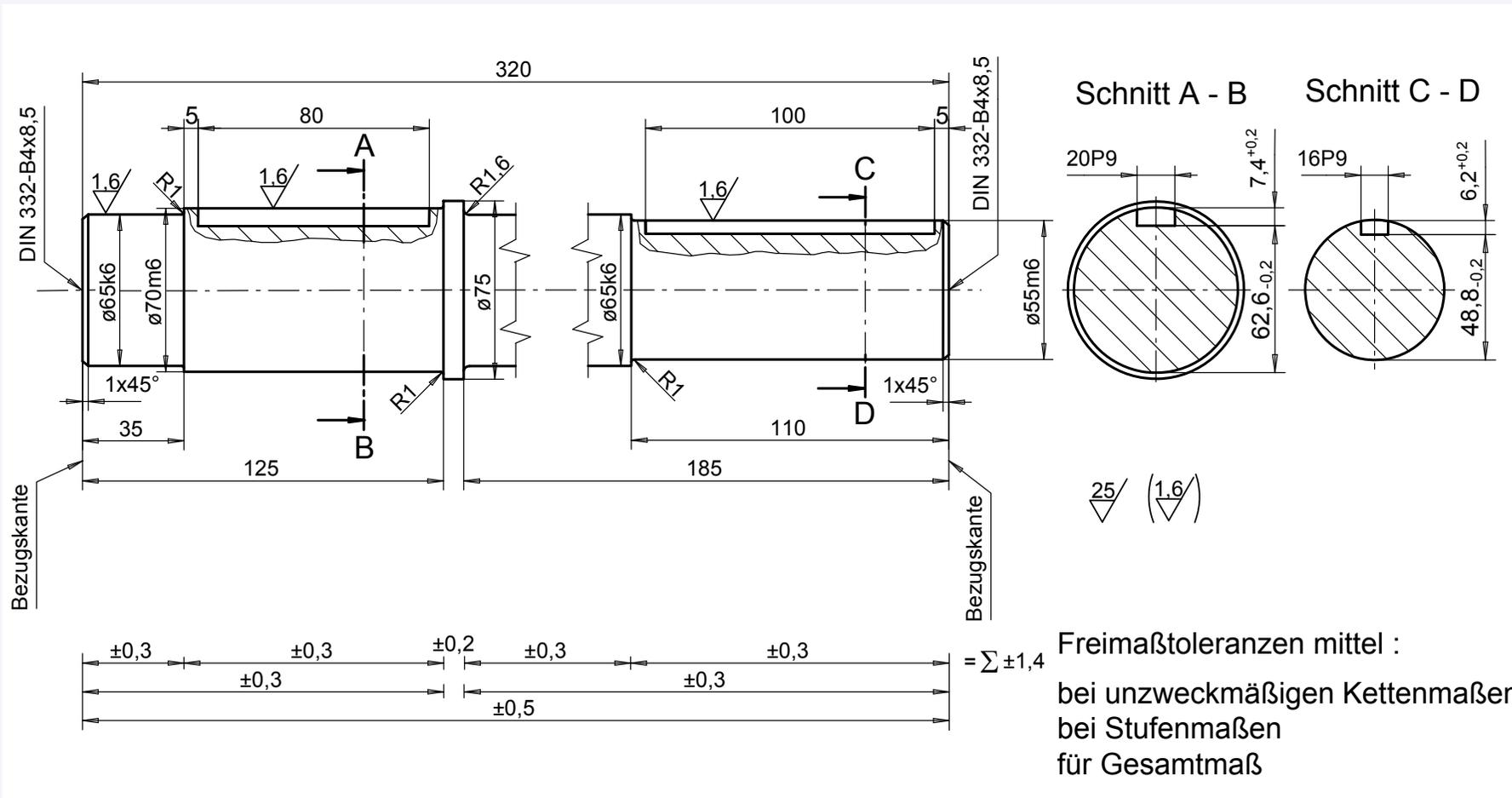


Funktionsbemaßung zum  
Absatz hin zweckmäßig !



## 2. Beispiel (Getriebewelle)

### Getriebewelle (Antriebswelle)



# *11. Anwendungsbeispiele*



## 2. Beispiel (Getriebewelle)

Arbeitsgänge: Drehen zwischen Spitzen, Nuten fräsen

### a) Zeichnungsgerechte Darstellung

- Welle horizontal in der "Fertigungslage" zeichnen!
- Längsansicht,
- kein Vollschnitt,
- Schnitte durch Paßfedernuten,
- Format- und Maßstabwahl nach DIN 823 (Maßstab möglichst 1:1),
- Beschriftung und Zahlen nach DIN 16: von vorn und von rechts lesbar,
- Linien nach DIN 15, z. B.:

0,7 mm breite Vollinie:	sichtbare Kanten ...
0,35 mm schmale Vollinie:	Maßlinien, Maßhilfslinien ...
0,5 mm Strichlinie:	nicht sichtbare Kanten
0,35 mm Strichpunktlinie:	Mittellinien ...
0,7 mm Strichpunktlinie:	Schnittlinien ...
0,35 mm Freihandlinie :	Bruchlinien

## 2. Beispiel (Getriebewelle)

### b) Zweckmäßige Gestaltung

- Zentrierung zum Spannen zwischen Spitzen nach DIN 332,
- notwendiges Ausrunden der Absätze (Kerbwirkung): Radien nach DIN 250,
- Fasen unter 30° oder 45° zum leichteren Fügen bei Festsitzen,
- Fügen mit Holzhammer oder bei größeren Übermaßen unter der Presse,
- Abmessungen der Wälzlager nach Wälzlager-Katalog oder DIN 620/625,
- notwendige Schulterhöhen und Rundungen nach Wälzlager-Kat. oder DIN 5418,
- Abmessungen der Paßfedernuten nach DIN 6885,
- Normaldurchmesser für alle tolerierten Durchmesser nach DIN 3,
- Kupplungsnabe (Durchmesser, Länge, Paßfedernut) nach DIN 748.

Werkstoff/Halbzeug :            Ø 80-325 lg. DIN 1013 St 50-2 (Stücklistenangabe)

Qualität :                        DIN 17100

Toleranz :                        80 ± 1,0 (80 Ø für kurze Bundlänge ausreichend)

auf Länge gesägt: 325 ± 1,0

## 2. Beispiel (Getriebewelle)

### c) Fertigungsgerechte Tolerierung und Bemaßung

Längenmaße:

- Bezugskante: rechte Stirnseite, nach dem notwendigen Umspannen die linke Stirnseite,
- Maßeintragung nicht mit "Kettenmaßen" (Toleranzsummierung!),
- Freimaßtoleranzen: fein, mittel, grob (DIN 7168),
- Summe Freimaßtoleranzen bei Kettenmaßen:  $\pm 1,4$  mm  
bei Stufenmaßen:  $\pm 0,8$  mm  
beim Gesamtmaß:  $\pm 0,5$  mm
- Toleranzausgleich bei der nicht bemaßten Bundlänge,
- Zusätzliche Toleranzeinengung bei den Längenmaßen erübrigt sich, da fertigungsgerechte Lagerung der Getriebewelle vorgesehen ist: Anpassung der Getriebedeckel bei Montage!

## 2. Beispiel (Getriebewelle)

Durchmesser:

- für Wälzlager: k6 (Festsitz für Wälzlager),
- die Passung beeinflusst das Wälzlagerspiel!
- Passung für Kupplungs- und Zahnradnabe: m6 (Festsitz),
- Zeichnungseintragung durch Passungskurzzeichen.

Paßfedernut:

- Passung der Breite der Nut: N9 oder P9 (Festsitz),
- für die Herstellung der Nut: Maßeintragung der Nuttiefe  $t$ ,
- für die Maßprüfung der Nut: Maßeintragung  $d - t$ ,
- Ausrundung des Nutgrundes ca. 0,5 mm nach Norm, ohne Eintragung.

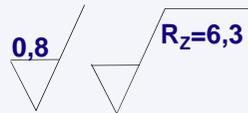
## 2. Beispiel (Getriebewelle)

Bearbeitung:

- Hohe Oberflächengüte wegen wechselnder Beanspruchung



unzweckmäßig (Drehriefen = Kerben),



für Passungsitze in der Qualität 6,



für übrige Flächen.

- Sammelbearbeitungszeichen, Bearbeitungszeichen zum Maß!

# *Anhang*



## Wichtige Zeichnungsnormen

Abmaße	DIN	406	Darstellung u. Sinnbilder von Federn	DIN	29
Allgemeintoleranzen	DIN ISO	2768	Draufsicht	DIN	6
Ansichten, Schnitte	DIN	6	Einzelheit	DIN	406
Angabe f. Stirnräder in Zeichnungen	DIN	3966	Faltung auf A4 für Ordner	DIN	824
Ausgangsformat	DIN	823	Fasen	DIN	406
Auslesepassung	DIN	7185	Federn	DIN ISO	2162
Axonometrische Projektion	DIN	5	Festigkeitsklassen von Muttern	DIN ISO	898 T2
Bemaßung	DIN	406	Festigkeitsklassen von Schrauben	DIN ISO	898 T1
Beschriftung	DIN	6776	Filzringe	DIN	5419
Bezugslinie	DIN	406	Form- und Lagetoleranzen	DIN ISO	1101
Blattgrößen	DIN	813	Freistiche	DIN	509
Blattgrößen und Maßstäbe	DIN	823	gehärtete Teile	DIN	6773
Bogenlänge	DIN	406	Gewindebezeichnungen	DIN	202
Bolzen	DIN	1433	Gewindedarstellung	DIN ISO	6410
Bruchdarstellung	DIN	6	Gewindedarstellung	DIN	27
Darstellungen	DIN	6	Grenzabmaße für Schweißkonstr.	DIN	8570 T1
Darstellungen von:			Halbmesser (=Radius)	DIN	406
• Gewinden, Schrauben und Muttern	DIN	27	ISO-Normschrift	DIN ISO	6776
• Zahnräder	DIN	37	Kantenmaße	DIN	6784

## Wichtige Zeichnungsnormen

Kegelbemaßung	DIN ISO	3040	Normmaße	DIN	323
Kennzeichnung der Oberfläche durch:			Normschrift	DIN	406
• Rauheitsmaße	DIN	3142	Normschrift	DIN ISO	6776
• Kugelbemaßung	DIN ISO	3040	Normschrift:		
Kurzzeichen für			• schräge	DIN	16
Profile, Stangen, Bleche u. ä.	DIN	1353	• Senkrechte	DIN	17
Lagetoleranzen	DIN ISO	1101	Oberflächenzeichen	DIN ISO	1302
Linienarten	DIN	15	Oberflächenzeichen mit Zuordnung:		
Liniengruppen	DIN	15	• der Rauhtiefen	DIN	3141
Maßanordnung	DIN	406	• Oberflächen & Oberflächenzeichen	DIN	140
Maßeintragung in Zeichnung	DIN	406	Papierformate	DIN	476
Maße ohne Toleranzangabe	DIN ISO	2768	Paßfedern	DIN	6885
Maßstäbe	DIN ISO	5455	Paßfedernuten	DIN	6885
Mittenrauhwert	DIN ISO	1302	Paßmaße	DIN	406
Mittenrauhwert	DIN	4678	Passungen		
Morsekegel	DIN	228	• System Einheitsbohrung	DIN	7154
Mutternbezeichnungen	DIN ISO	898 T2	• System Einheitswelle	DIN	7155
Mutterndarstellung	DIN ISO	6410	Positionsnummern	DIN ISO	6433
Neigung	DIN	406 T2	Preßschweißen	DIN	1911

## Wichtige Zeichnungsnormen

Quadratzeichen	DIN	6	Sicherungsringe		
Radial-Wellendichtringe	DIN	3760	• für Wellen	DIN	471
Radien	DIN	406	• für Bohrungen	DIN	472
Rauhtiefen	DIN ISO	1302	Stückliste	DIN	6771
Rändel- und Kordelteilung	DIN	82	Stücklisten, Form und Größe	DIN	6783
Rückansicht	DIN	6	Stufung der Maße für die Rauheit		
Runddichtringe	DIN	3770	von Oberflächen	DIN	4763
Rundungen	DIN	250	Technische Zeichnungen Benennungen	DIN	199
Schlüsselweite	DIN	475	Verbindungsschweißen	DIN	1912
Schmelzschweißen	DIN	1912	Vereinfachung f. Kleindarstellungen	DIN	30
Schnitte	DIN	6	Vordrucke für Zeichnungen	DIN	6781
Schriftfelder für Zeichnungen			Zeichnungsvordrucke, Schriftfelder		
und Stücklisten	DIN	6771	und Stücklisten	DIN	6771
Schutzvermerk	DIN	34	Zentrierbohrungen	DIN	332
Schweißzeichen	DIN	1912	Zulässige Abweichungen für Maße		
Sehnenlänge	DIN	406	ohne Toleranzangabe	DIN ISO	2768
Seitenansicht	DIN	6			
Senkungen	DIN	75			

# Literaturverzeichnis

1. Vorlesungsunterlagen Prof. Dr. D. Wissussek  
Institut für Konstruktionstechnik  
und Kolbenmaschinen  
Universität Duisburg – Essen
2. Hoischen  
„Technisches Zeichnen“  
Girardet
3. Böttcher / Forberg  
„Technisches Zeichnen“  
B. G. Teubner
4. Klein  
„Einführung in die DIN – Normen“  
B. G. Teubner
5. Fucke / Kirch / Nickel  
„Darstellende Geometrie für Ingenieure“
6. Marx  
„Darstellende Geometrie“  
Verlag H. Dähmlow
7. Barner / Flohr  
„Darstellende Geometrie“  
Quelle & Meyer
8. Fritz Reutter  
„Darstellende Geometrie Bd. 1“  
G. Braun
9. Wikipedia Online Enzyklopädie  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Hauptseite>
10. Roloff / Matek  
Maschinenlemente  
Vieweg Verlag