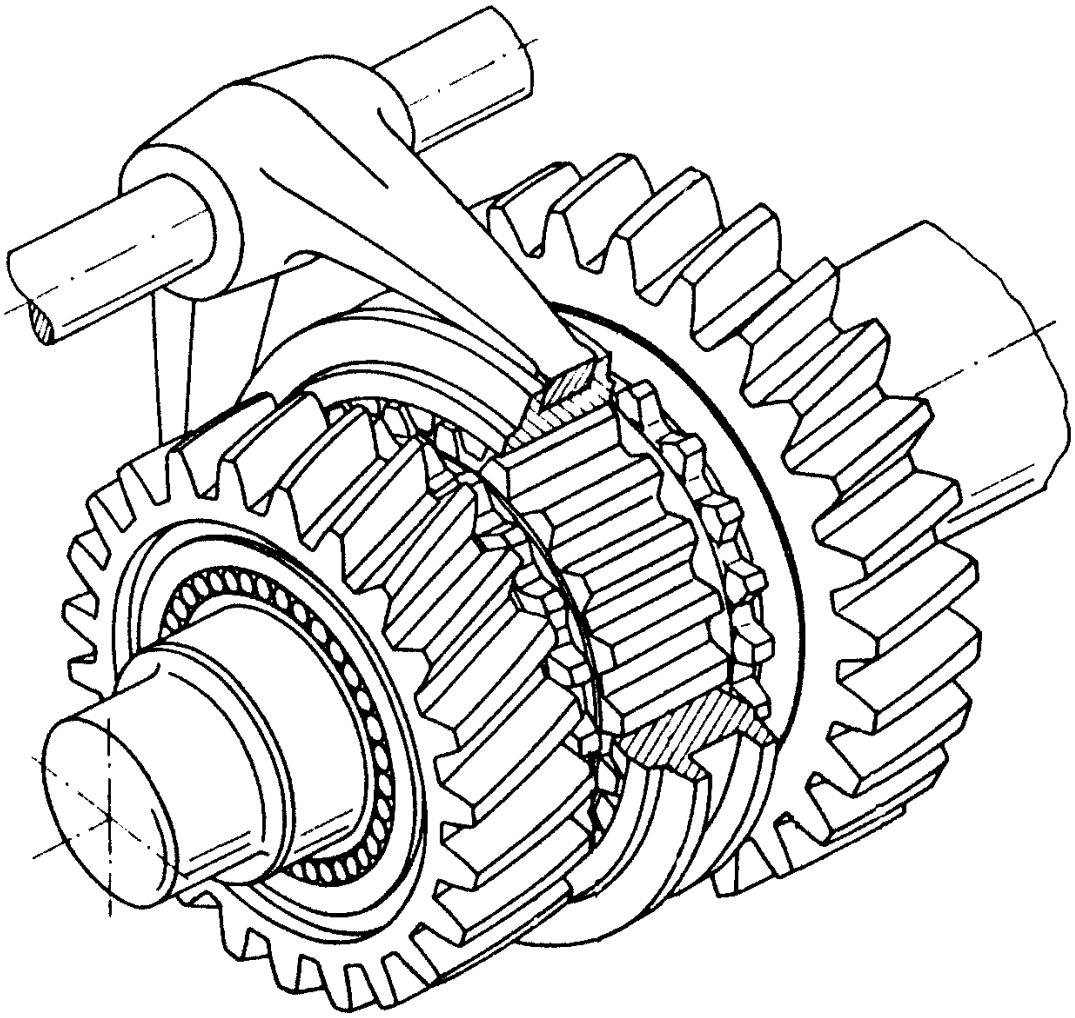
Schaltbare Kupplungen

- **Zahnkupplungen (mechanisch)**
- **Richtungsschaltbare Kupplungen**
  - Freilauf
  - Rücklaufsperre
  - Überholkupplung

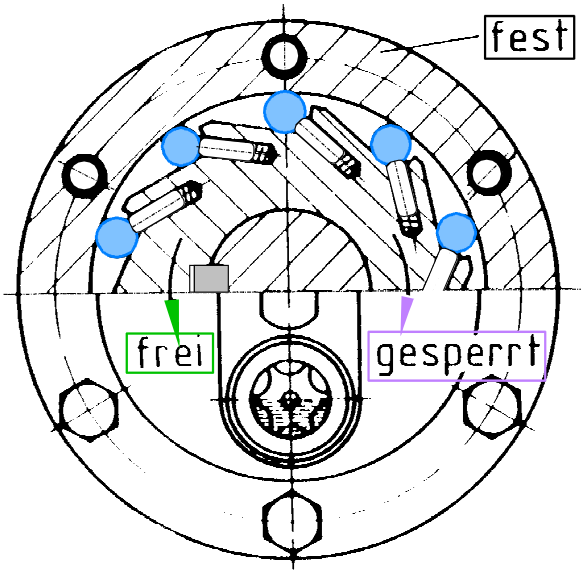
  } Klemmrollen- oder Klemmkörper-Freilauf
- **Sicherheitskupplungen**
  - Brechbolzenkupplung
  - Rutschkupplung
- **Fremdbetätigte Kupplungen**
  - Lamellenreibungskupplungen
  - elektrisch betätigt
  - mechanisch betätigt
  - hydraulisch betätigt
  - pneumatisch betätigt
  - Magnetpulverkupplung
- **Fliehkraftkupplungen**
  - Stahlkieskupplung
  - Fliehkraft-Reibungskupplung
- **Hydrodynamische Kupplungen**
  - einfach
  - füllungsverzögert
  - füllungsgeregelt

Schaltbare Kupplungen

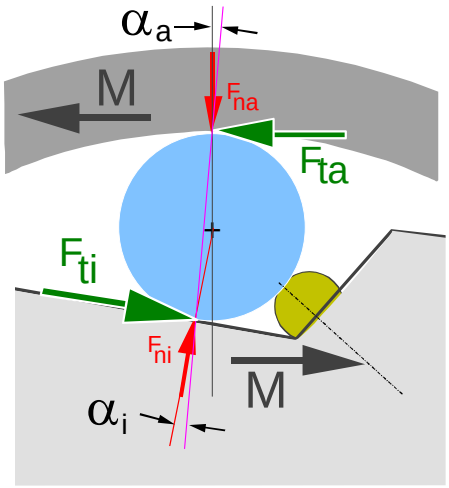
Zahnkupplung



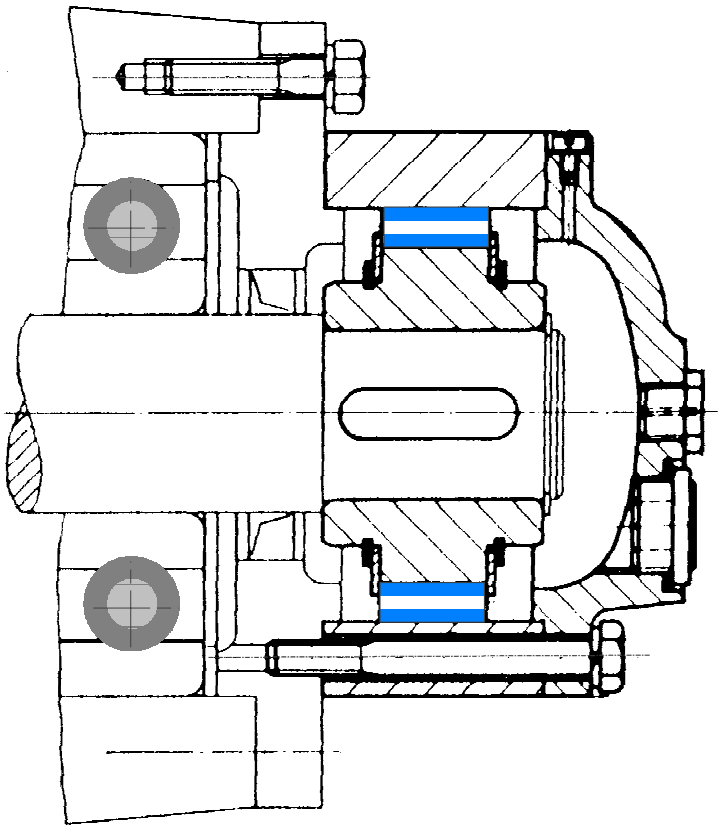
Klemmrollenfreilauf-Rücklaufsperre



Wirkprinzip

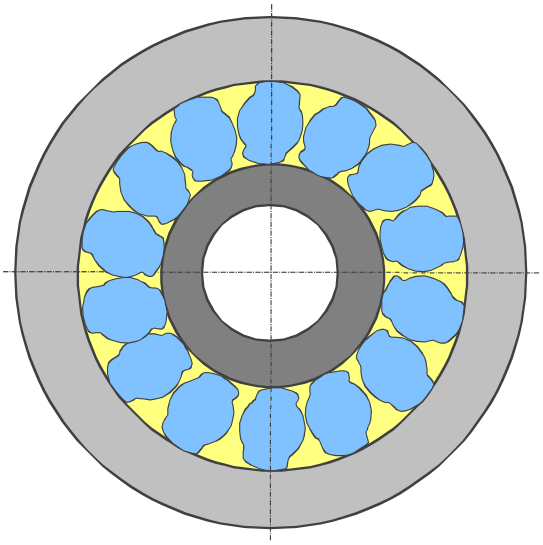


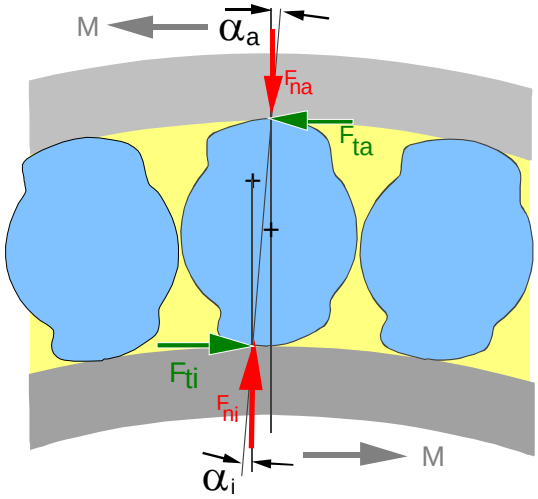
Anwendung: Rücklaufsperre an einer steigenden Förderbandanlage

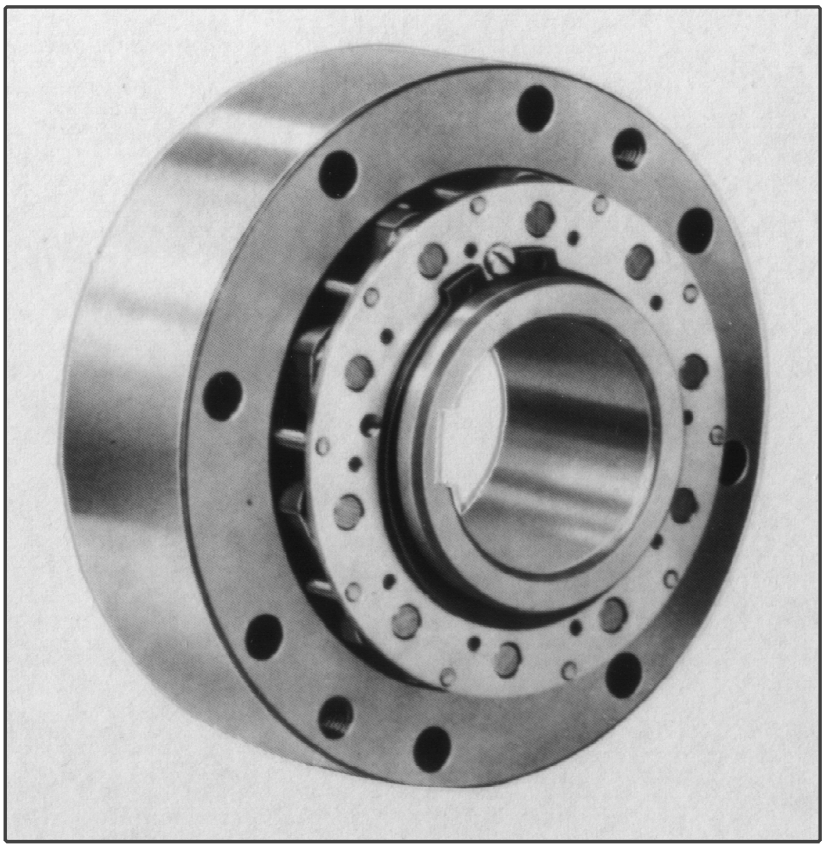


Klemmkörperfreilauf

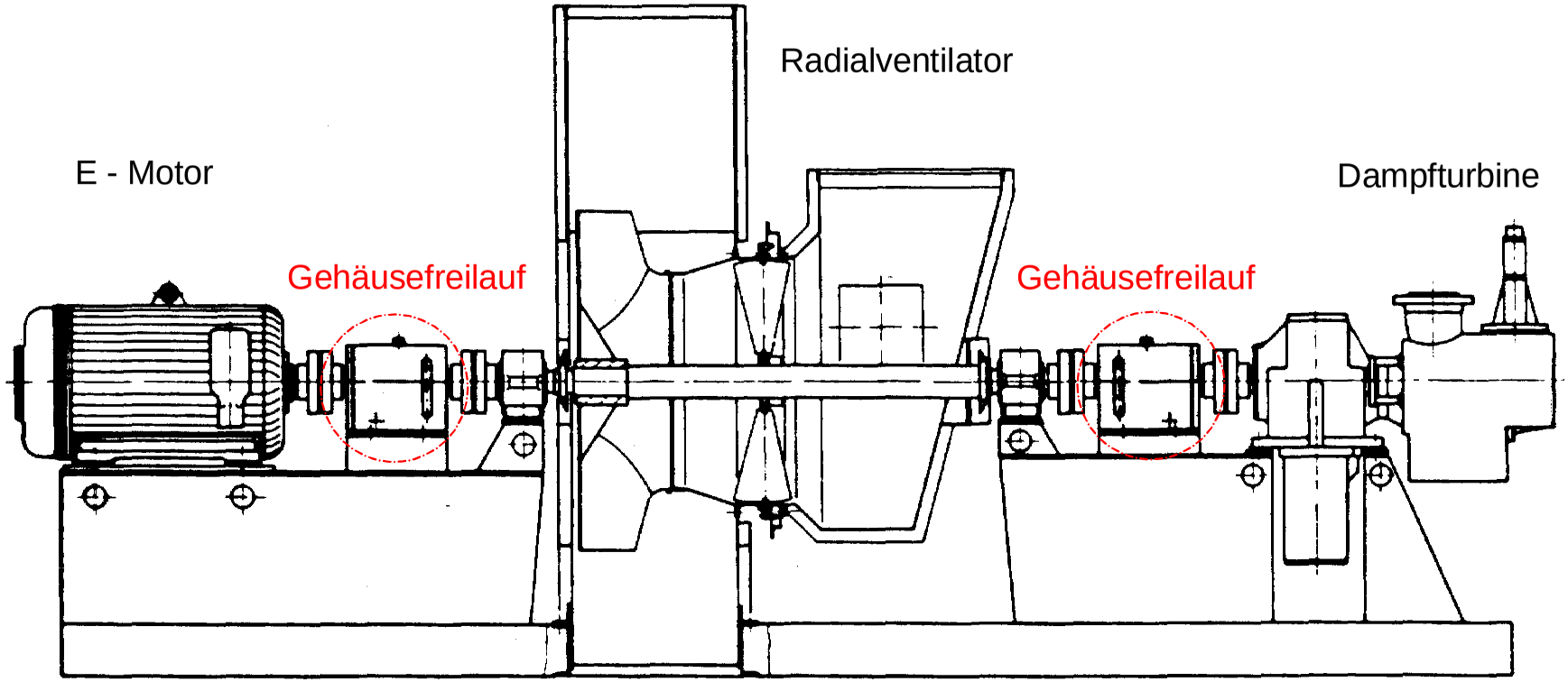
- fliehkraftabhebend -







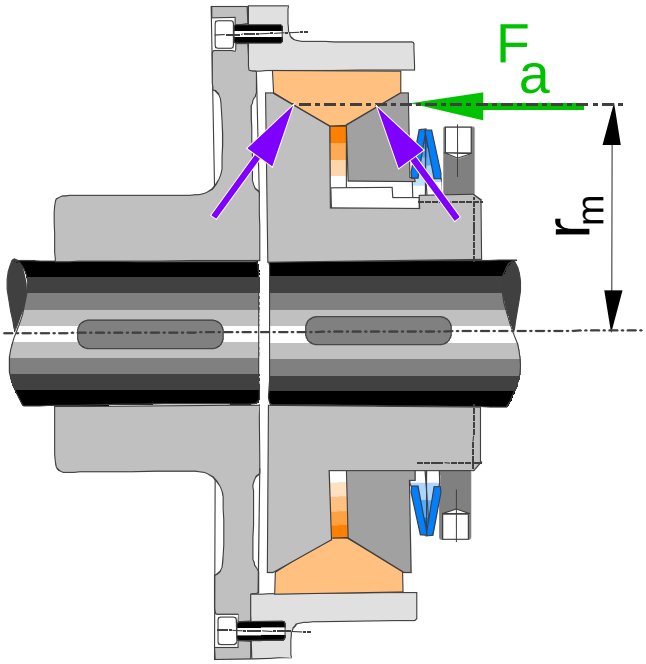
Kühlventilator für die Schaltanlage eines Kernkraftwerkes

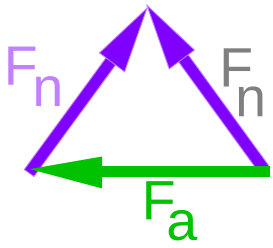


Im Notbetrieb wird der Ventilator von der Dampfturbine angetrieben.

Sicherheitsrutschkupplungen

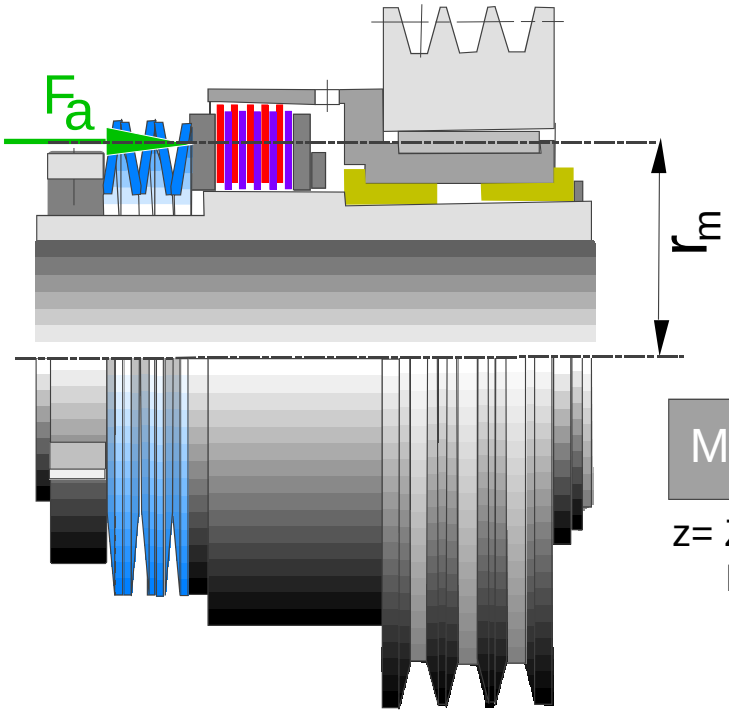
Kegel-Reibungskupplung





$$M_R = 2 \cdot F_n \cdot \mu \cdot r_m$$

Lamellen-Reibungskupplung

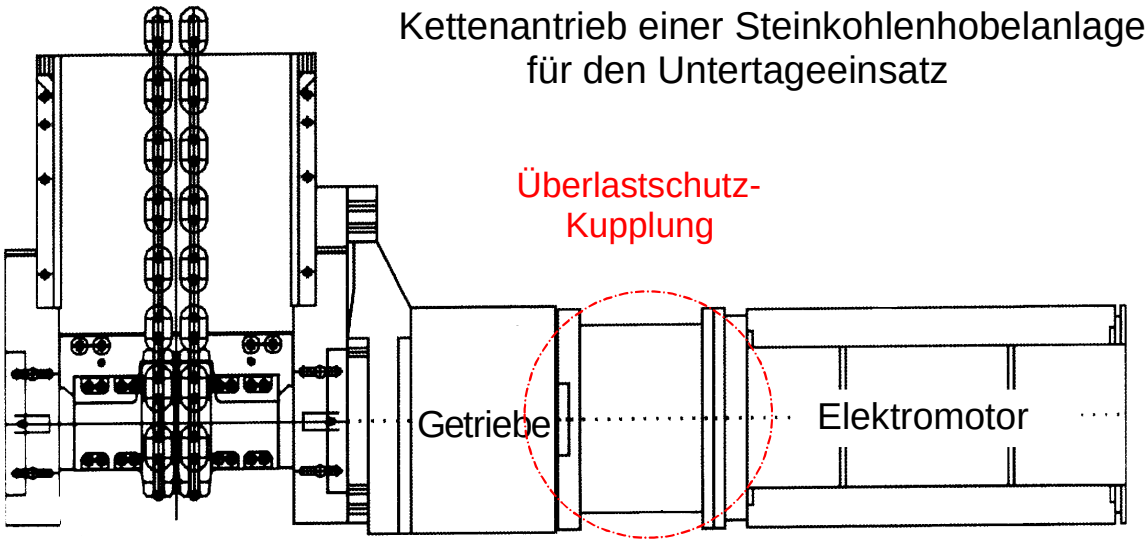


$$M_R = z \cdot F_a \cdot \mu \cdot r_m$$

z= Zahl der wirksamen Reibflächen

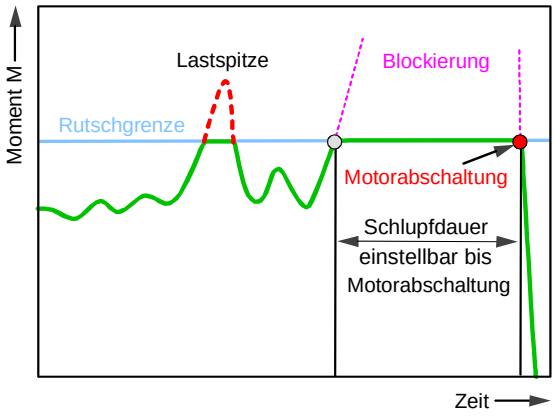
Sicherheitsrutschkupplung
- Anwendungsbeispiel -

Kettenantrieb einer Steinkohlenhobelanlage
für den Untertageeinsatz

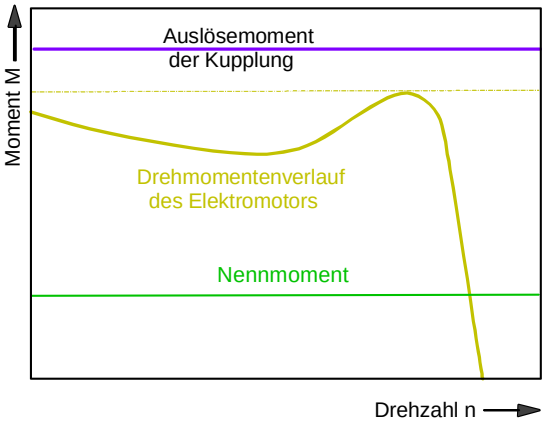


Rutschkupplung mit Schlupfüberwachung

Arbeitsweise der Kupplung



Einstellung der Kupplung



Berechnungen von Rutschkupplungen mit konstanter Anpresskraft

Reibungsmoment:

$$M_{max} = z \cdot \mu_0 \cdot F_a \cdot r_m$$ (Synchroner Zustand)

$$M_{Rutsch} = z \cdot \mu \cdot F_a \cdot r_m$$ (Rutschzustand)

Spezifische Reibleistung:

$$q_R = p \cdot \mu \cdot \bar{v} \quad \text{in} \quad \frac{N}{cm^2} \cdot \frac{m}{s}$$

$$q_R = 100 \ldots 300 \quad \text{(Anhaltswerte)}$$

Auslegung:

$$M_{max}(\mu_0) \geq \frac{P_{an}}{\omega} \cdot \varphi \cdot \nu_0$$ (erforderlich)

$$\nu_0 = 1{,}5 \ldots 3$$

$$M_{Rutsch}(\mu) \approx \frac{P_{an}}{\omega} \cdot \varphi \cdot \nu$$ (erforderlich)

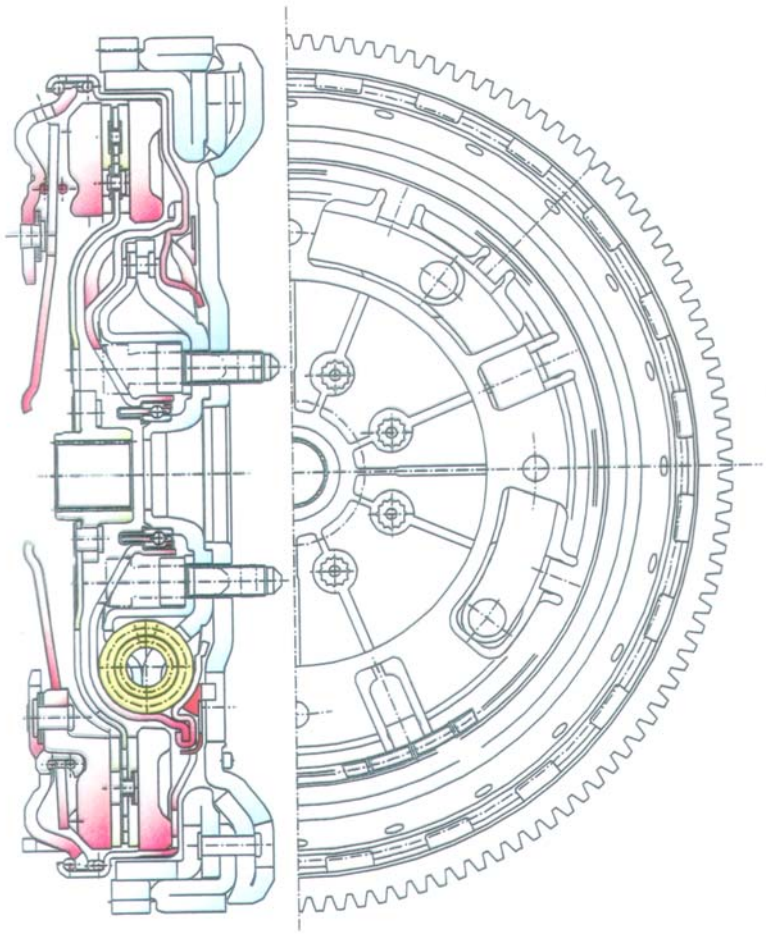
$$\nu = 1{,}25$$

Reibungskupplungen

Bauarten

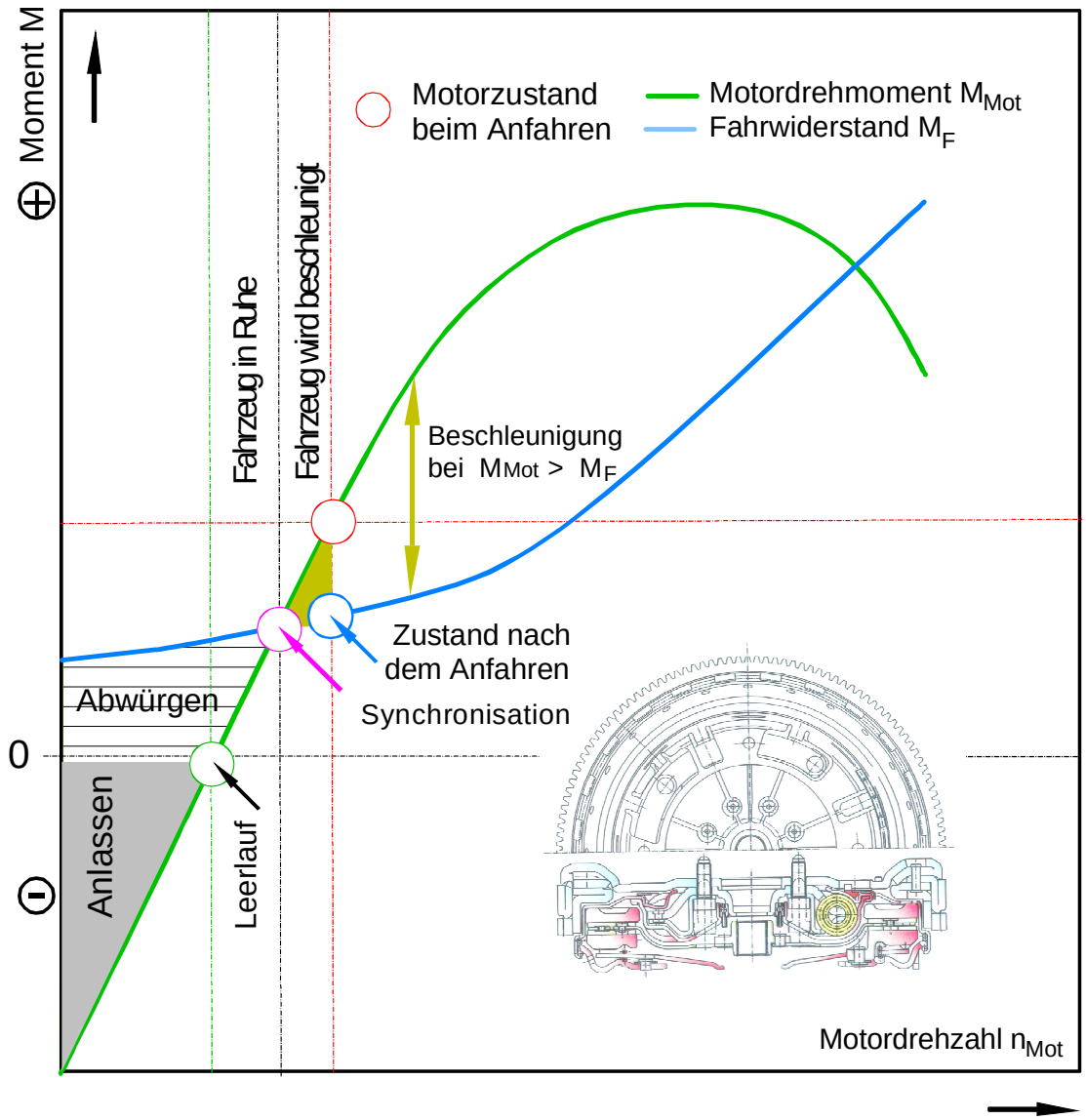
- Einscheiben - Reibungskupplung
- Lamellen - Reibungskupplung
- Federband - Reibungskupplungen

Beispiel: Einscheiben - Reibungskupplung für PKW

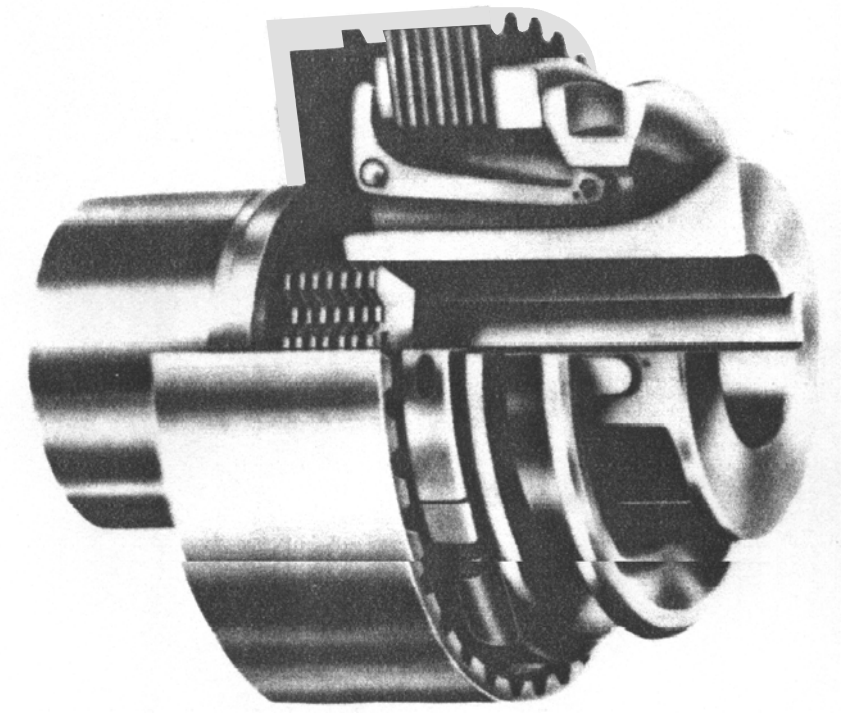


Anfahren eines Pkw mit Reibungskupplung

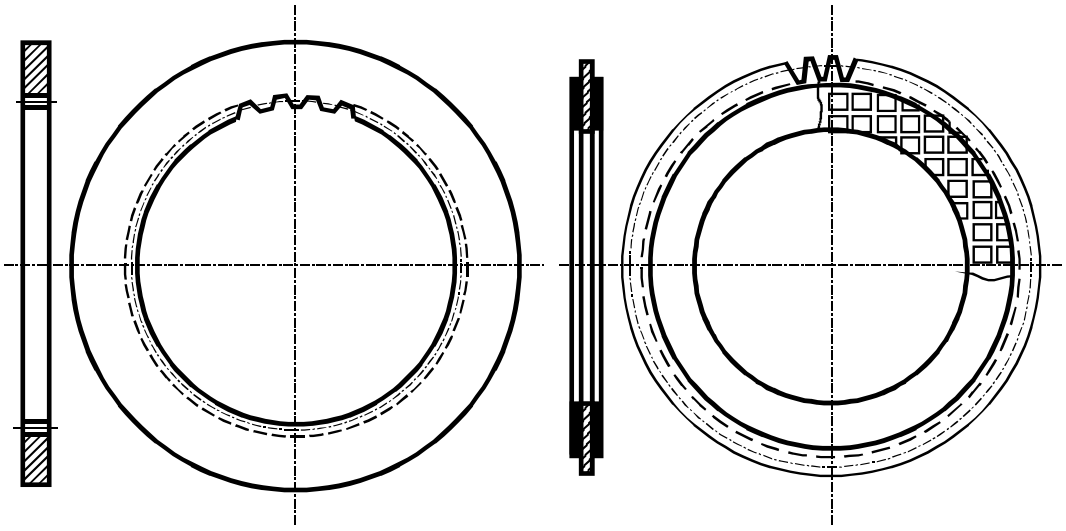
Die unterschiedlichen Drehzahlen von Motor und Fahrzeug werden durch Kupplungsschlupf aufgenommen. Nach der Synchronisation rutscht die Kupplung nicht mehr.



Schaltbare Lamellenkupplung

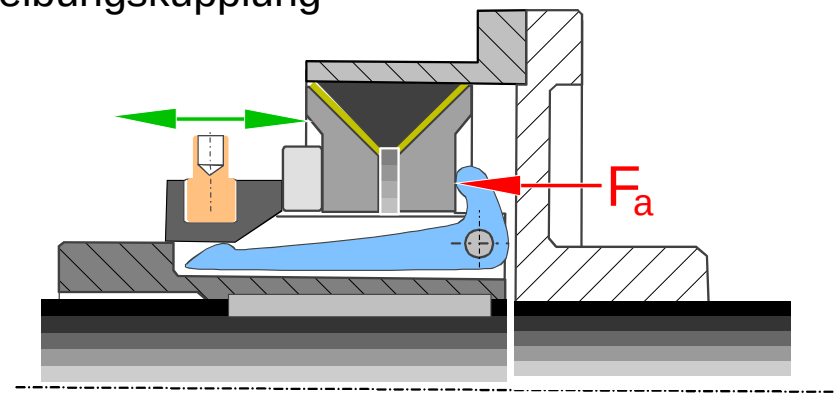


Lamellen

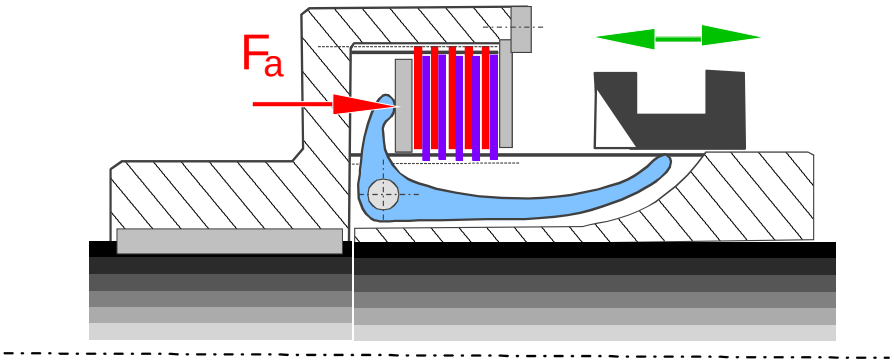


Mechanisch schaltbare Reibungskupplungen

Mechanisch schaltbare Kegelreibungskupplung

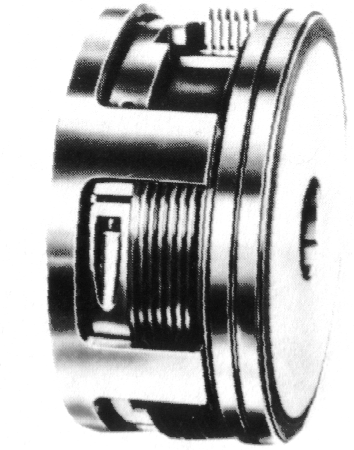


Mechanisch schaltbare Lamellen-Reibungskupplung

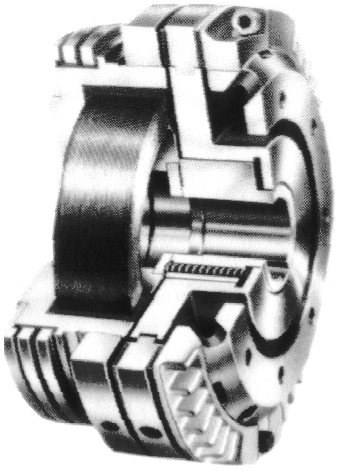


Elektromagnet - Kupplungen

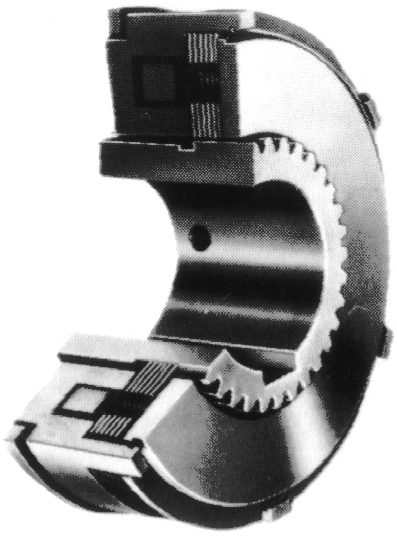
Lamellenkupplung
Lamellen nicht durchflutet



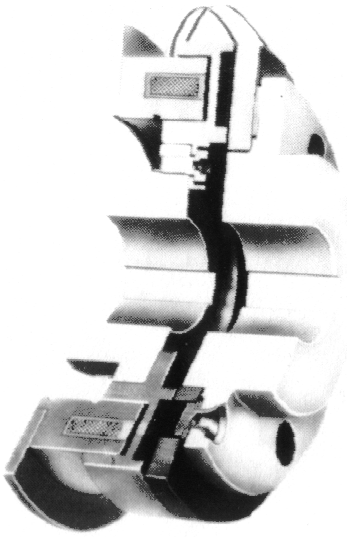
Einflächenkupplung



Lamellenkupplung
Lamellen durchflutet



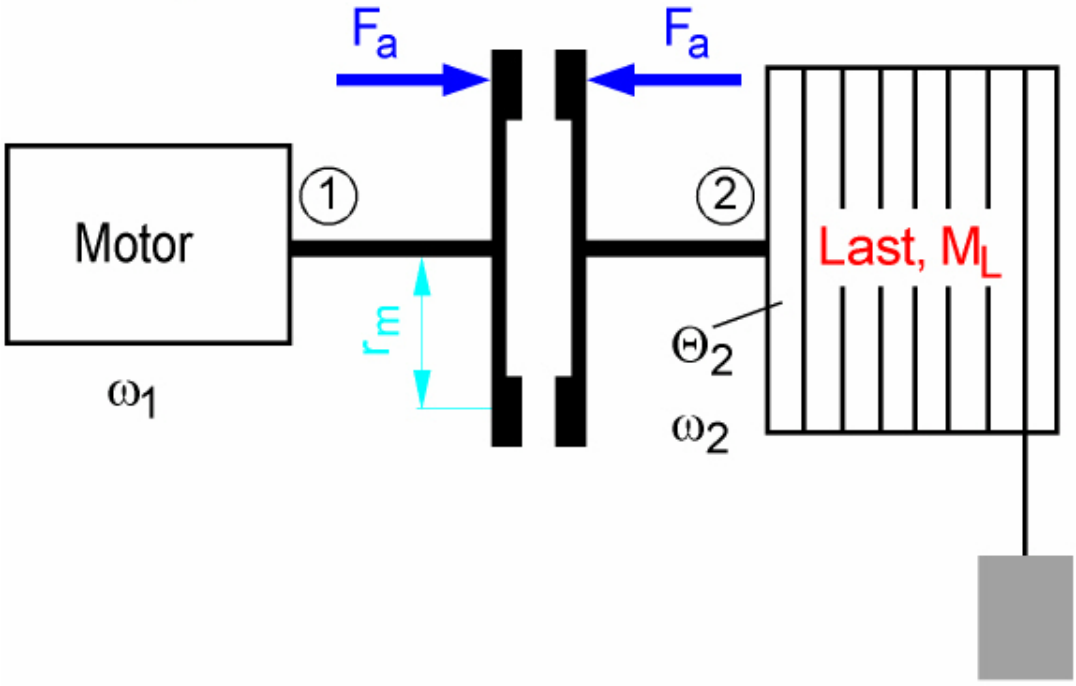
Polflächenkupplung



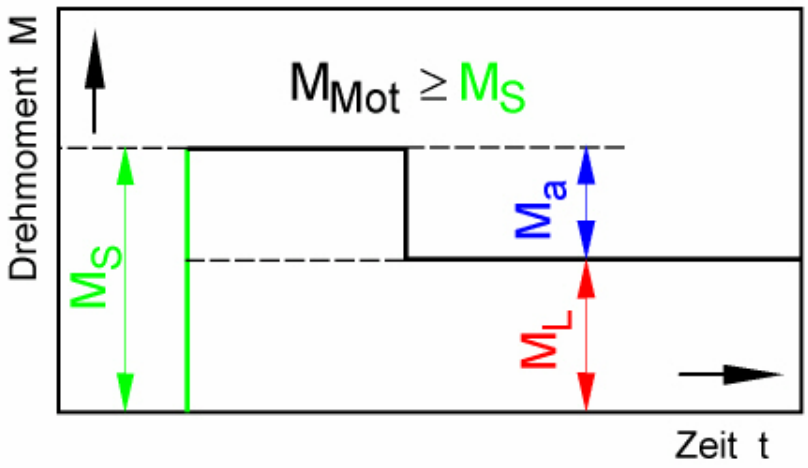
Beschreibung eines Anfahrvorganges bei konstantem Lastmoment

$$M_W = M_L = \text{const}$$

Ersatzsystem



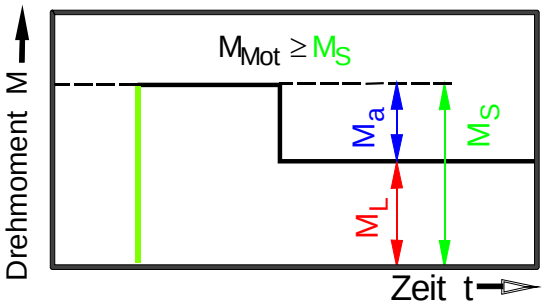
Zeitlicher Verlauf des Moments



Hochlauf der Welle 2

Vorraussetzungen

- ☐ $M_{Mot} \geq M_S$
- ☐ M_L = const

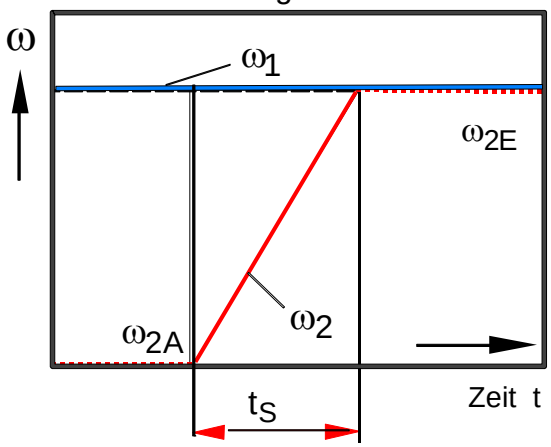


$$M_a = M_S - M_L = \text{const}$$

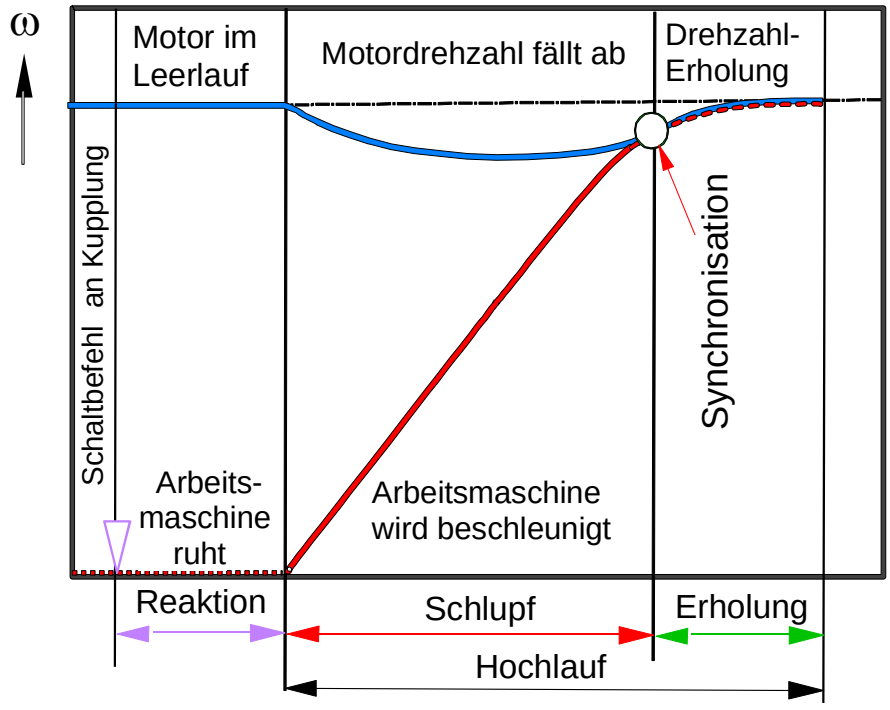
$$M_a = \Theta_2 \cdot \frac{d\omega_2}{dt} = \text{const}$$

$$t_S = \frac{\Theta_2 \cdot (\omega_{2E} - \omega_{2A})}{M_S - M_L}$$

Geschwindigkeitsverlauf



Systemverhalten beim Antrieb mit einem Drehstrom - Asynchronmotor und einer Elektromagnet-Kupplung



Schaltarbeit in Reibungskupplungen

Voraussetzungen

Schaltmoment: $M_S = \text{const}$
M_L von Welle 2; $M_L = \text{const}$

Anfangszustand:	Endzustand:
Welle 1: $\omega_1 = \text{const}$	Welle 1: $\omega_1 = \text{const}$
Welle 2: $\omega_2 = 0$	Welle 2: $\omega_2 = \omega_1$

Geleistete Arbeit der Welle 1 während des Schaltvorgangs (in der Zeit t_S)

$$W_1 = \omega_1 \cdot t_S \cdot M_S$$

Geleistete Arbeit der Welle 2 während des Schaltvorgangs (in der Zeit t_S)

$$W_2 = \bar{\omega}_2 \cdot t_S \cdot M_S$$

$$\bar{\omega}_2 = \frac{\omega_1}{2}$$

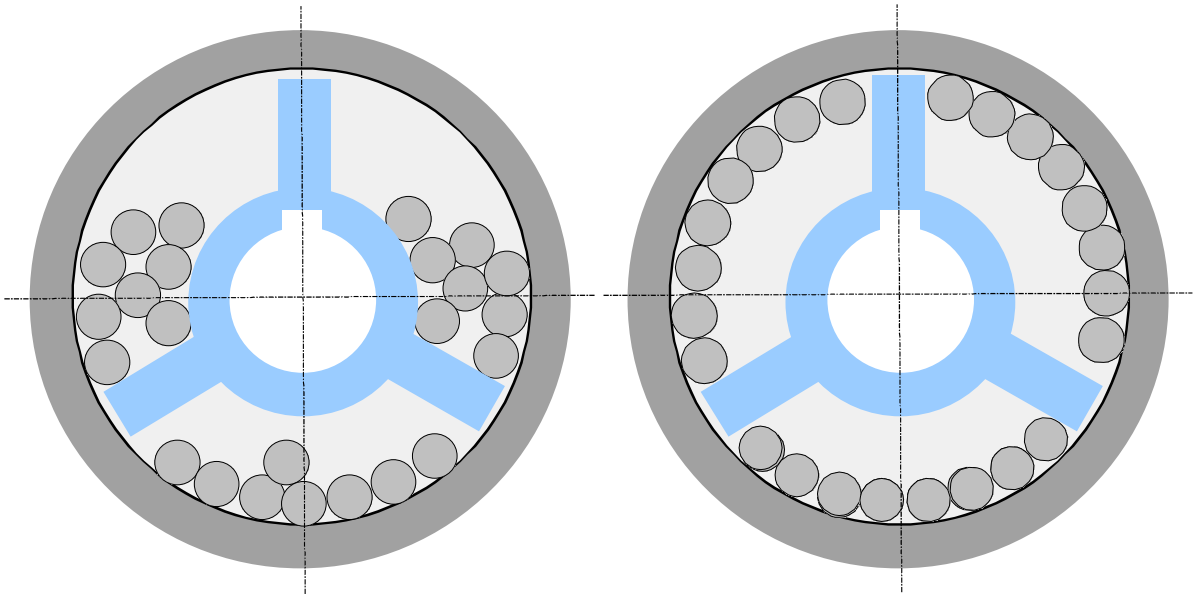
$$W_2 = \frac{\omega_1}{2} \cdot t_S \cdot M_S$$

Verhältnis der geleisteten Arbeiten:

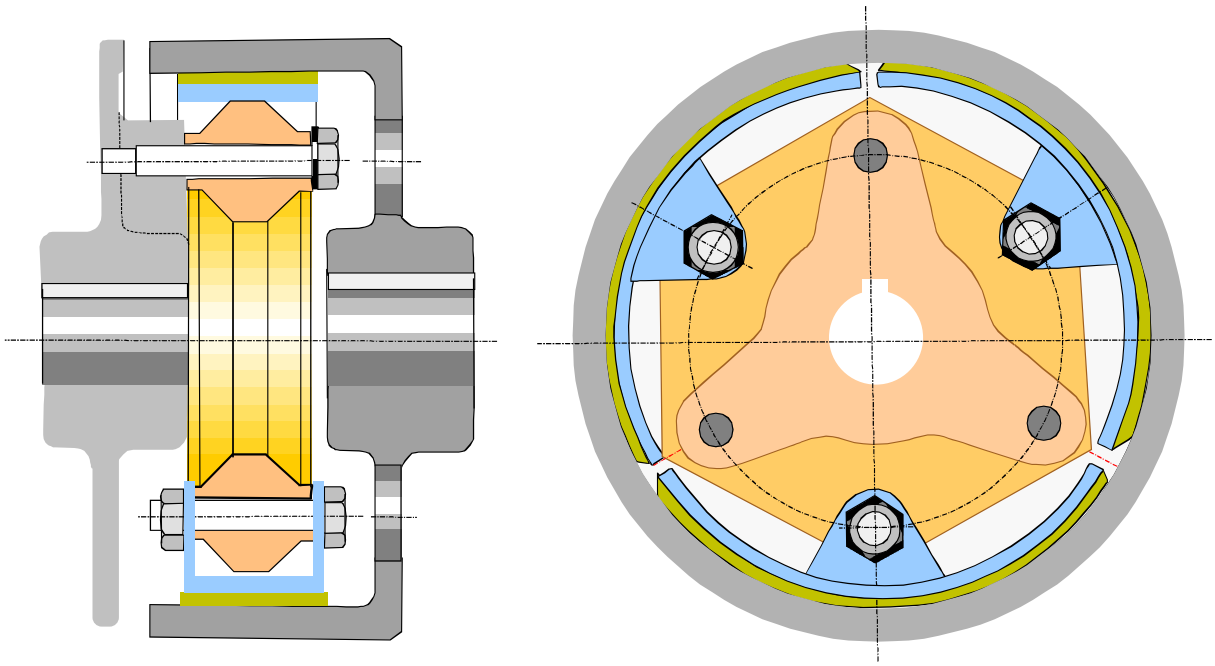
$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\omega_1 \cdot t_S \cdot M_S}{\frac{1}{2} \cdot \omega_1 \cdot t_S \cdot M_S} = 2!$$

Fliehkraftkupplungen

Fliehkraft - Stahlkieskupplung

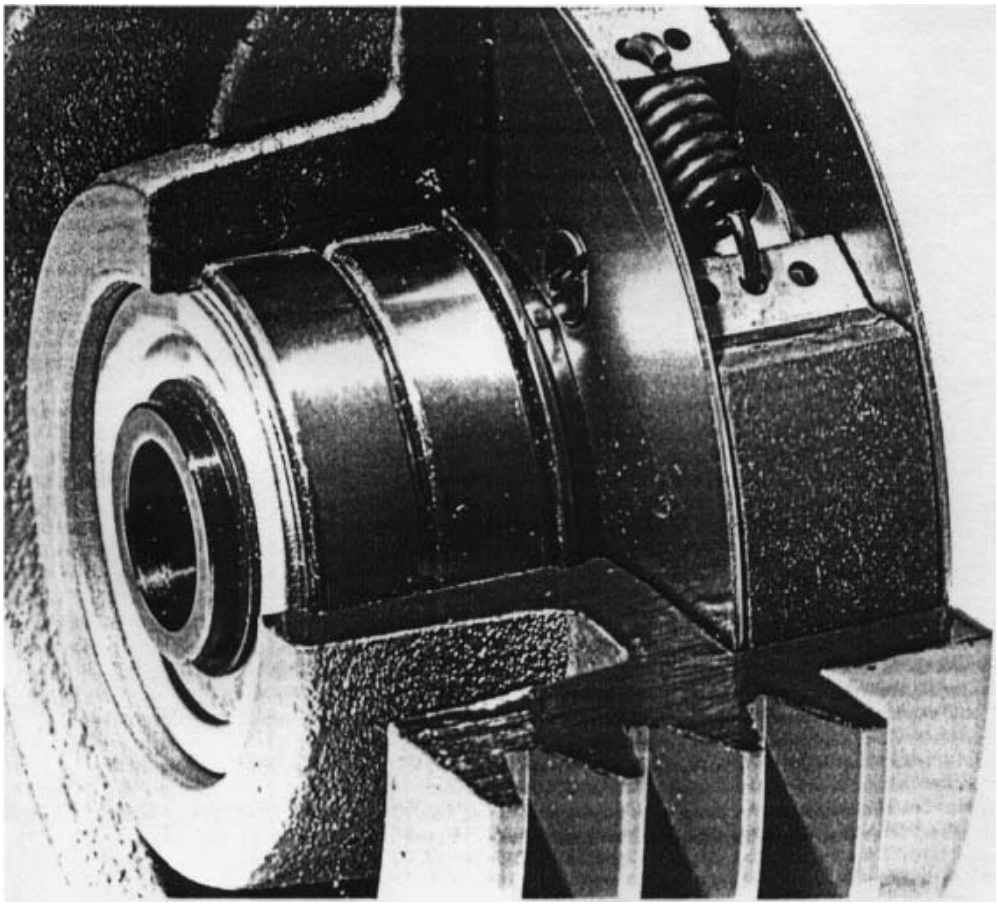


Fliehkraft - Reibungskupplung

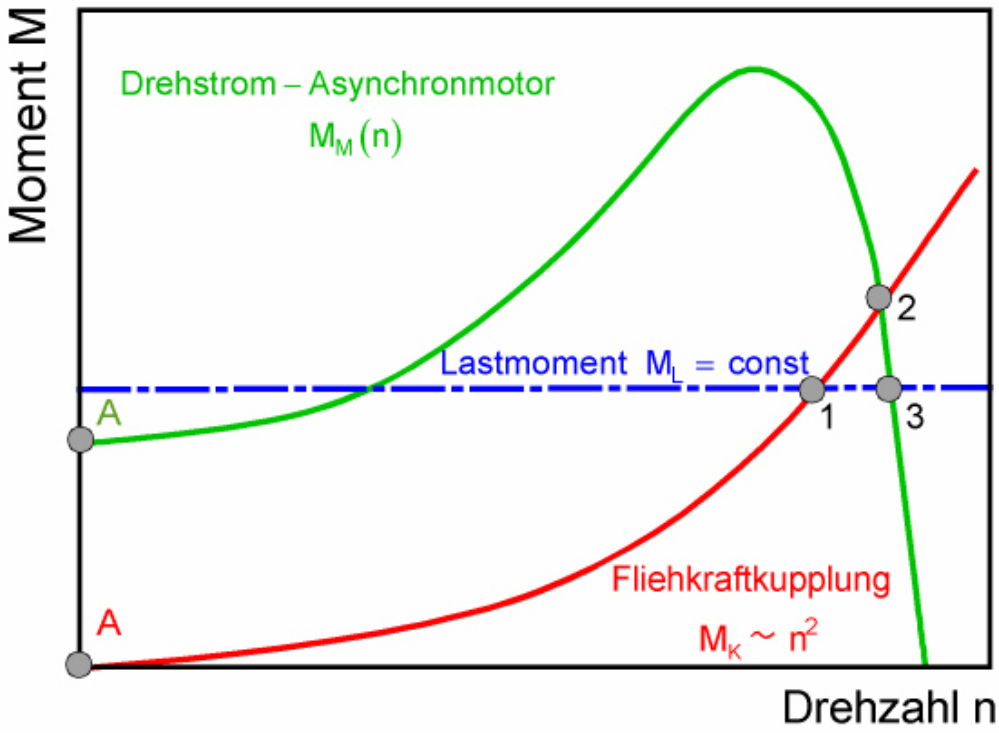


Fliehkraftkupplung an einer Keilriemenscheibe

Mit austauschbaren Zugfedern wird die
"Schaltdrehzahl"eingestellt!



Hochlauf einer Arbeitsmaschine unter Last mit einer Fliehkraftkupplung



M_M = Charakteristik des Antriebsmotors
Drehstrom-Asynchron-Maschine (DAS)

M_L = Lastmoment

M_K = Charakteristik der Fliehkraftkupplung

0-1 = Hochlauf der Fliehkraftkupplung bis $M_K = M_L$
(die Kupplung gleitet)

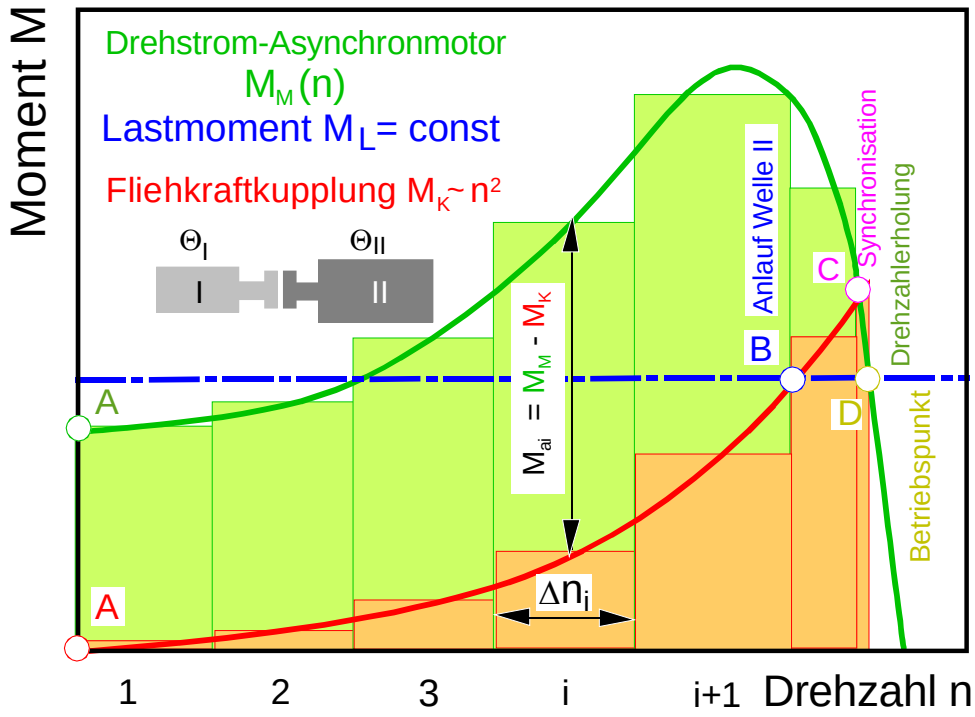
1-2 = Beschleunigung der Arbeitsmaschinenwelle
M_K und $M_M > M_L$

2 = Synchronisieren

2-3 = Drehzahlerholung

3 = Betriebspunkt

Abschätzung der Hochlaufzeit eines Antriebes mit DAS-Motor & Fliehkraftkupplung



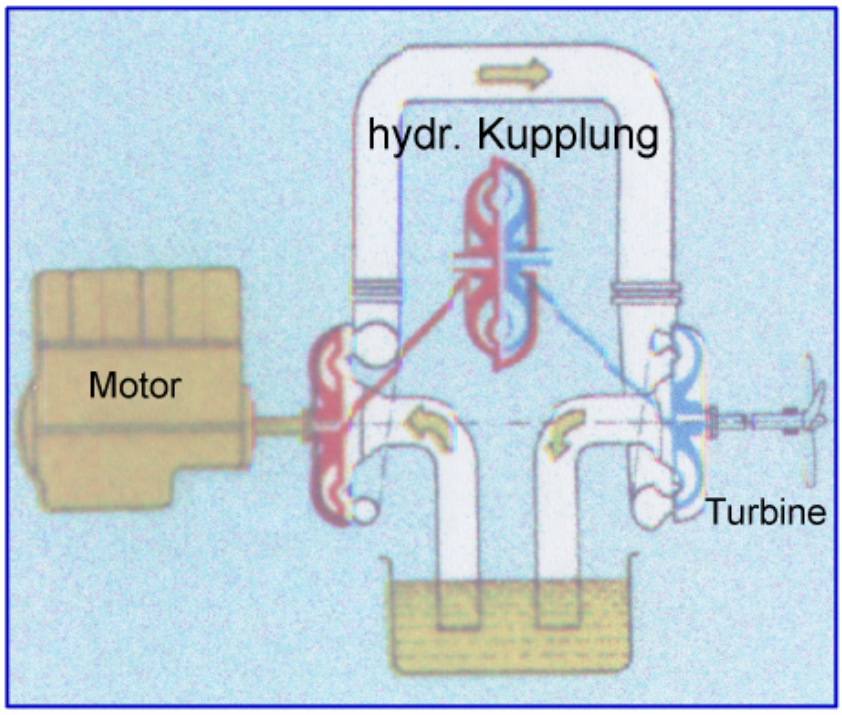
$$M_a = \Theta \cdot \frac{d\omega}{dt} \qquad \frac{d\omega}{dt} \simeq \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\pi \cdot \Delta n}{30 \cdot \Delta t}$$

Bereich A-B : $M_{ai} = M_M - M_K$	$\Delta t_i = \frac{\pi \cdot \Delta n_i}{30 \cdot M_{ai}} \cdot \Theta_I$
Bereich B-C : $M_{a\ B\text{-}C} = M_K - M_L$ dominierend ist die Hochlaufzeit der Welle II	$\Delta t_{B\text{-}C} = \frac{\pi}{30} \cdot \frac{(n_C - o) \cdot \Theta_{II}}{M_{a\ B\text{-}C}}$
Bereich C-D : $M_{a\ C\text{-}D} = M_M - M_L$	$\Delta t_{C\text{-}D} = \frac{\pi \cdot (n_D - n_C)}{30 \cdot M_{a\ C\text{-}D}} \cdot (\Theta_I + \Theta_{II})$

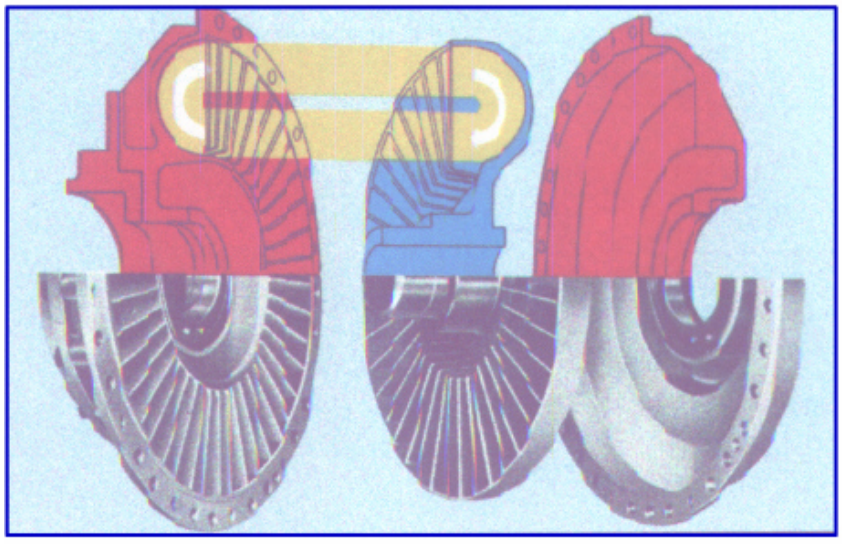
Gesamthochlaufzeit $t_a \simeq \sum \Delta t$

Turbokupplungen

- Arbeitsprinzip -

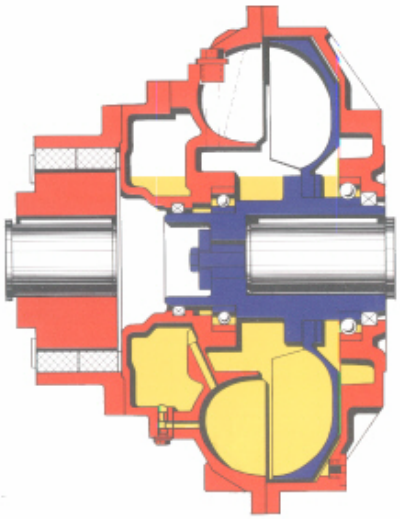


Föttinger - Prinzip

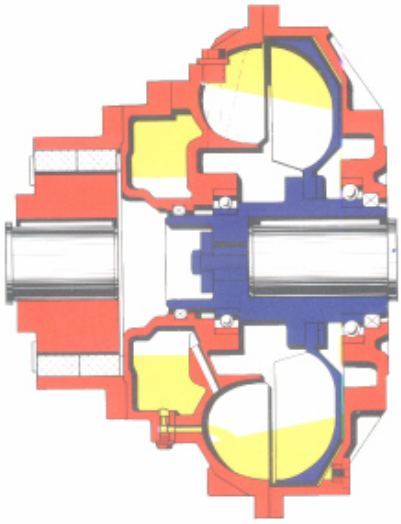


Aufbau einer einfachen Turbokupplung

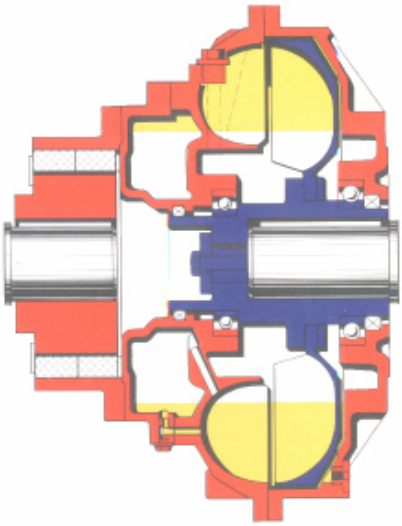
Turbokupplung Typ TV
(mit Verzögerungskammer)



Stillstand



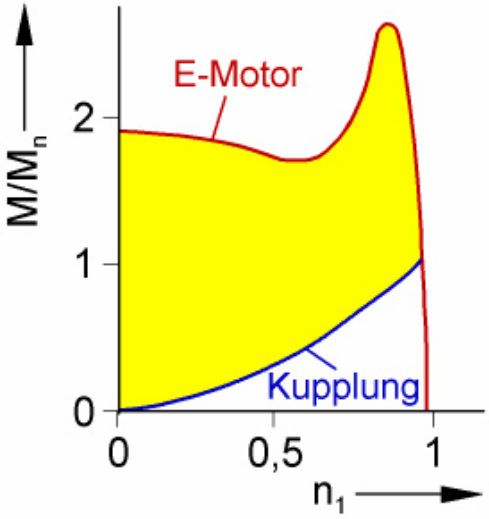
Anfahren



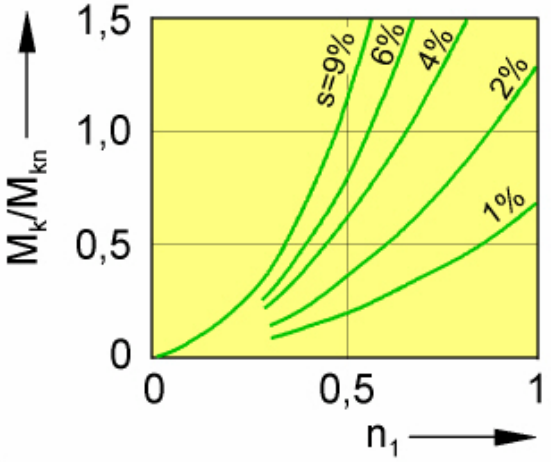
Betrieb

Betriebseigenschaften von Turbokupplungen

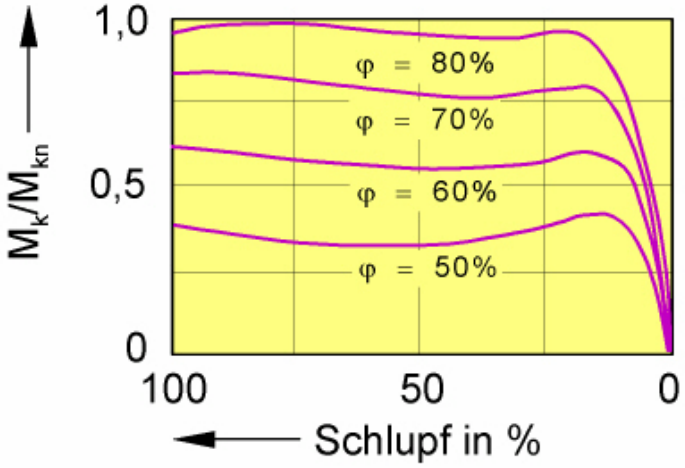
Primärdarstellung



Schlupfparabeln (s)



Einfluß des Füllungsgrades φ



Wirkungsgrad

$$\eta = \frac{P_2}{P_1}$$

$$P_2 = M_K \cdot \omega_2 \; ; \quad P_1 = M_K \cdot \omega_1$$

$$M_1 = M_2 = M_K$$

Schlupf

$$S = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega_1} = 1 - \frac{\omega_2}{\omega_1}$$

$$\rightarrow \qquad \omega_2 = (1 - S) \cdot \omega_1$$

$$\eta = \frac{(1 - S) \cdot \omega_1}{\omega_1} = 1 - S$$

Leistungsverlust

$$P_V = P_1 - P_2 = M_K \cdot (\omega_1 - \omega_2)$$
$$= M_K \cdot \omega_1 \cdot S$$

2 ..... 3% im Nennbetrieb