

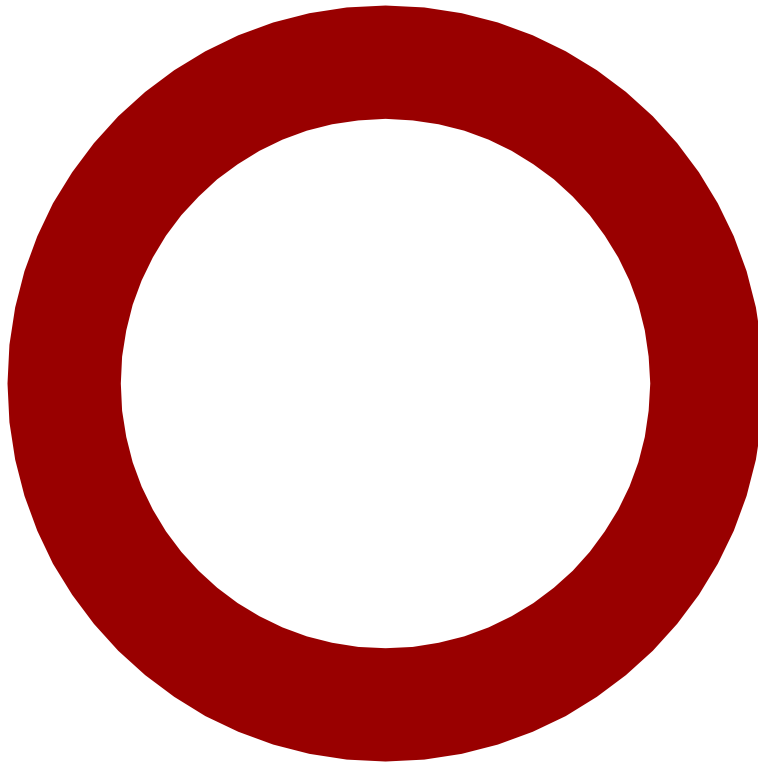
# Welle-Nabe-Verbindungen

Grundlagen der Konstruktion

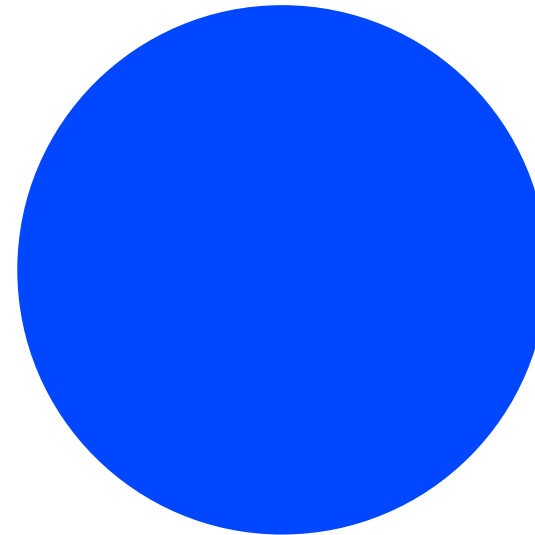
Vorlesung

Wintersemester 2008

Nabe

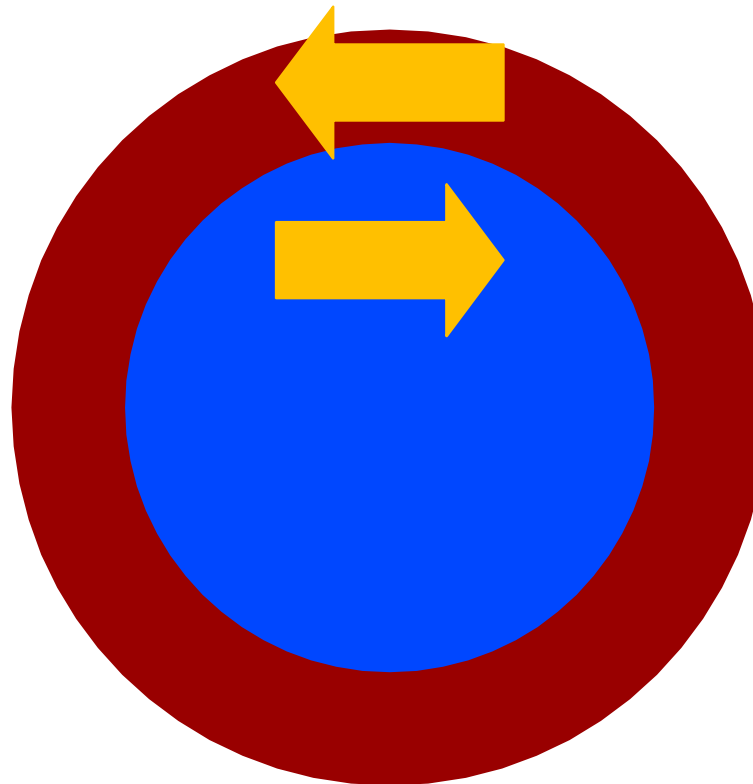


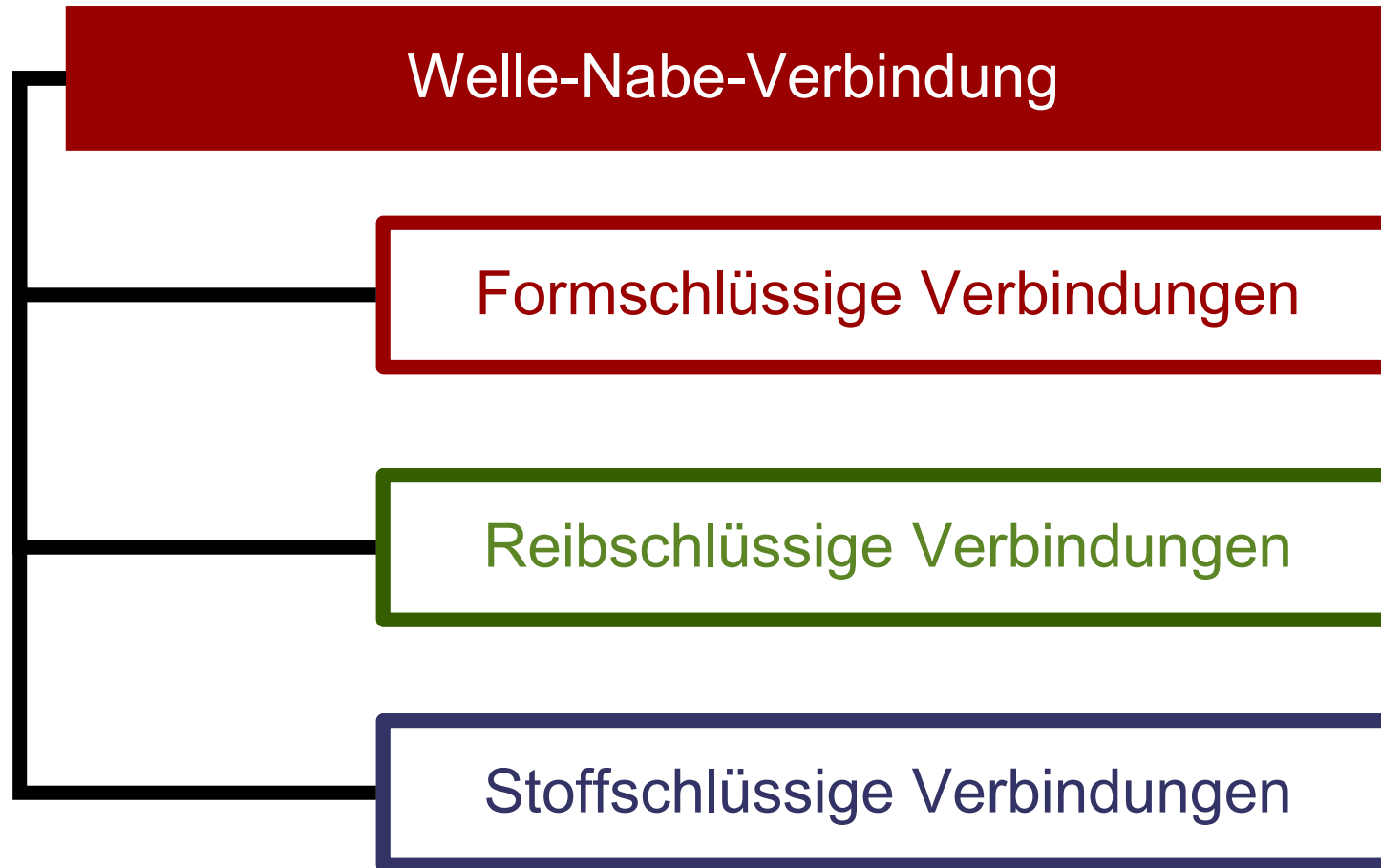
Welle



Nabe

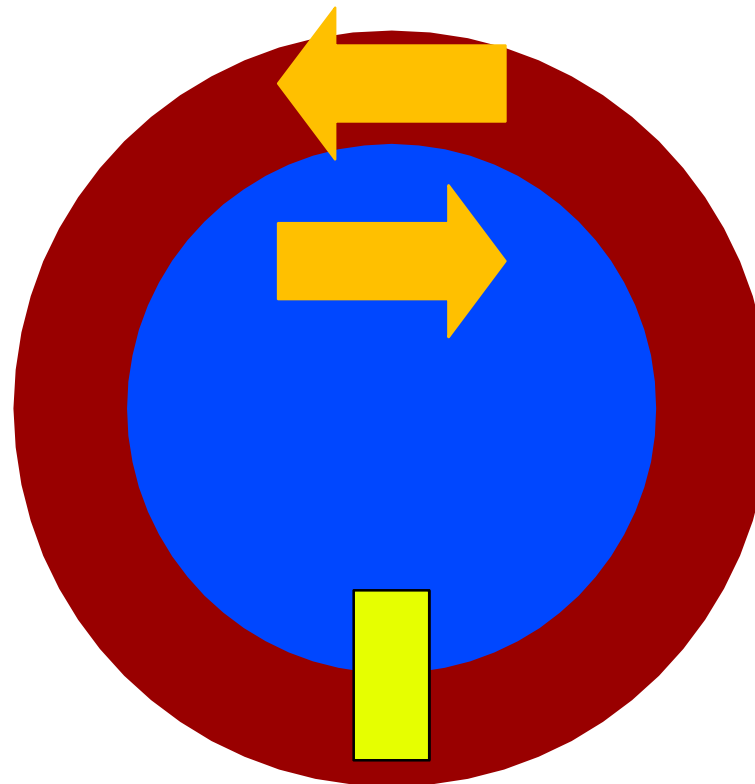
Welle

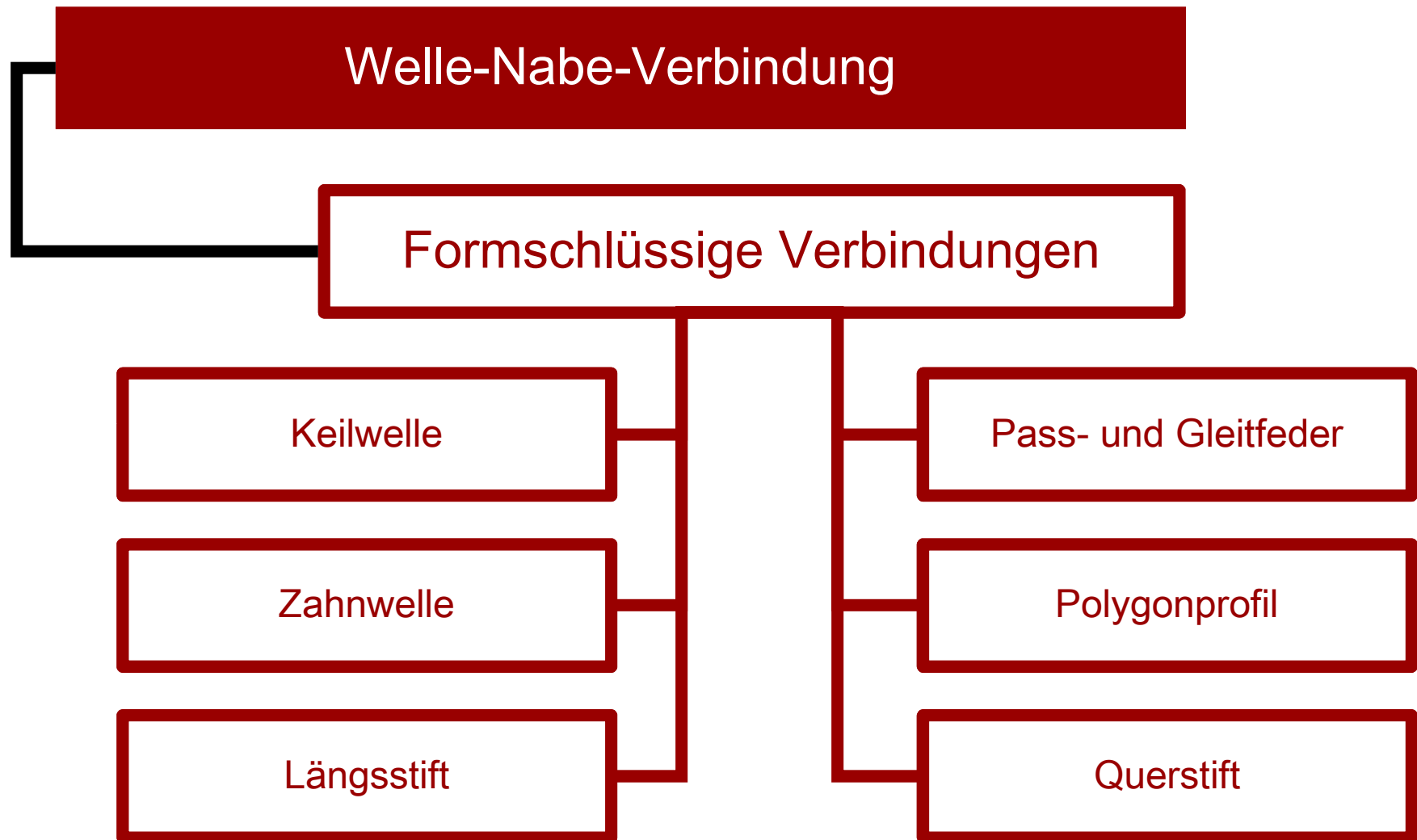




Nabe

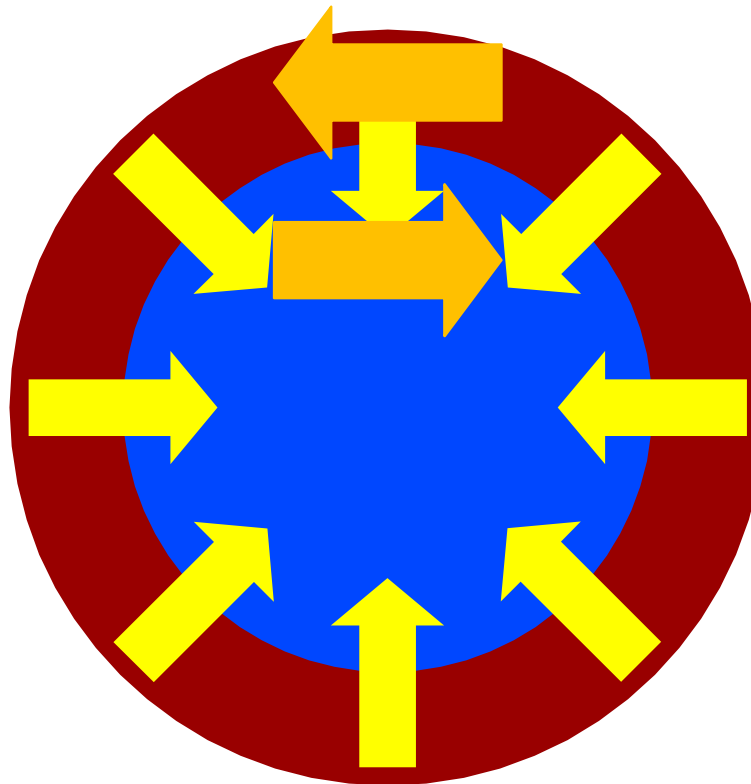
Welle

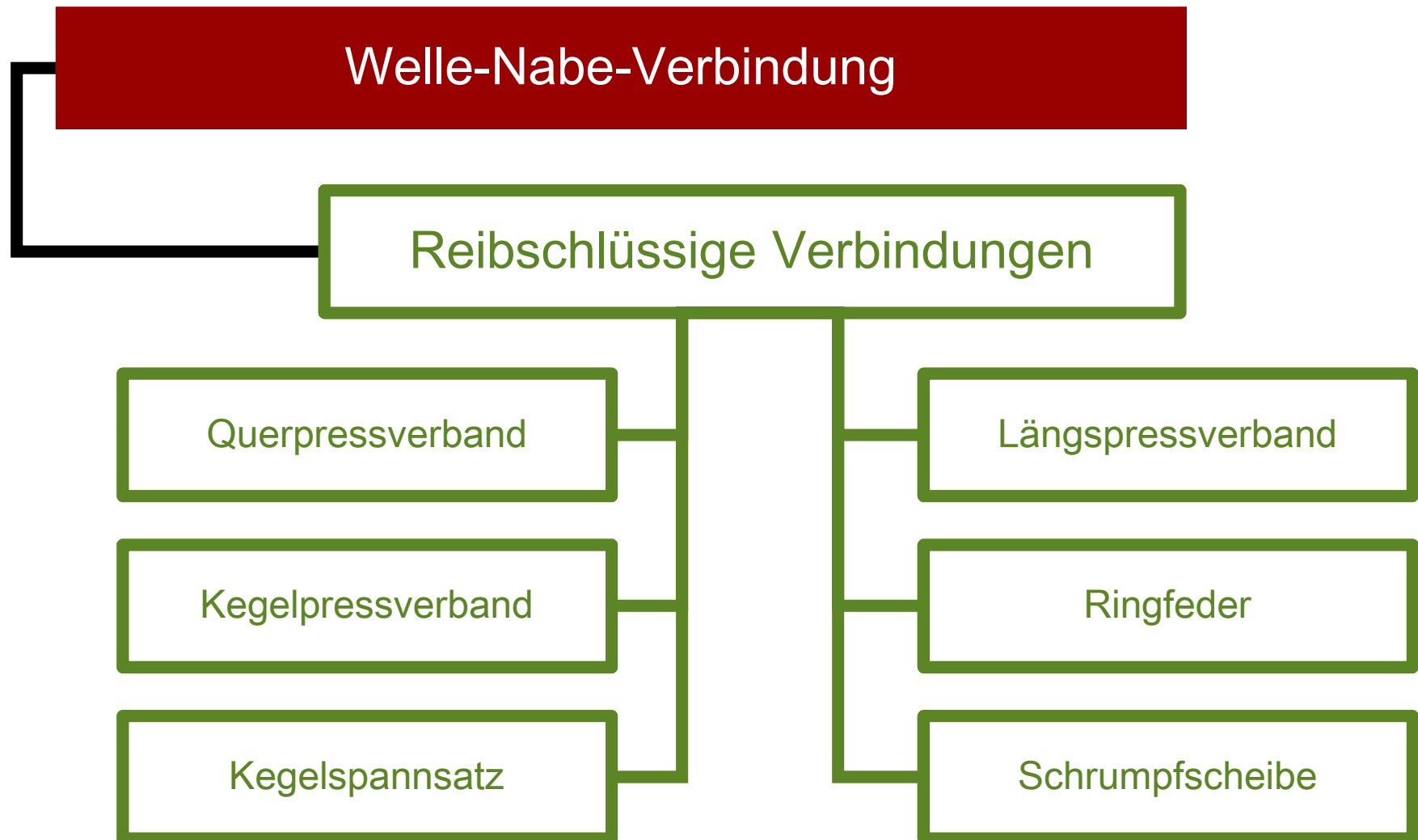




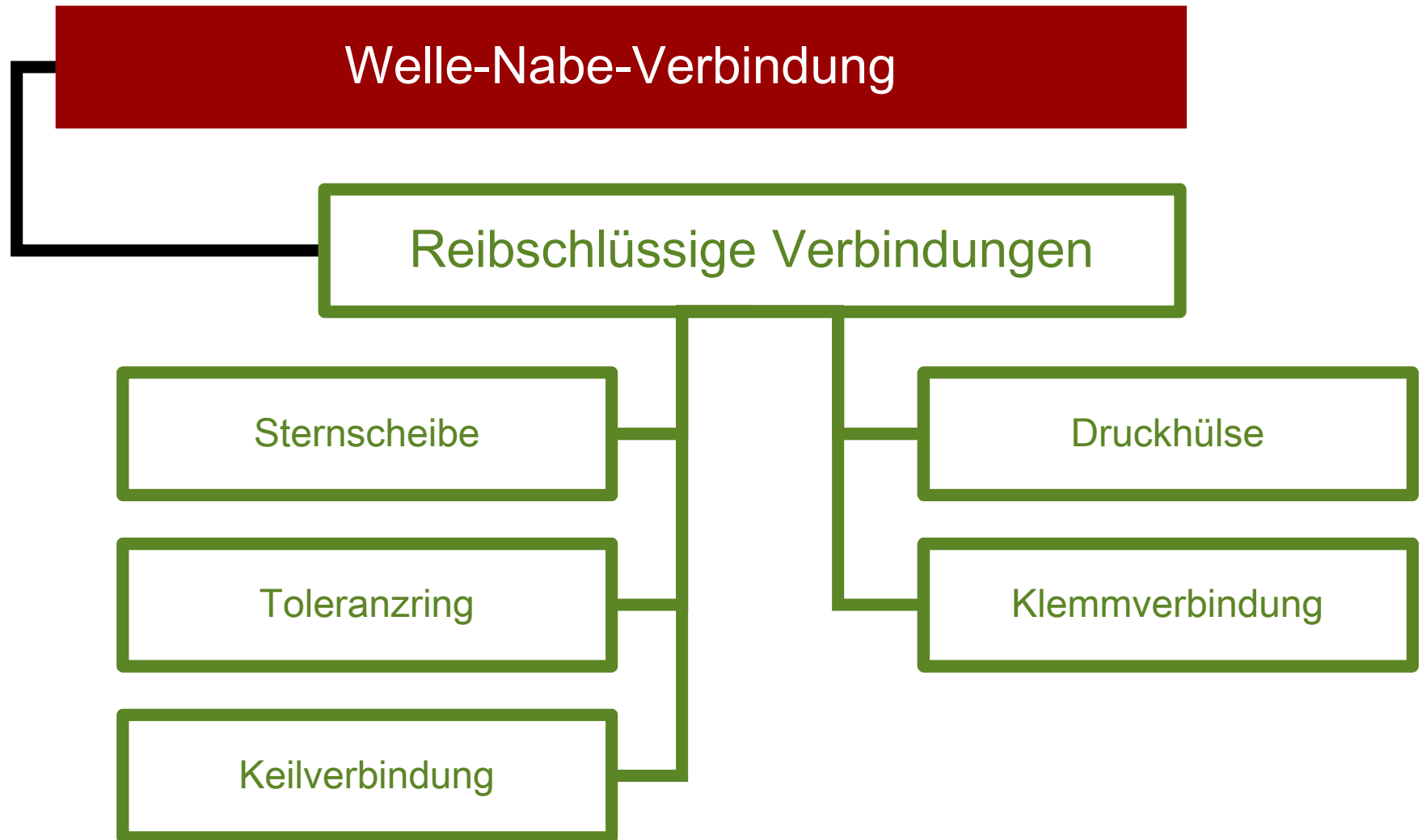
Nabe

Welle



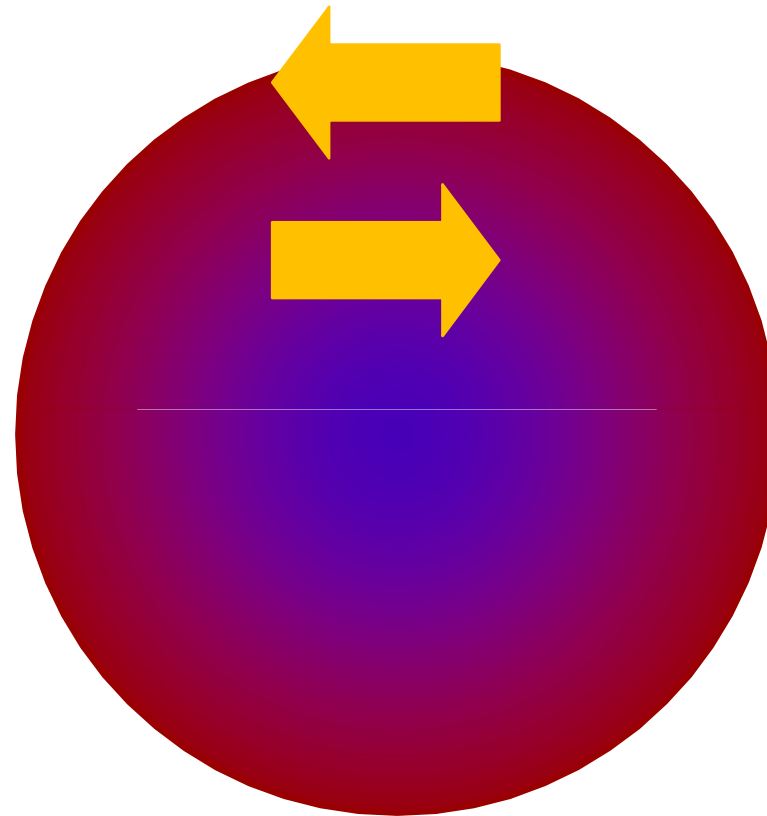


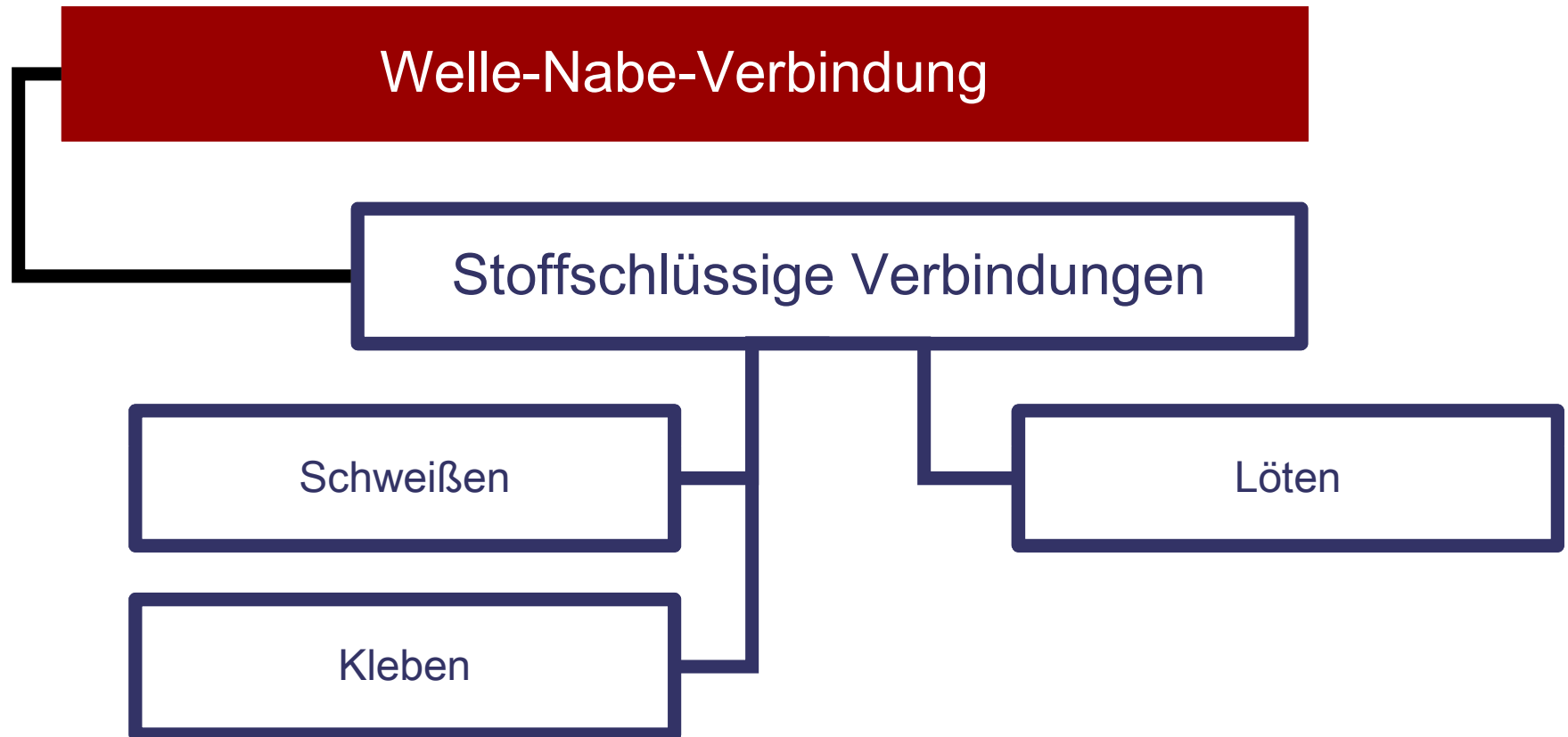




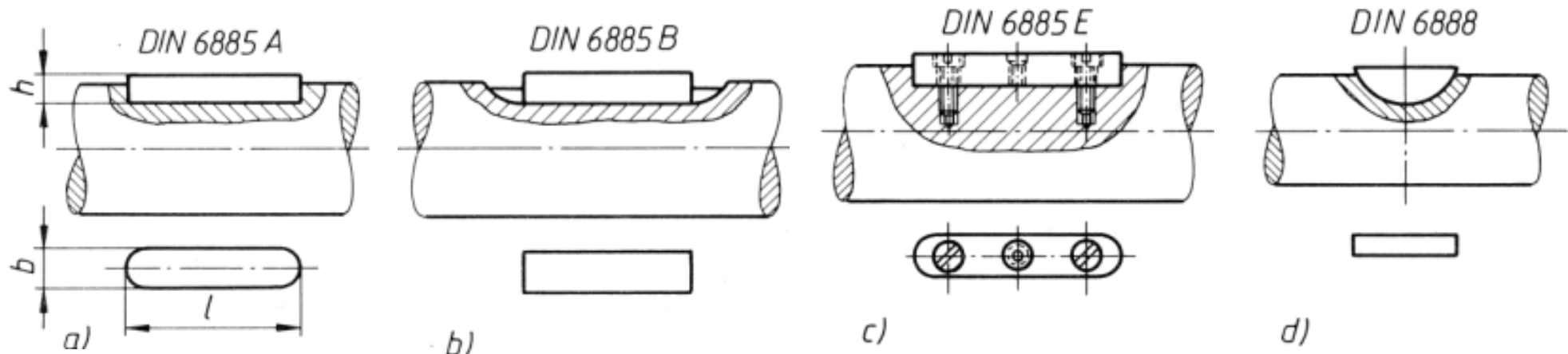
Nabe

Welle



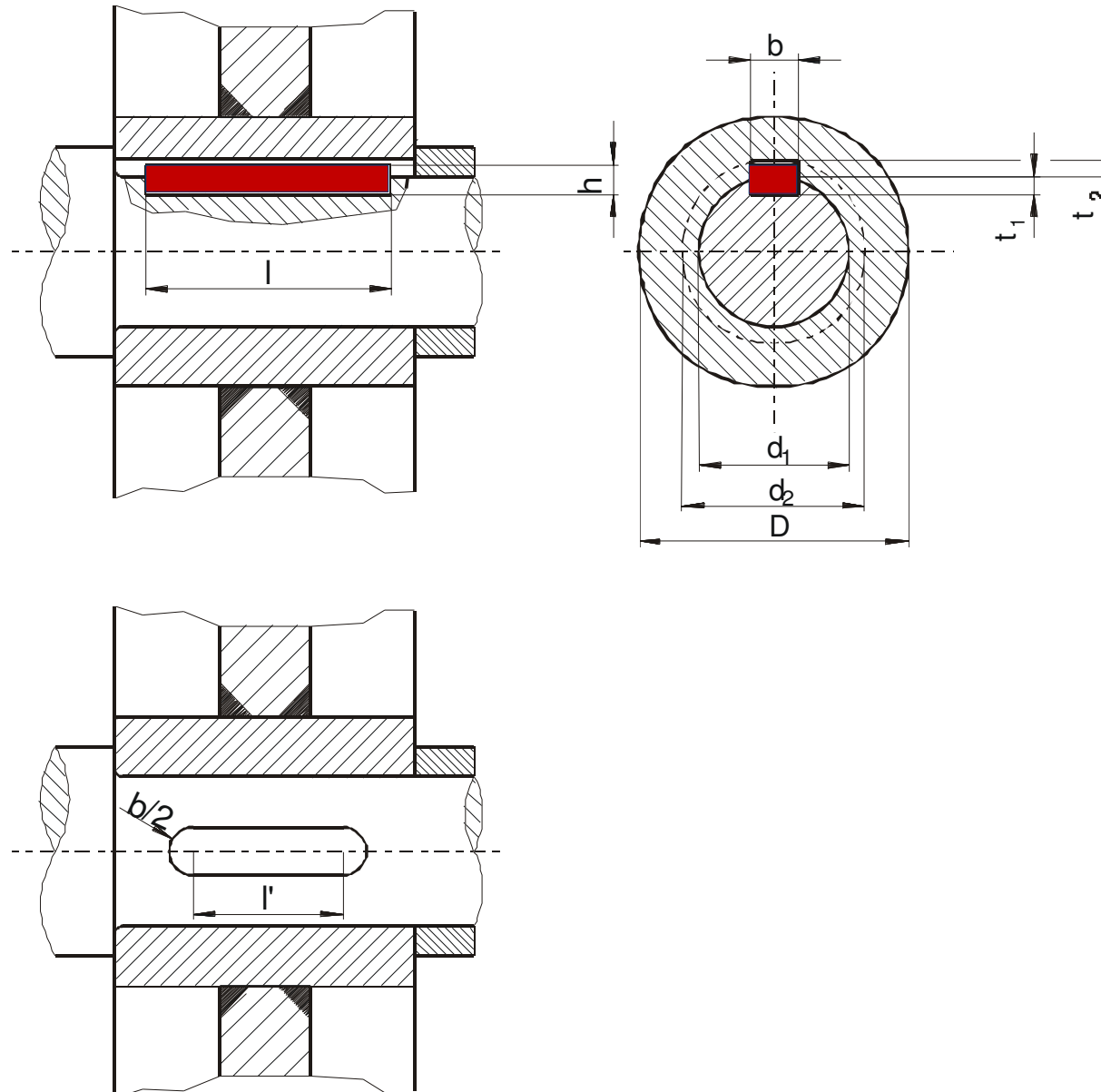






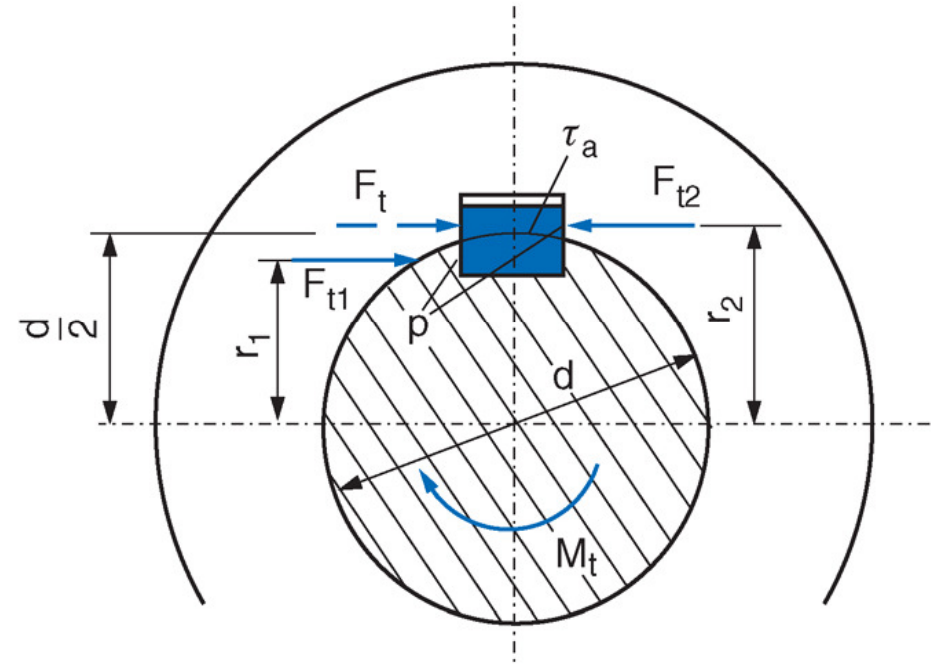
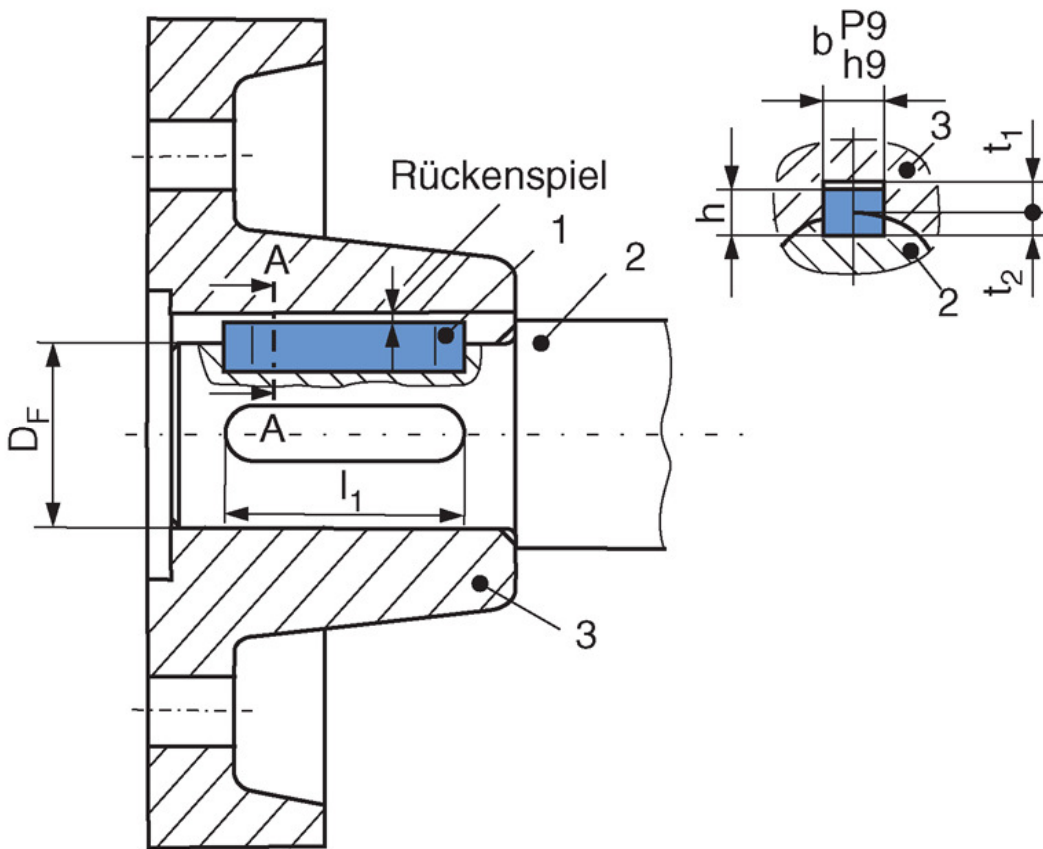
- Die Passfederverbindung ist die gebräuchlichste Formschlussverbindung für Riemenscheiben, Zahnräder und Kupplungen mit Wellen bei vorwiegend einseitigen Drehmomenten.
- Die Verbindung ist preiswert, einfach zusammenzubauen und leicht wieder zu lösen.
- Die in der Wellen- und Nabennut sitzende, als Mitnehmer wirkende Passfeder trägt, im Gegensatz zum baulich ähnlichen Nuten- Keil, nur mit den Seitenflächen, die Rückenfläche besitzt Spiel.

- **Vorteile:** (besonders gegenüber der Keilverbindung) Genauer, zentrischer Sitz der Naben, kein Verkanten und Verspannen; kein Einpassen und Eintreiben wie bei Keilen, daher schonendere Behandlung der Bauteile (wichtig bei eingebauten Wälzlagern).
- **Nachteile:** Die Naben müssen gegen axiales Verschieben zusätzlich gesichert werden; empfindlich gegen wechselseitige Drehmomente.



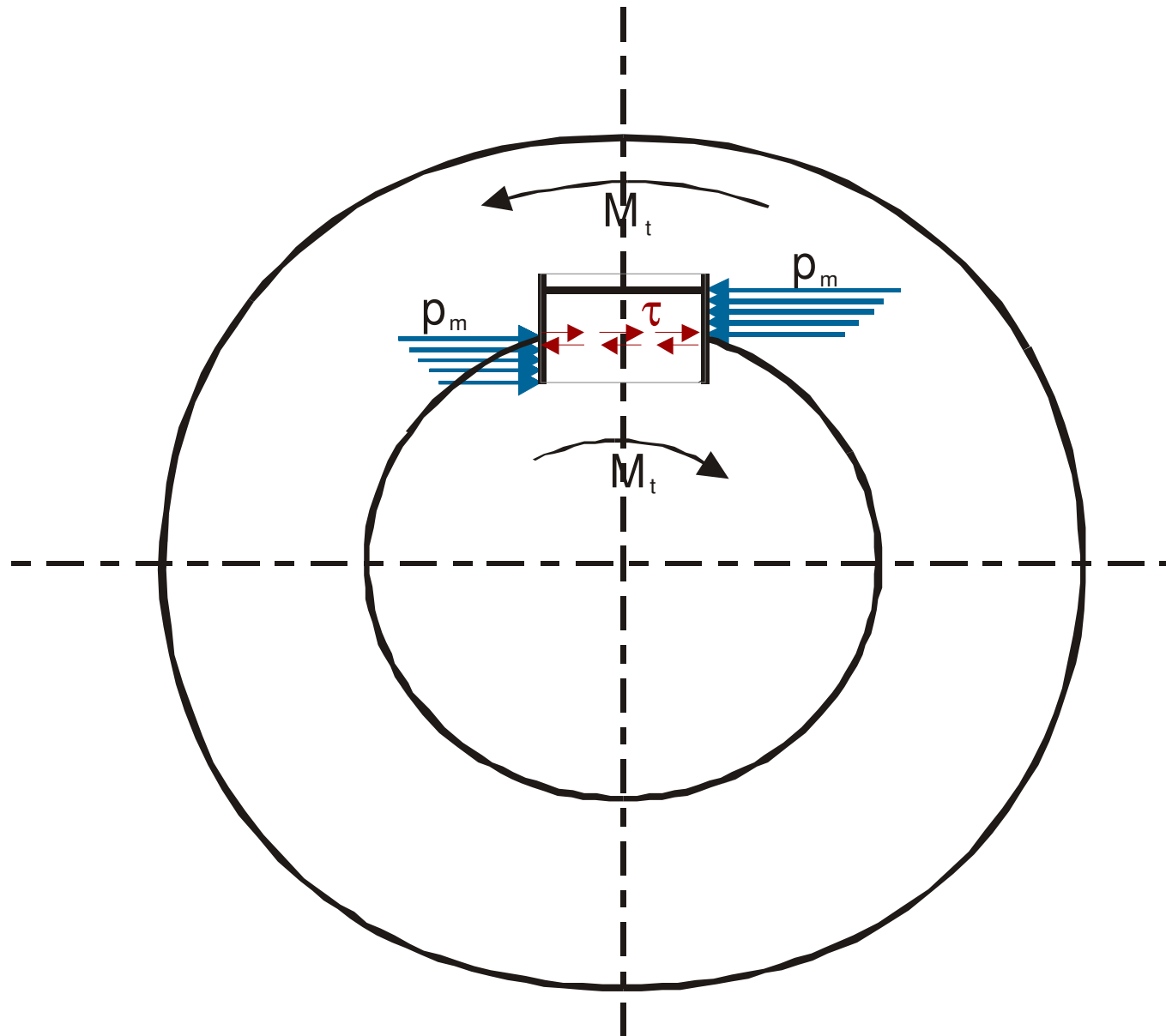
## Kräfte und Pressung an der Passfeder

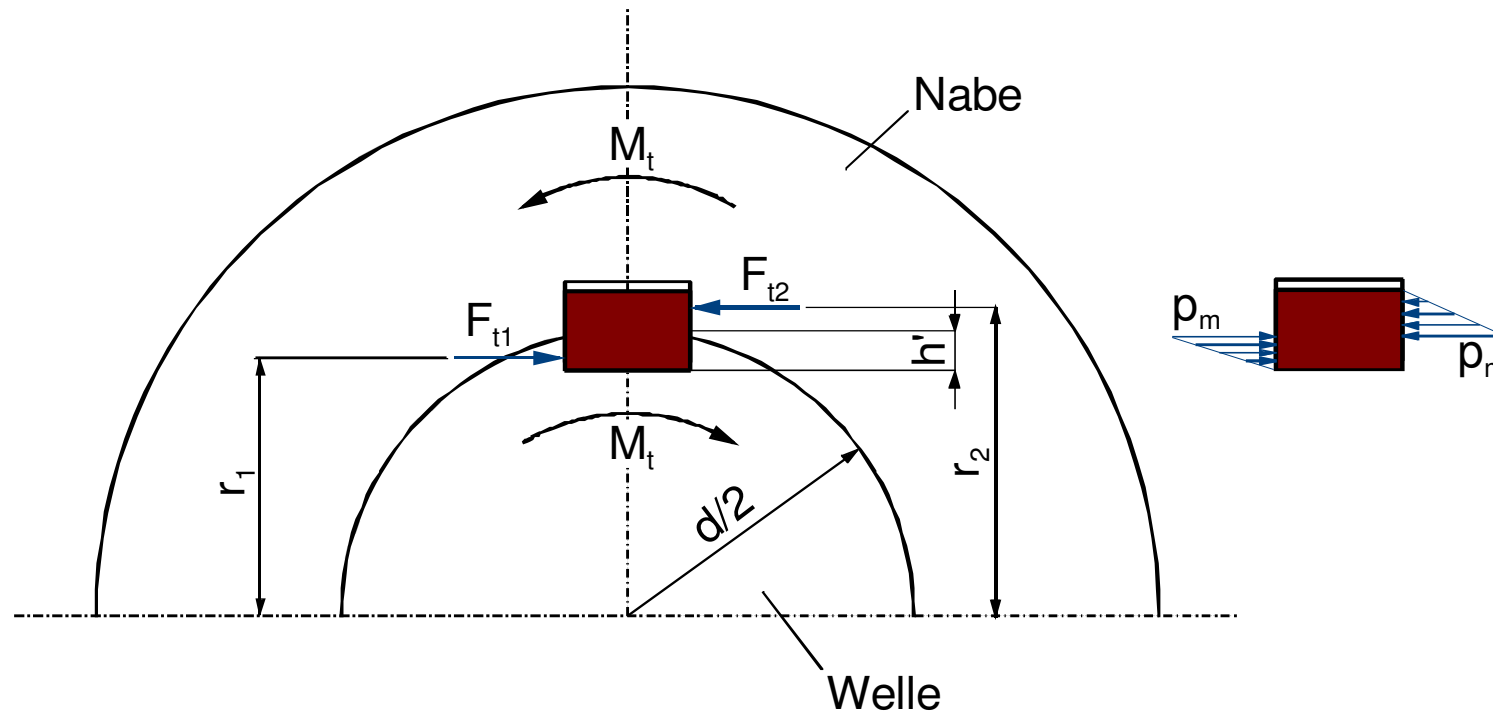
Technische Universität Berlin  
AG Konstruktion  
Prof. Dr.-Ing. Henning Meyer



/Sce-07/  
Schlecht, Berthold:  
Maschinenelemente 1. Pearson  
Studium, München, 2007







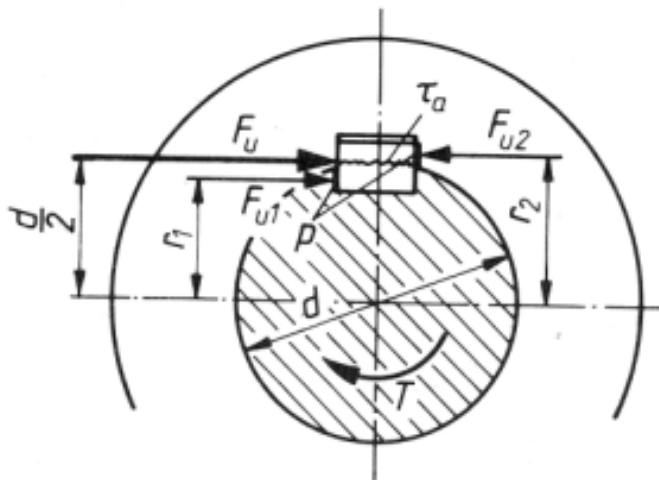
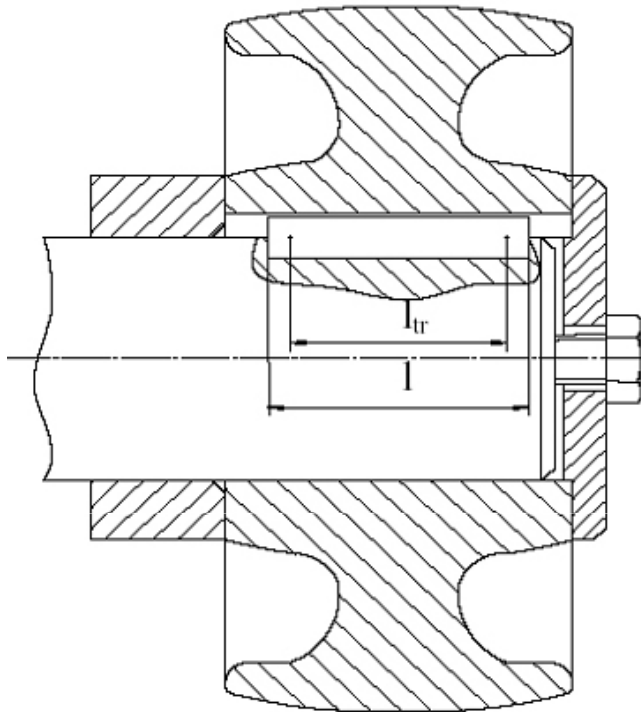
$$r_2 \cdot F_{t2} = -r_1 \cdot F_{t1} = -\frac{d}{2} \cdot F_t$$

$$p_m = \frac{F_t}{h' \cdot l'} = \frac{M_t}{\frac{d}{2} \cdot h' \cdot l'} \leq p_{zul}$$

Es gilt für:

$h'$ : die in der Nabe tragende Passfederhöhe  
( $h \approx 0,45 h$ )

$l'$ : die tragende Passfederlänge (bei  
rundstirnigen Formen  $l' = l - b$ )



$$M_t = \frac{F_u \cdot d}{2} \Rightarrow F_u = \frac{M_t}{\frac{d}{2}}$$

$$A = (h - t_1) \cdot l_{tr}$$

$$p = \frac{F_u}{(h - t_1) \cdot l_{tr}} \leq p_{zul}$$

Grauguss-Nabe mit:

$$\frac{l_{tr}}{d} = 1,6 \text{ bis } 2,1$$

$$p_{zul} \leq 50 \frac{N}{mm^2}$$

Stahl-Nabe mit:

$$\frac{l_{tr}}{d} = 1,1 \text{ bis } 1,4$$

$$p_{zul} \leq 90 \frac{N}{mm^2}$$

- Die Passfeder sollte etwas kürzer als die Nabe sein.
- Sicherung der Nabe gegen axiales Verschieben durch Sicherungs-, Stellringe, Distanzhülsen und Wellenschultern.
- Nabenabmessungen L und D werden in Abhängigkeit vom Wellendurchmesser ausgewählt.
- Je nach Nabenanordnung sind die Passungen zwischen Welle und Nabe auszuwählen:
- Nabe auf Wellenende → enge Übergangspassung
- Nabe auf langer Welle → weite Übergangspassung um gute Montierbarkeit zu gewährleisten.
- Soll die Nabe verschiebbar auf der Welle sein, so muss ein Gleitsitz gewählt werden.

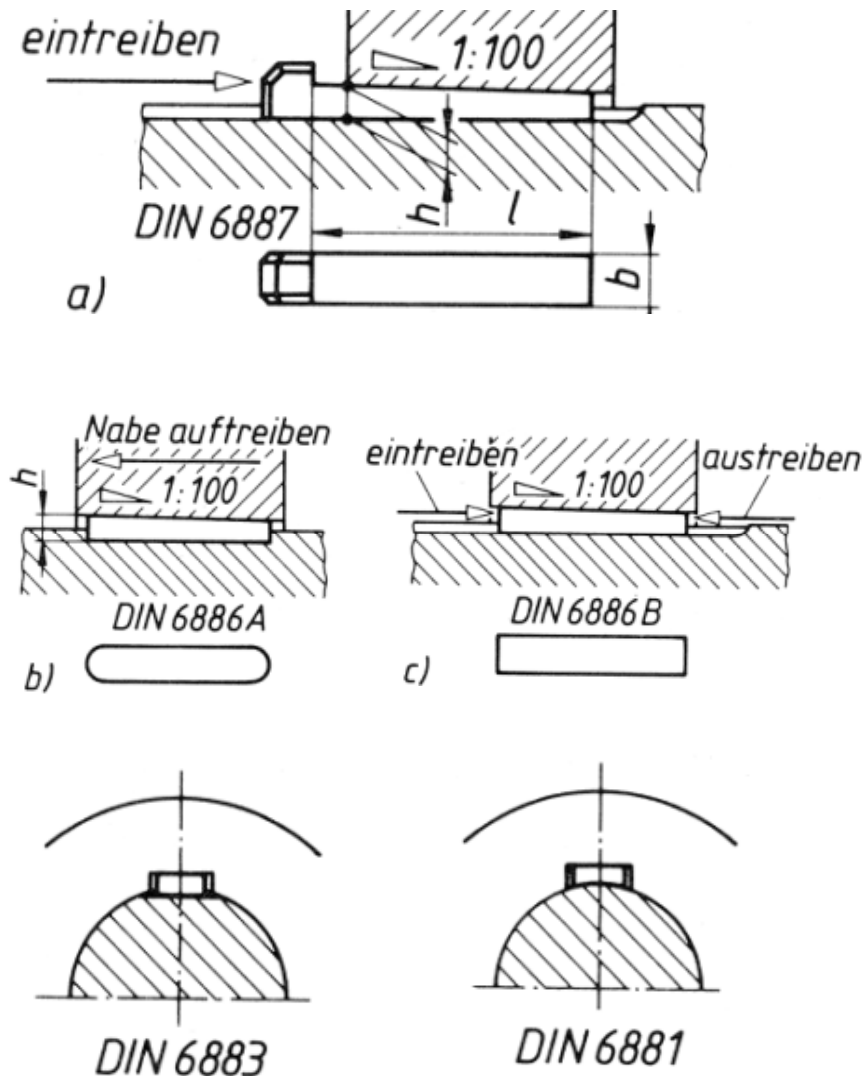
<b>p<sub>zul</sub> [N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>fest</b>	<b>gleitend</b>
St - St	120	5
St <sub>gehärt.</sub> - GG	80	8
St <sub>gehärt.</sub> - St <sub>gehärt.</sub>	170	15
St - AlMgSi	80	5

# Toleranzfelder der Nutenbreiten bei Passfeder-Verbindungen

Technische Universität Berlin  
AG Konstruktion  
Prof. Dr.-Ing. Henning Meyer

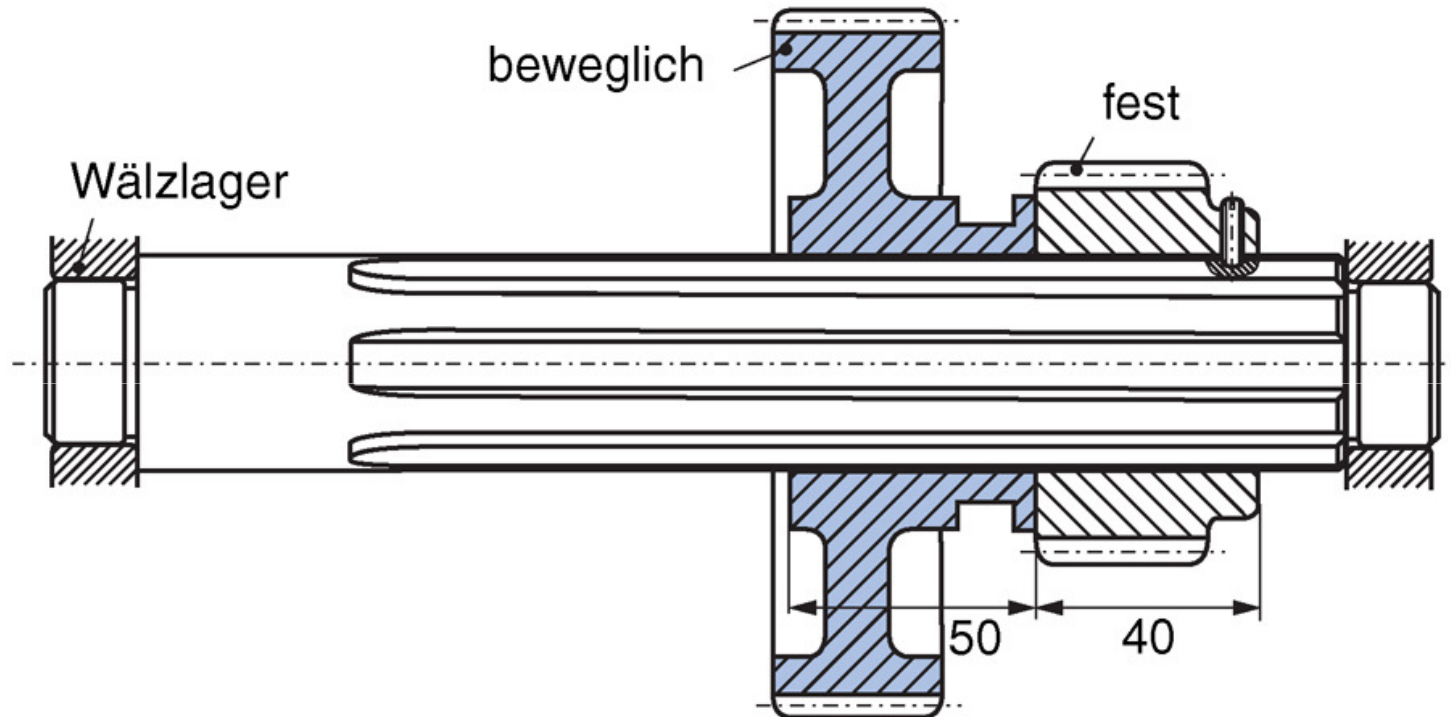


<b>Nutenbreite der</b>	<b>fester Sitz</b>	<b>leichter Sitz</b>	<b>Gleitsitz</b>
Welle b.	P9	N9	H8
Nabe b	P9	J9	D10

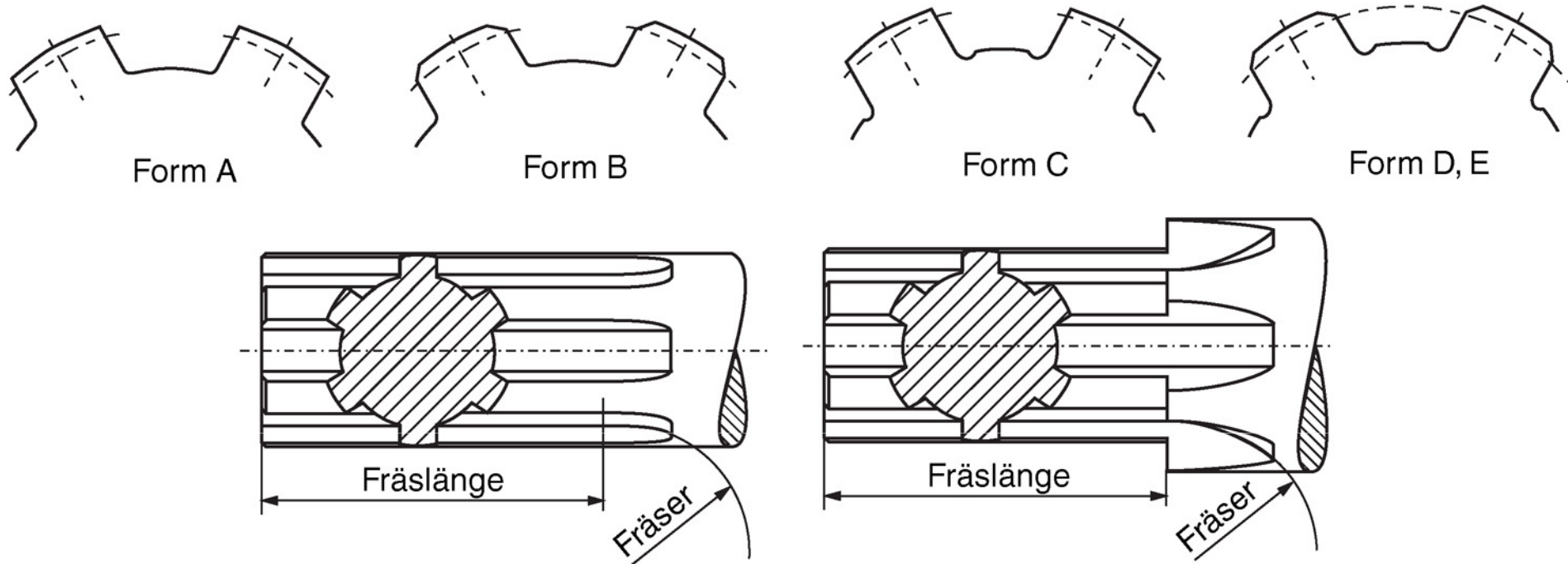


Keile werden zur festen Verbindung von Wellen und Naben vorwiegend schwerer Scheiben, Räder, Kupplungen bei Großmaschinen, Baggern, Kranen, Landmaschinen, schweren Werkzeugmaschinen (Stanzern, Schmiedehämmer), d.h. bei rauhem Betrieb und wechselseitigen, stoßhaften Drehmomenten verwendet.

Die Kräfte werden im wesentlichen durch Reibschluss übertragen, falls dieser überwunden wird, greift zusätzlich auch die Formschlussverbindung, bei Nutkeilen durch deren Seitenflächen.

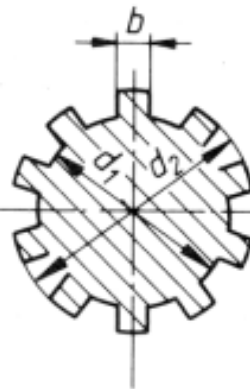
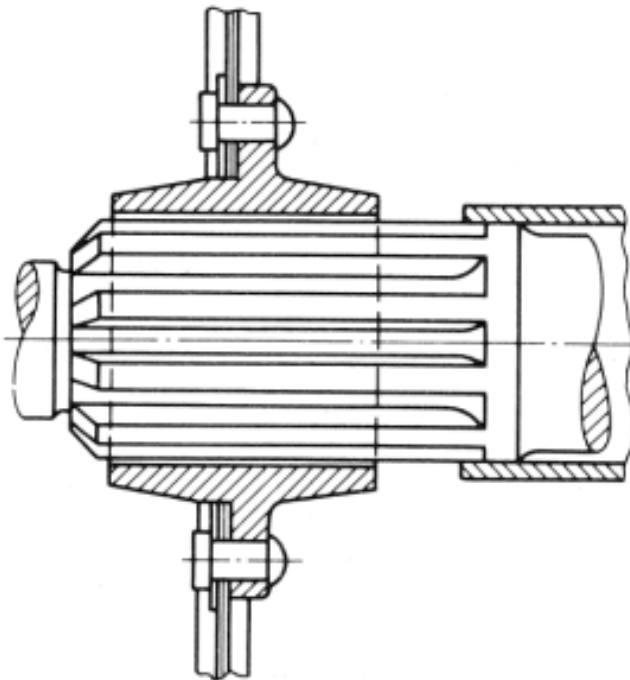






Keilwellenprofile werden sowohl für feste Verbindungen von Welle und Nabe, z.B. bei Antriebswellen von Kraftfahrzeugen, als auch für längsbewegliche Verbindungen, z.B. bei Verschieberädergetrieben von Werkzeugmaschinen, verwendet.

- **Vorteile:** Gleichmäßigere Kraftverteilung über den ganzen Umfang; geringerer Verschleiß, da mehrere Seitenflächen gleichzeitig tragen; Übertragung größerer, auch wechselhafter Drehmomente.
- **Nachteile:** Erheblich teurer; stärkere Schwächung von Welle und Nabe; hohe Kerbwirkung.

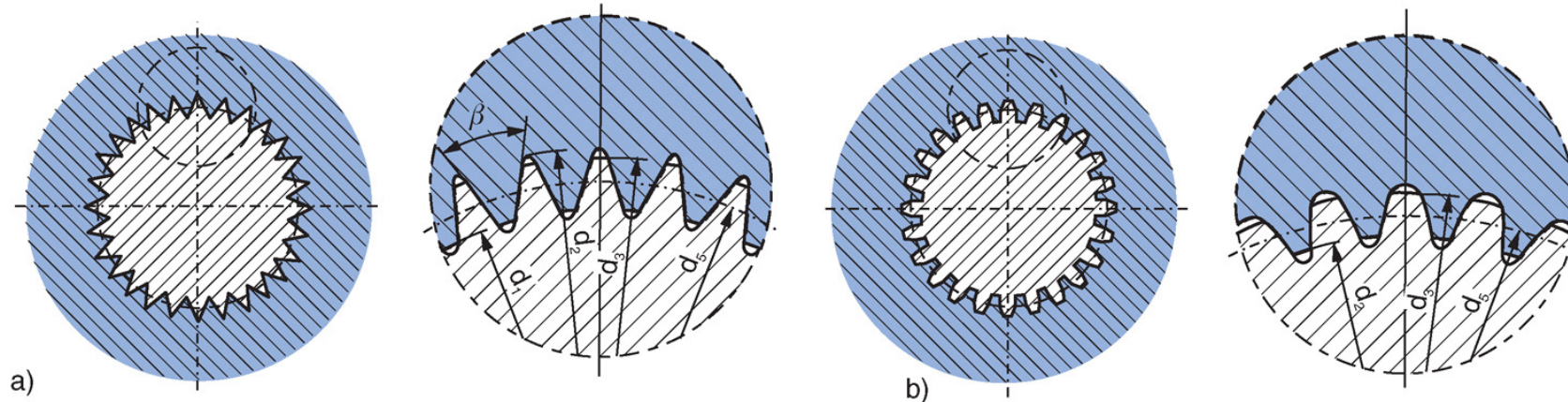


Berechnung:

$$p = \frac{2 \cdot M_t}{d_m \cdot L \cdot h \cdot n \cdot 0,75}$$

$$d_m = \frac{d_2 + d_1}{2} \quad h = \frac{d_2 - d_1}{2}$$

$n = \text{Anzahl der Keile}$



Die Kerbverzahnung wird ähnlich wie das Keilwellenprofil, vorwiegend jedoch für feste Verbindungen verwendet, z. B. bei Achsschenkeln und Drehstabfedern von Kraftfahrzeugen.

Durch die feinere Zahnung werden Welle und Nabe weniger geschwächt, so dass sie entsprechend kleiner ausgeführt werden können. Nachteilig sind die durch die schrägen Zahnflanken entstehenden Radialkomponenten, die eine Aufweitung zu schwacher Naben bewirken können.

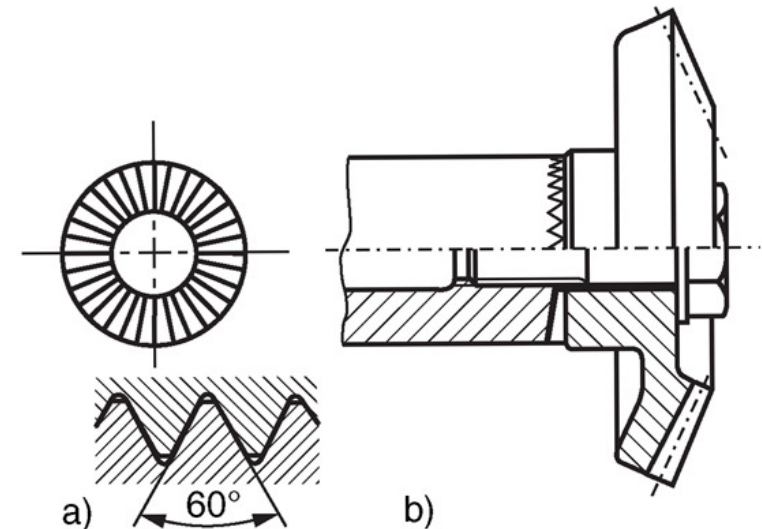
Wie bei der Keilwellenverbindung kommt auch hier nur ausnahmsweise eine Nachprüfung auf Flächenpressung in Frage.

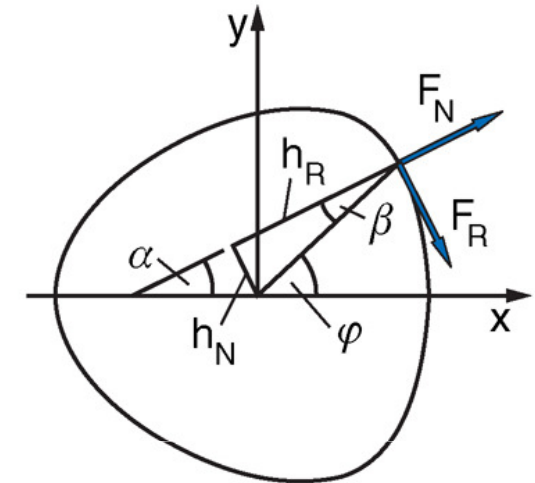
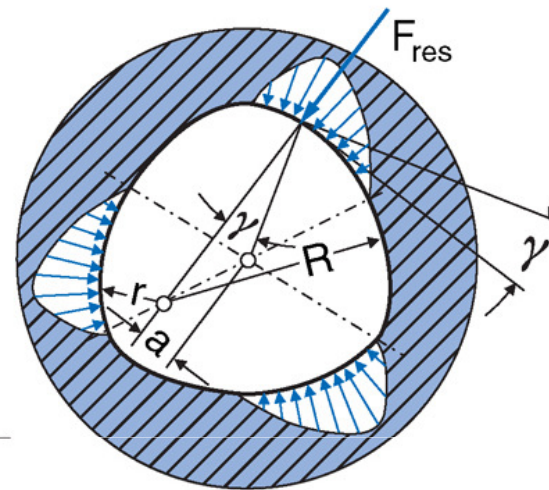
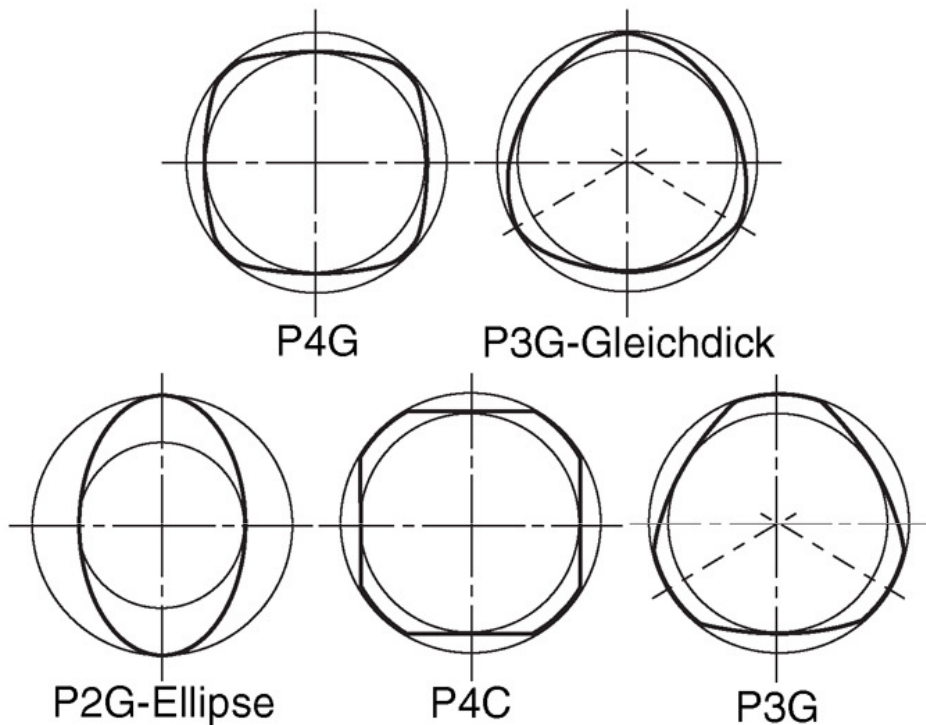
Durch eine an den Stirnflächen angebrachte Plan- Kerbverzahnung sollen Bauteile starr und zentrisch verbunden werden, deren Herstellung in einem Stück schwierig und unwirtschaftlich ist oder die aus verschiedenen Werkstoffen bestehen.

Beispiele:

- Zahnräder aus hochwertigen Stählen mit Wellenenden
- Zahnräder aus verschiedenen Werkstoffen
- Anwendung im Werkzeugmaschinenbau sowie in vielen Bereichen des allgemeinen Maschinenbaus.

Die Berechnung erfolgt nach Vorgaben des Herstellers.





Polygonprofil- Verbindungen werden sowohl im Bereich des allgemeinen Maschinenbaus, als auch im Werkzeugmaschinen-, Kraftfahrzeug- und Flugzeugbau sowie in der Elektroindustrie eingesetzt. Diese Wellen/Naben-Verbindungen dienen der Übertragung von Drehmomenten an Maschinenteilen und Werkzeugen und sind geeignet für lösbare Verbindungen, Schiebesitze und für Presspassungen.



Für die Anwendung der einzelnen Verbindungsarten sind

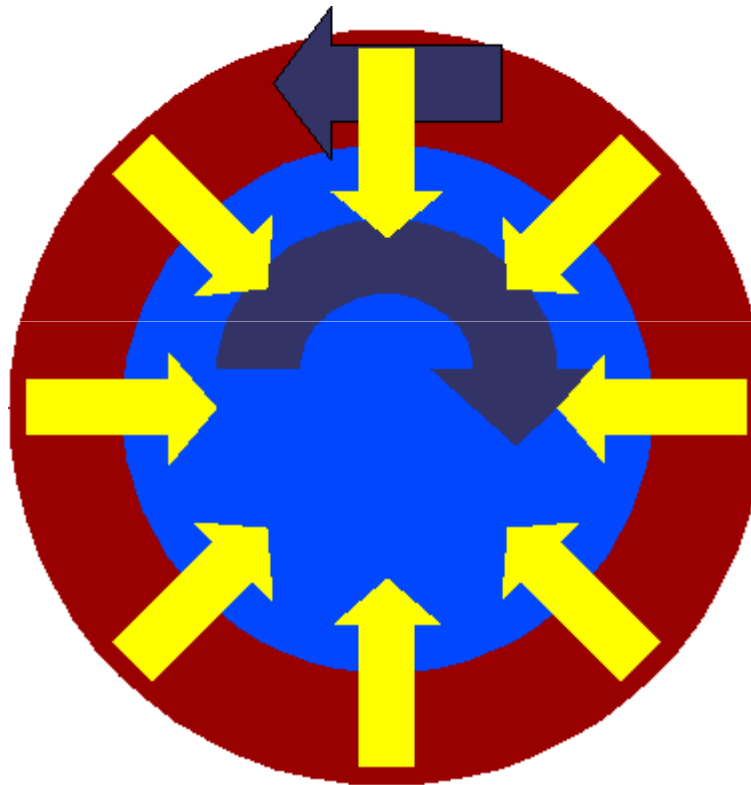
- Größe und Wirkung des zu übertragenden Drehmomentes,
- konstruktive Gesichtspunkte und auch
- die Herstellungskosten

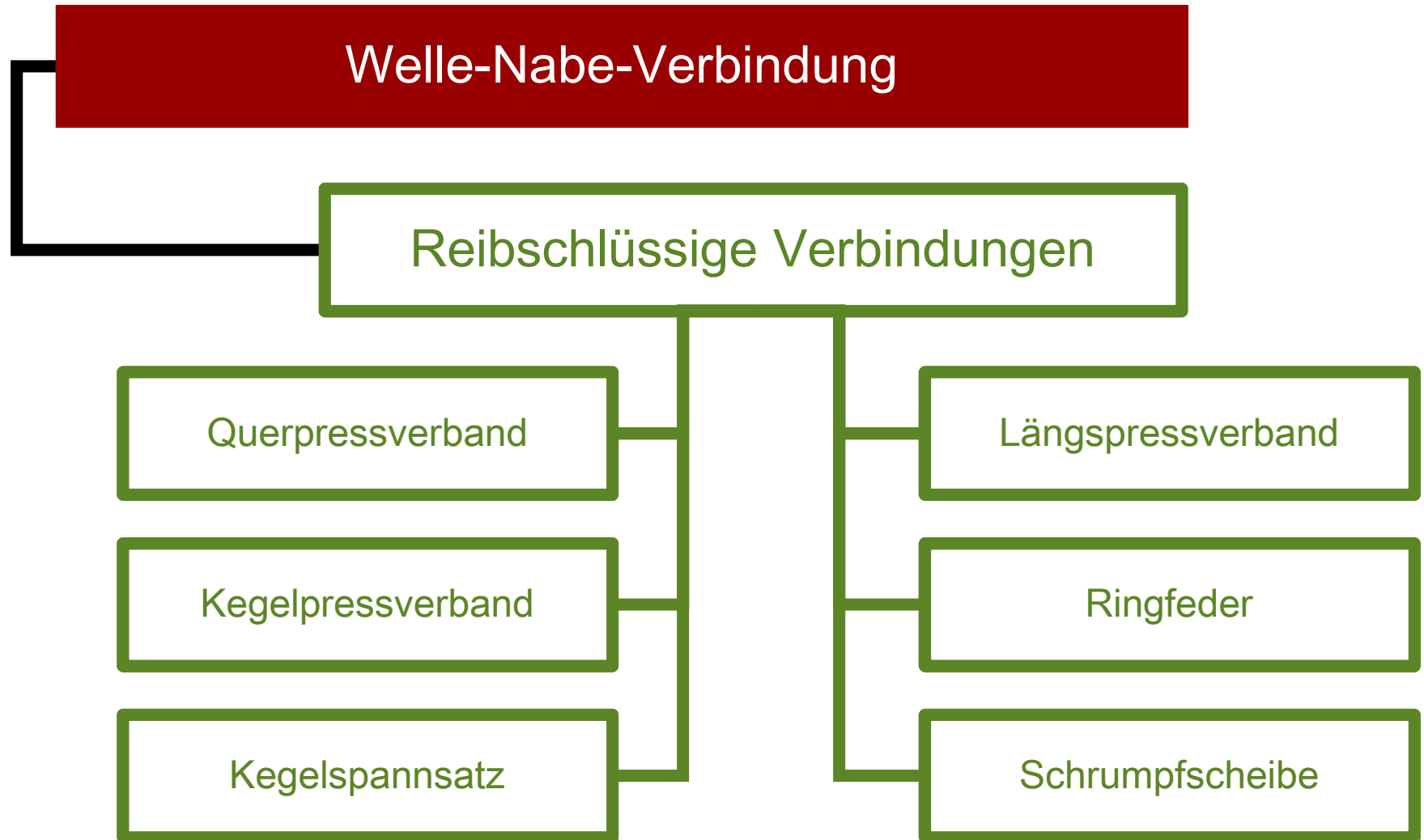
maßgebend.

- **kleinere Drehmomente:** Klemmverbindung, Spannhülse, Querstift, Scheibenfeder, Flach- oder Hohlkeil
- **einseitige Drehmomente:** Passfeder, Scheibenfeder, Querstift
- **größere und wechselnde Drehmomente:** Pressverband, Schrumpfscheiben-Verbindung, Ringfeder- Spannverbindung, Keilwellen- und Polygonprofil, Kerbverzahnung, Nuten-, Tangentkeil
- **in Längsrichtung verschiebbare Naben:** Keilwellenprofil, Gleitfeder
- **in Drehrichtung verstellbare Naben:** Klemm- und Kegolverbindung, Schrumpfscheiben- Verbindung, Ringfeder- Spannverbindung, Kerbverzahnung, Stirnverzahnung, Hohlkeil

Nabe

Welle







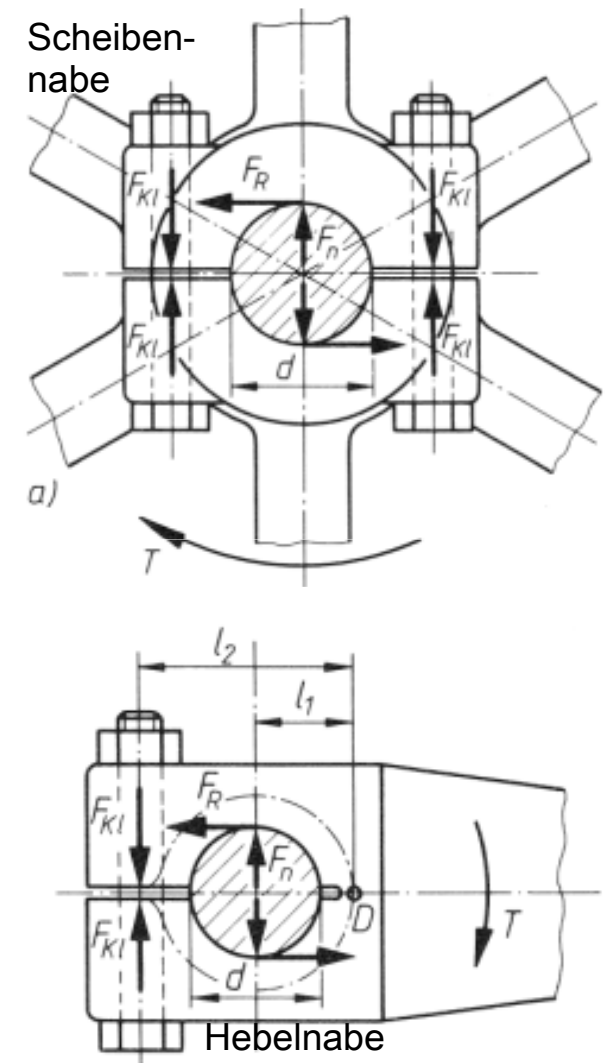
Die Klemmverbindung wird vorwiegend bei Riemen-, Gurtscheiben und Hebeln angewendet, die auf glatte, längere Wellen aufzubringen oder bei geteilter Ausführung nachträglich zwischen Lager zu setzen sind oder in Längs- und Drehrichtung einstellbar sein sollen.

Aufzuklemmende Scheiben sind geteilt, Naben von Hebeln einseitig geschlitzt. Das Aufklemmen erfolgt durch Verschraubung.

Berechnung:

$$F_n \geq \frac{M_t}{d \cdot \mu} \quad [N]$$

$$p = \frac{F \cdot n}{d \cdot L} \leq p_{zul} \quad \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$



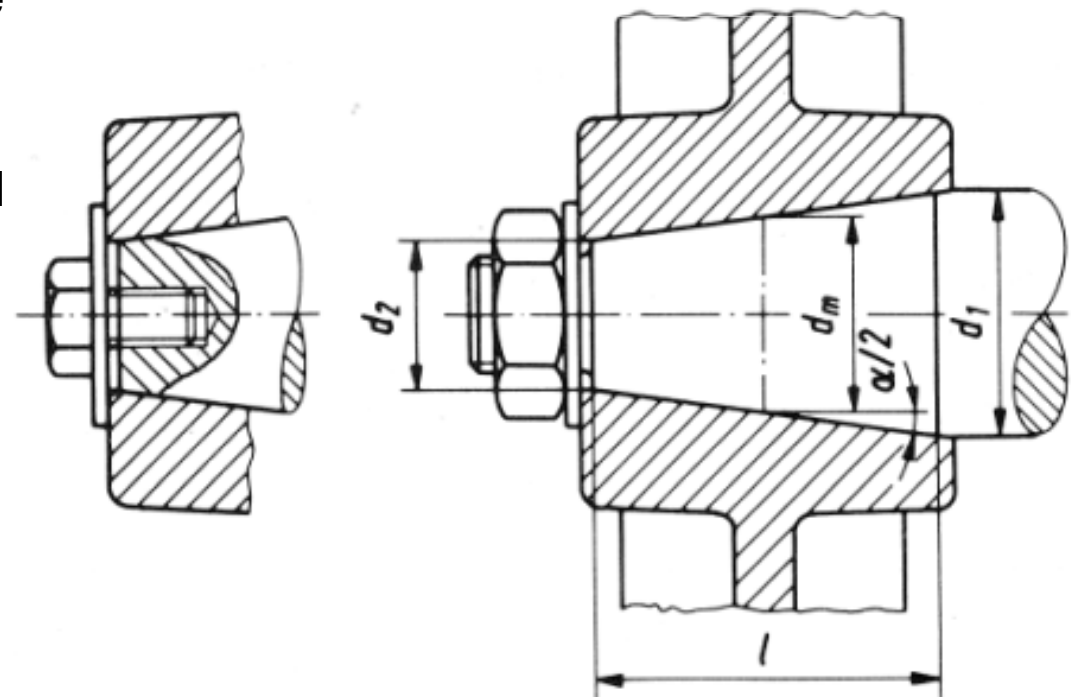
Kegelverbindungen werden zum Befestigen z.B. von Rad-, Scheiben- und Kupplungs-naben vorwiegend auf Wellenenden, von Werkzeugen (z.B. Bohrern) in Arbeits-spindeln und von Wälzlagern (mit Spann- oder Abziehhülsen) auf Wellen verwendet.

## Vorteile:

- Genauer zentrischer Sitz,
- Hohe Laufruhe und Laufgenauigke

## Nachteil:

- Axiales Verschieben oder Nachstel



## Umfangsreibungskraft

$$F_{Rt} = F_R = F_N \cdot \mu$$

$$M_R = \frac{F_R \cdot D_{mf}}{2} = \frac{F_N \cdot \mu \cdot D_{mf}}{2} \geq M_t$$

## Erforderliche Aufpresskraft:

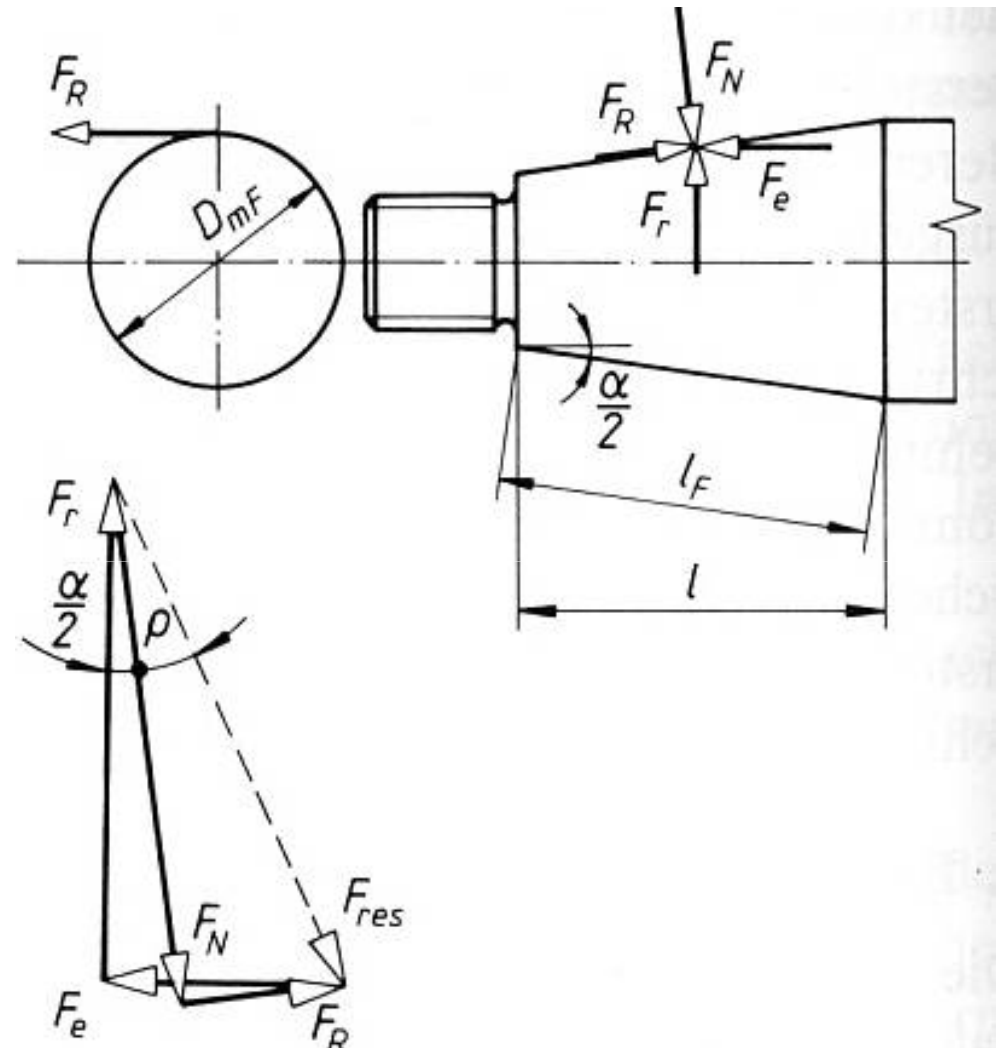
$$F_N \geq \frac{2 \cdot M_t}{\mu \cdot d_m}$$

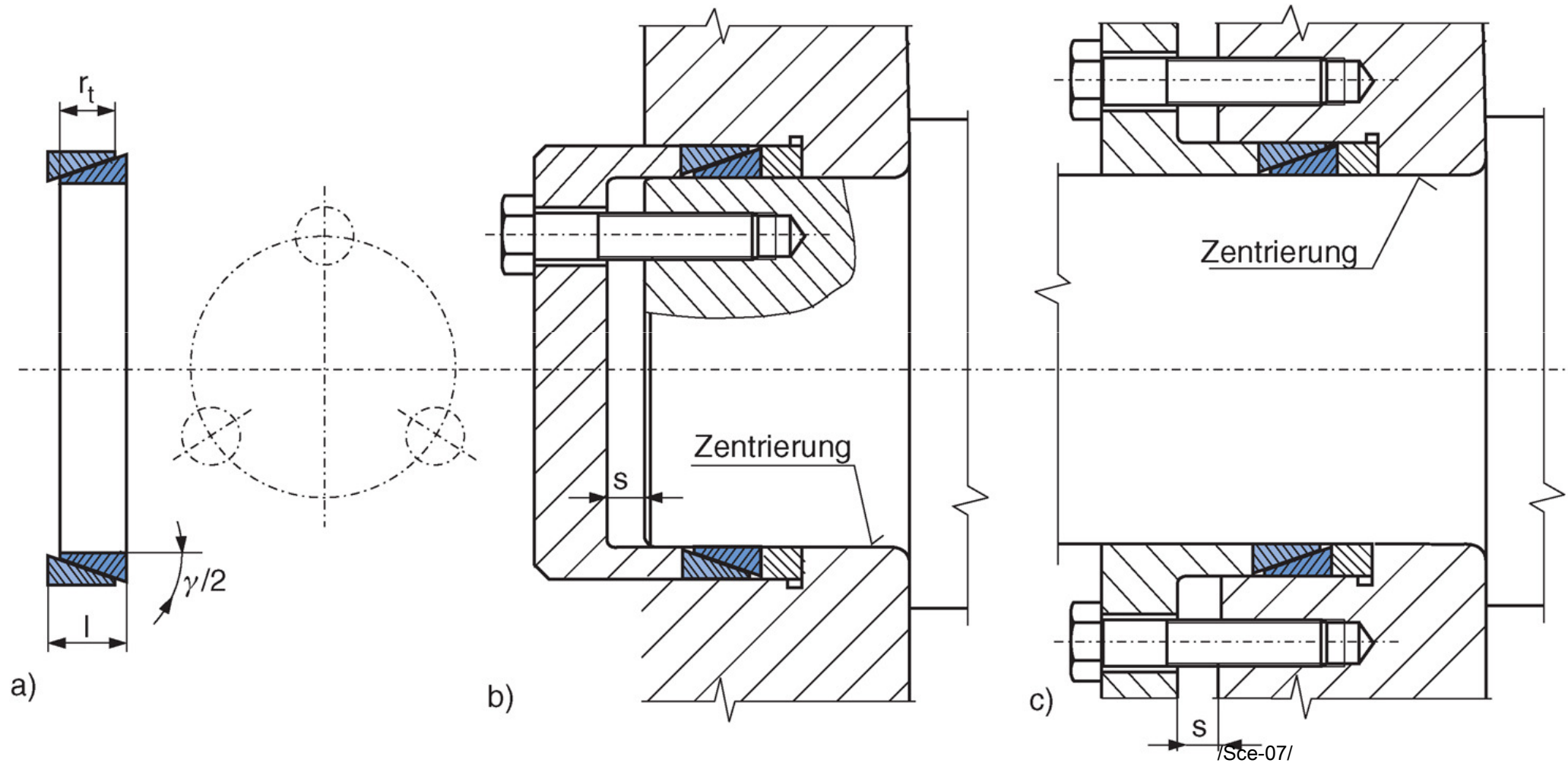
## Erforderliche Aufpresskraft:

$$F_e \geq \frac{\frac{2 \cdot M_t}{D_{mf}} \cdot \sin\left(\rho + \frac{\alpha}{2}\right)}{\sin \rho}$$

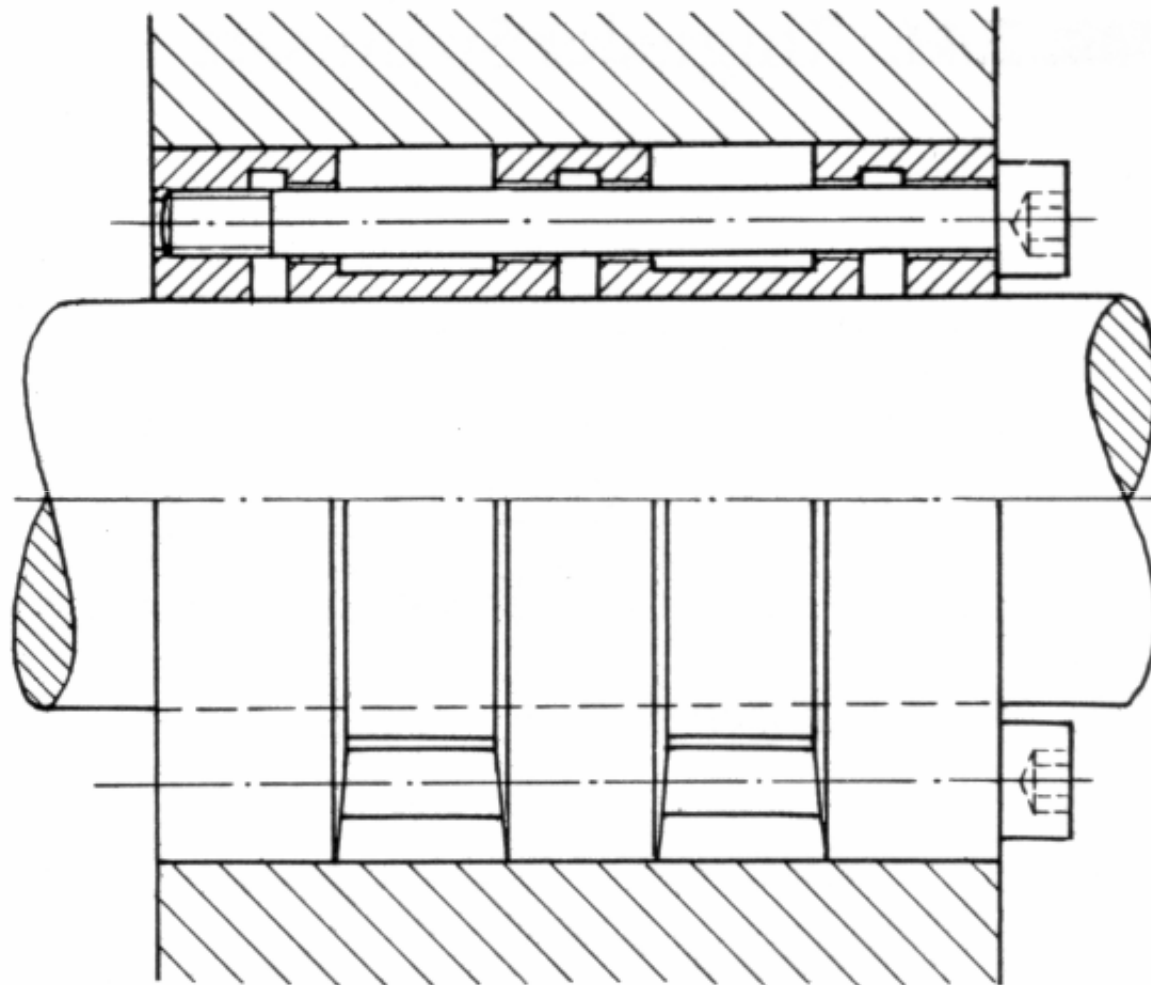
## Flächenpressung:

$$p_F = \frac{F_e \cdot \cos \rho \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{D_{mf} \cdot \pi \cdot l \cdot \sin\left(\rho + \frac{\alpha}{2}\right)}$$





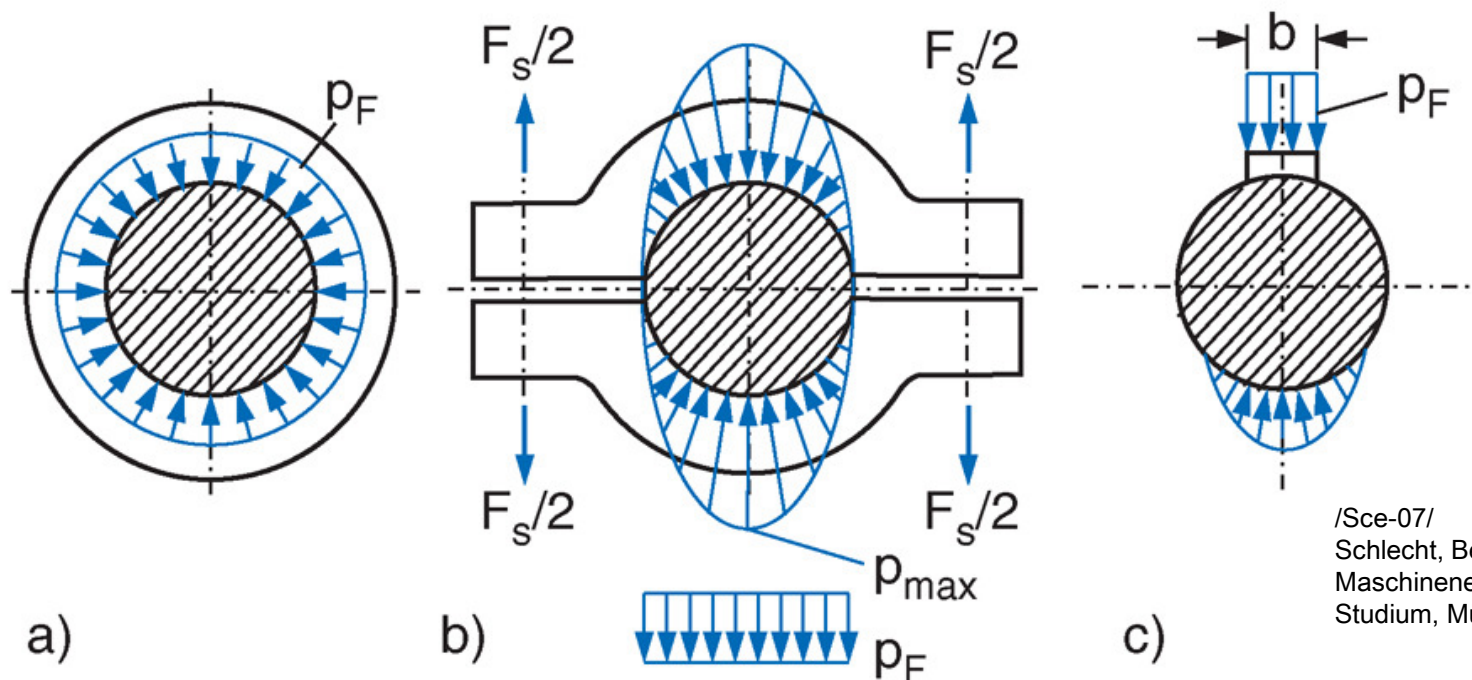
/Sce-07/  
Schlecht, Berthold:  
Maschinenelemente 1. Pearson  
Studium, München, 2007



Preßverbände entstehen durch das Fügen von Teilen, die vor dem Zusammenbau ein Übermaß haben. Dadurch wird eine über den Fugenumfang gleichmäßige Pressung  $p$  und damit eine Haftkraft zur Übertragung wechselnder und stoßartiger Drehmomente und Längskräfte erzeugt.

## Anwendungsbereiche

Preßverbände werden vorwiegend für nicht zu lösende Verbindungen verwendet, z.B. für Verbindungen von Schwungrädern, Riemenscheiben, Kupplungen und Bunden mit Wellen, von Lauf- und Zahnkränzen mit Radkörpern und von Lagerbuchsen mit Gehäusen.



/Sce-07/  
Schlecht, Berthold:  
Maschinenelemente 1. Pearson  
Studium, München, 2007

## 1. Möglichkeit

- Erwärmung der Nabe → Ausdehnung der Nabe
- Einschieben der Welle
- Abkühlung der Nabe führt zum Schrumpfen

## 2. Möglichkeit

- Abkühlung der Welle → Schrumpfen der Welle
- Einschieben der Welle
- Erwärmung der Welle Nabe führt zur Ausdehnung

## 3. Möglichkeit

- Kombination von Möglichkeit 1 und Möglichkeit 2



