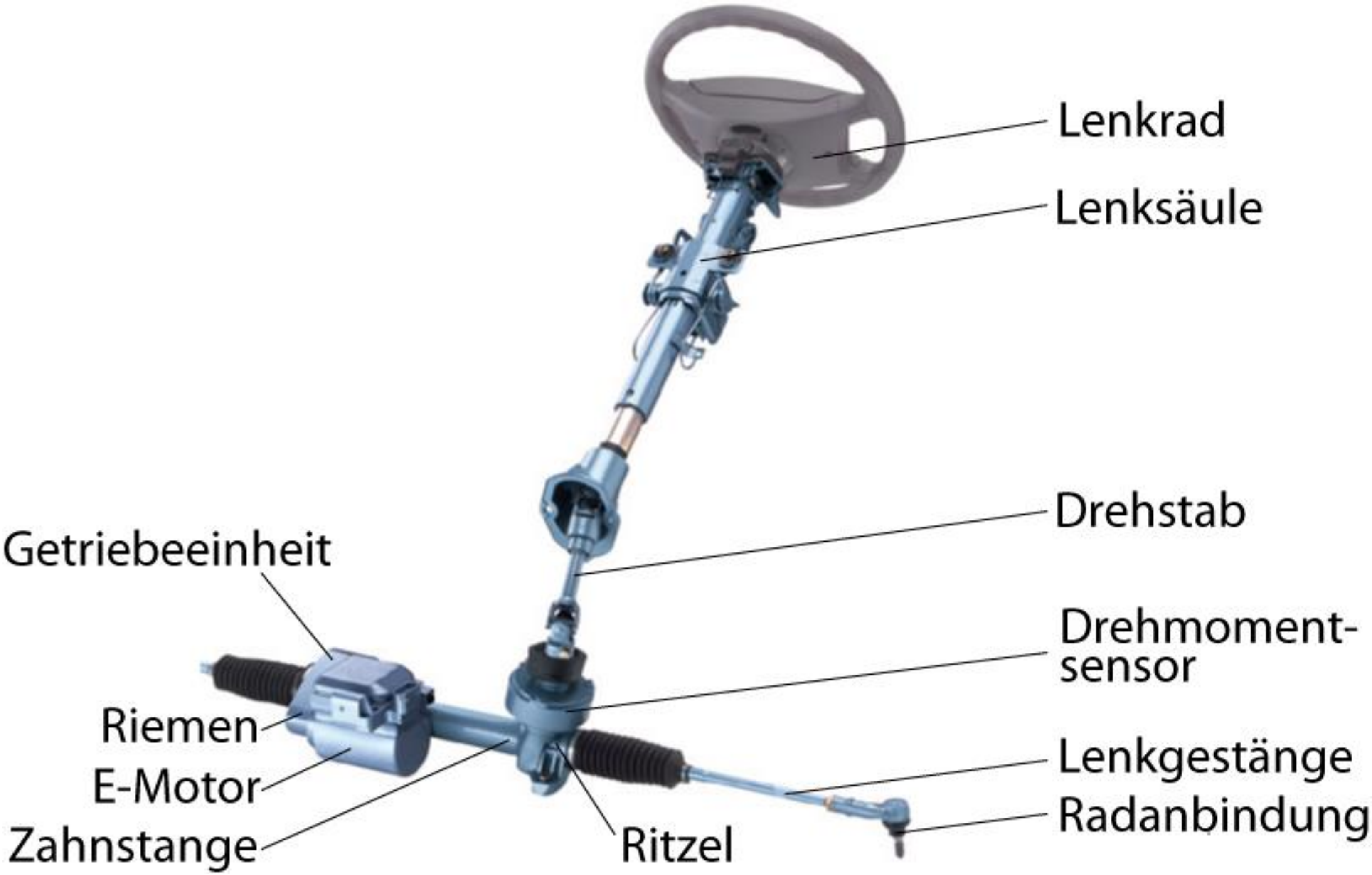
Fahrzeugregelung - Übung
(Regelung einer elektromechanischen Servolenkung - EPS)

M.Sc. Thang Nguyen

Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller | Fachgebiet Kraftfahrzeuge | Fakultät Verkehrs- und Maschinensystem

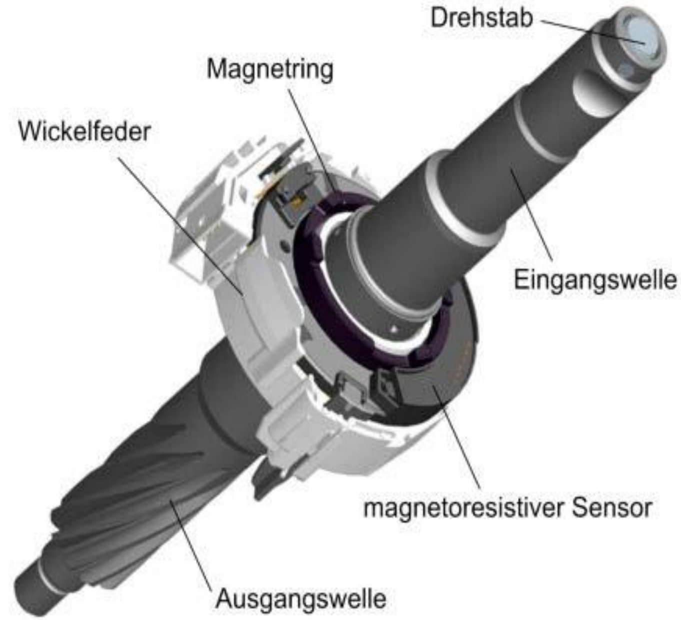
Aufbau eines EPS Lenksystems



Lenkmomentsensor

- **Messprinzip bei einem Drehstabsensor:**
  1. Drehwinkel $\Delta\varphi$ erfassen
  2. Lenkmoment: $M_L \sim \Delta\varphi$

- **Erfassung des Drehwinkels $\Delta\varphi$ z.B.:**
  - induktiv
  - kapazitiv
  - magnetisch
  - Optisch

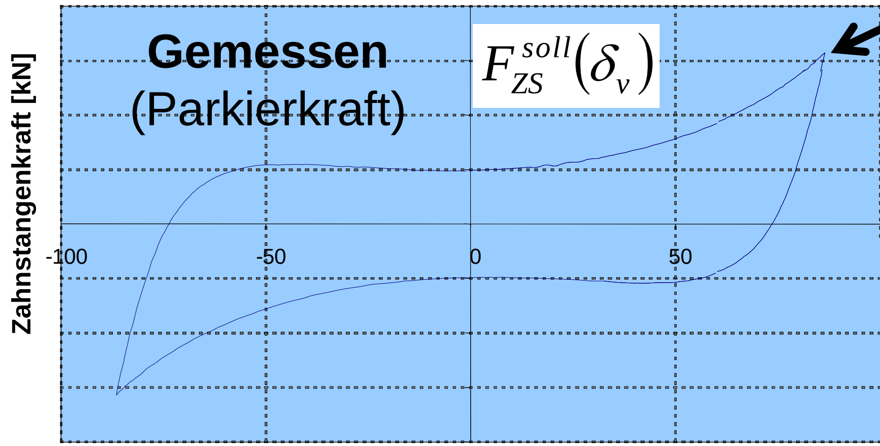


Quelle: Lenkungshandbuch, Pfeffer, P.; Harrer, M.

- **Magnetische Sensoren:**
  - Magnetring wird auf Eingangswelle platziert und erzeugt ein Magnetfeld
  - Auf der Ausgangswelle wird ein magnetoresistiver Sensor platziert.
  - Die Magnetfeldänderung durch die relative Verdrehung zwischen Ein- und Ausgangswelle wird durch das Sensorelement erfasst und ausgewertet.

Lenkungsauslegung

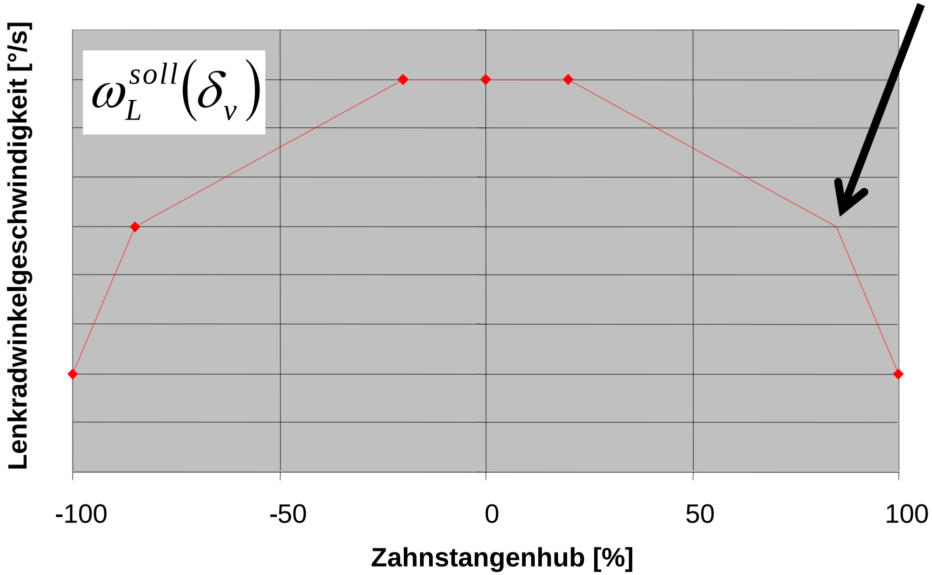
10kN



Abhängig von Manöver

0.1m/s

Leistungsbedarf



Gefordert (Herstellerphilosophie)

Zahnstangenleistung

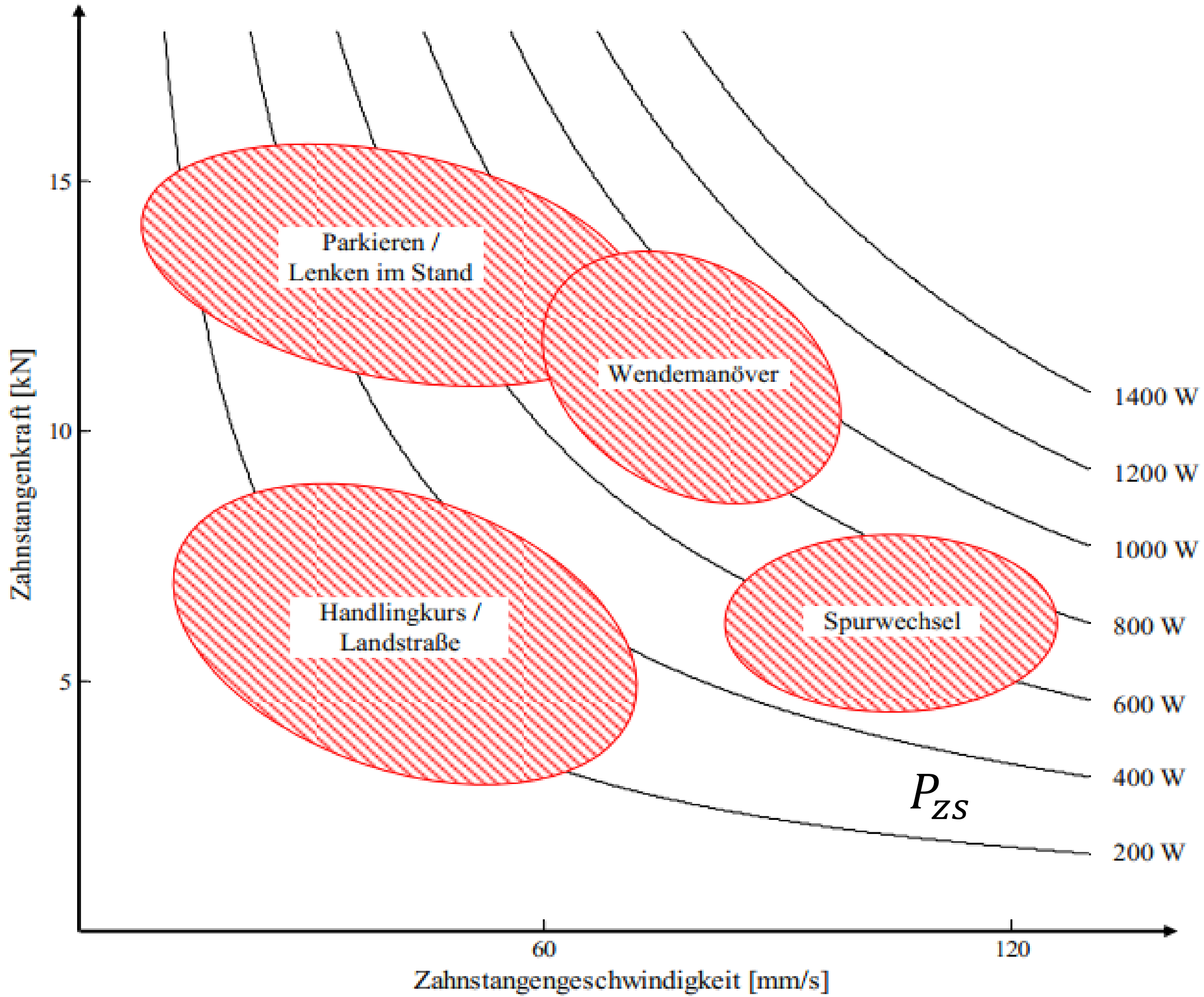
Berechnung der Zahnstangenleistung:

$$\boldsymbol{P}_{zs} = \boldsymbol{F}_{zs}\left(\delta_{v}\right)\boldsymbol{v}_{zs}^{soll}\left(\delta_{v}\right)$$

$$= \boxed{\boldsymbol{F}_{zs}\left(\delta_{v}\right)\frac{1}{\boldsymbol{i}_{rzs}}\omega_{L}^{soll}\left(\delta_{v}\right)}$$

z.B. Umrechnung auf Fahrer (Lenkrad)

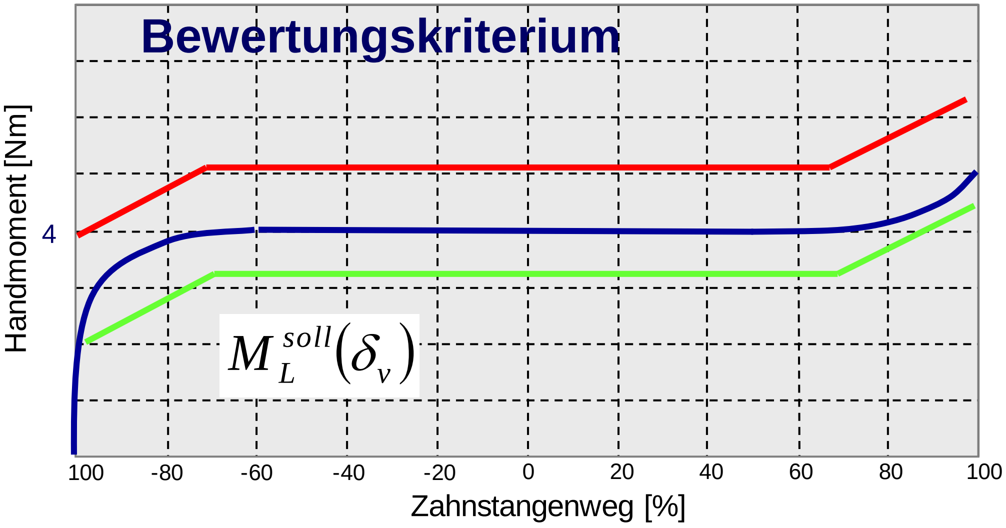
Zahnstangenleistung



Quelle: Lenkungshandbuch, Pfeffer, P.; Harrer, M.

Berücksichtigung des Fahrers - Feelingkennlinie

- Rückmeldung
- Fahrgefühl
- …

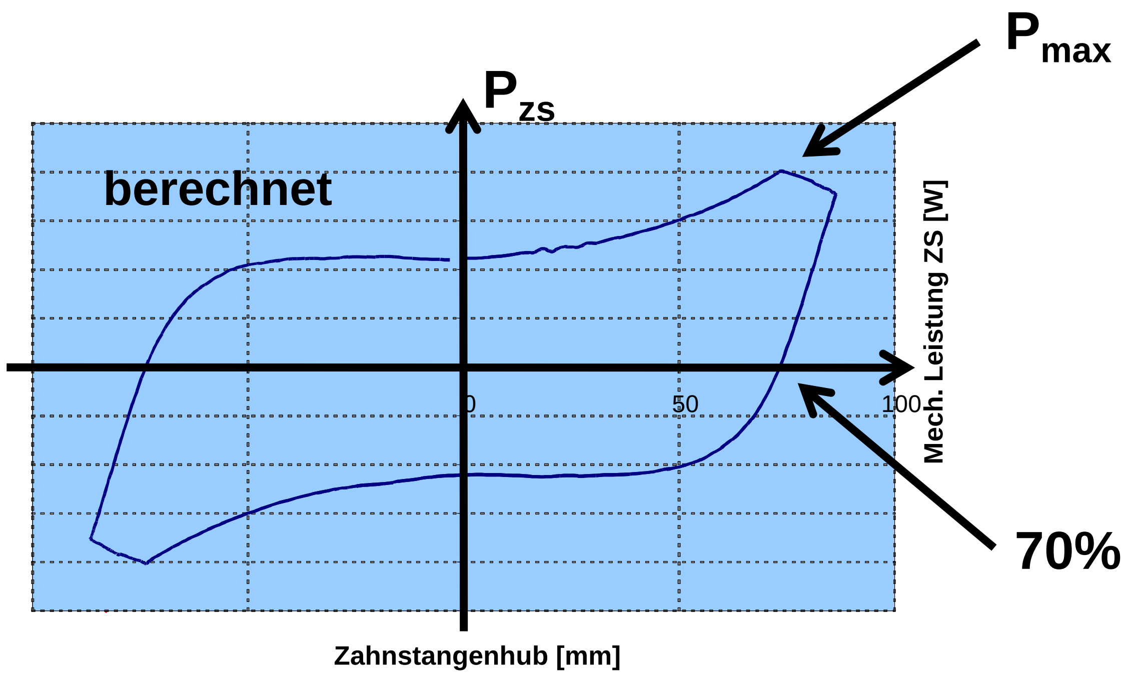


Zahnstangenleistung

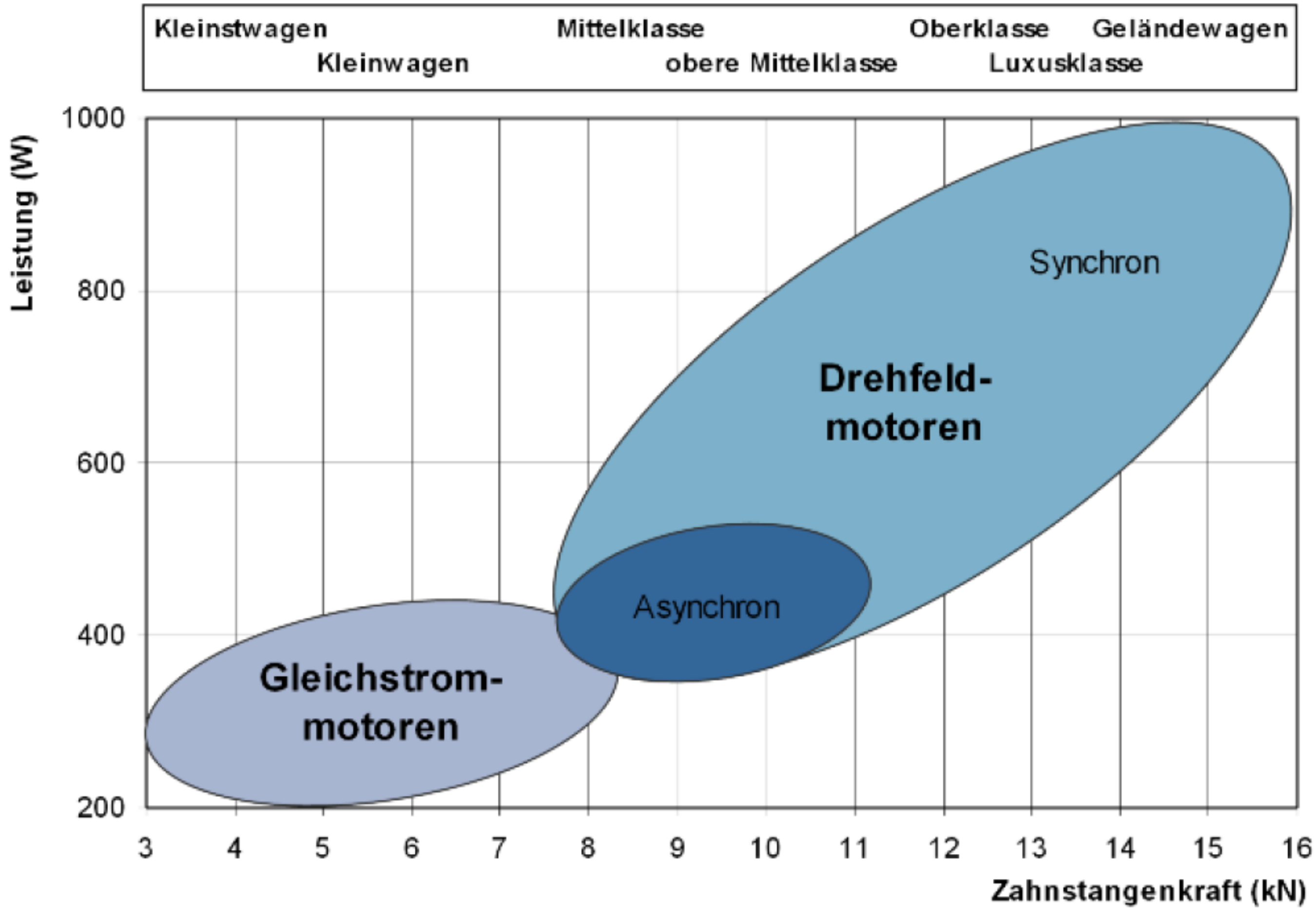
Berechnung der Zahnstangenleistung bei Servounterstützung:

$$
\begin{aligned}
P_{zs} &= F_{zs,ges}(\delta_v)\,v_{zs}^{soll}(\delta_v) \qquad \text{z.B. Umrechnung auf Fahrer (Lenkrad)}\\
&= \left(F_{zs}(\delta_v) + \boxed{i_{rzs} M_L^{soll}}\right) v_{zs}^{soll}(\delta_v)\\
&= F_{zs}(\delta_v)\,v_{zs}^{soll}(\delta_v) + i_{rzs} M_L^{soll} \frac{1}{i_{rzs}} \omega_L^{soll}(\delta_v)\\
&= \underbrace{F_{zs}(\delta_v)\,v_{zs}^{soll}(\delta_v)}_{\text{Unterstützungs-aktorik}} + \underbrace{M_L^{soll}\,\omega_L^{soll}(\delta_v)}_{\text{Fahrer}}
\end{aligned}
$$

Erforderliche Leistung



Motorauslegung



Quelle: Lenkungshandbuch, Pfeffer, P.; Harrer, M.

Beispiel

Berechnung der erforderlichen Servounterstützung:

Mechanik

Kennlinien

$$\boldsymbol{P}_s = \boldsymbol{F}_{zs}(70\%)\boldsymbol{v}_{zs}^{soll}(70\%)$$

$$= \left(10000\,\boldsymbol{N} - 112\frac{\boldsymbol{rad}}{\boldsymbol{m}} \cdot 8\,\boldsymbol{Nm}\right)\boldsymbol{v}_{zs}^{soll}(70\%)$$

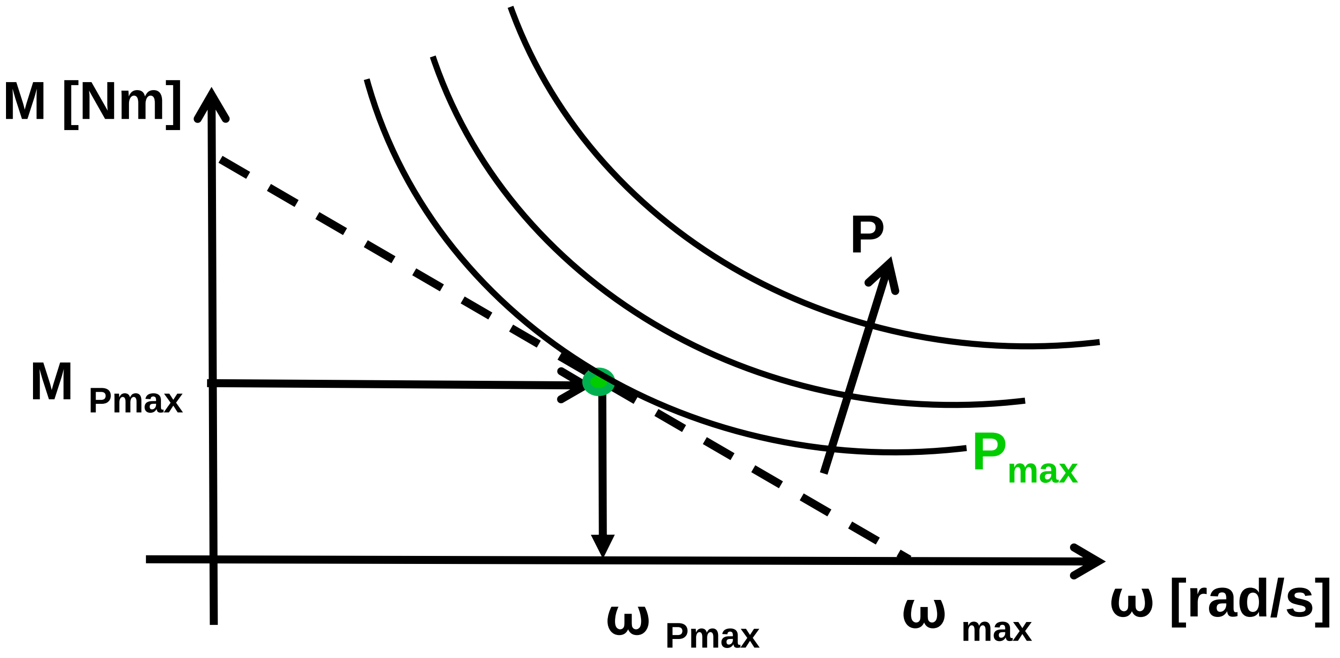
$$= 9100\,\boldsymbol{N} \cdot \boldsymbol{v}_{zs}^{soll}(70\%)$$

$$= 9100\,\boldsymbol{N} \cdot 0.1\frac{\boldsymbol{m}}{\boldsymbol{s}} = 910\,\boldsymbol{W}$$

➡ Aufgrund der erforderlichen Leistung eignet sich hierzu ein **BLDC-Motor** am besten.

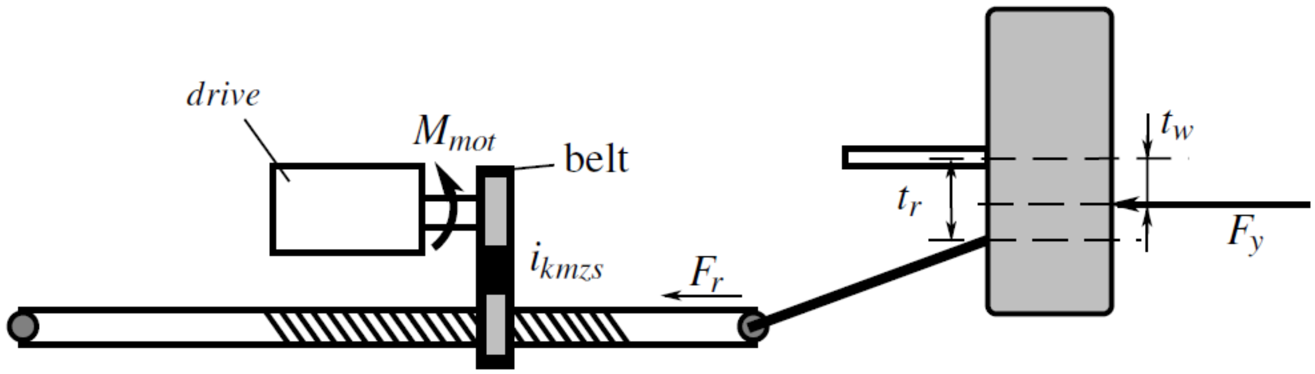
Motorauslegung

- Zur Vereinfachung wird für die Auslegung ein Gleichstrommotor ausgewählt.
- Wie müsste die Kennlinie eines Gleichstrommotors aussehen, um die Anforderungen zu erfüllen?



Gesucht: M_{Pmax}, ω_{Pmax}

Motorauslegung



i_{kmzs}=800 [rad/m], i_{rokm}=3 [-], i_{rozs}=2400 [rad/m]

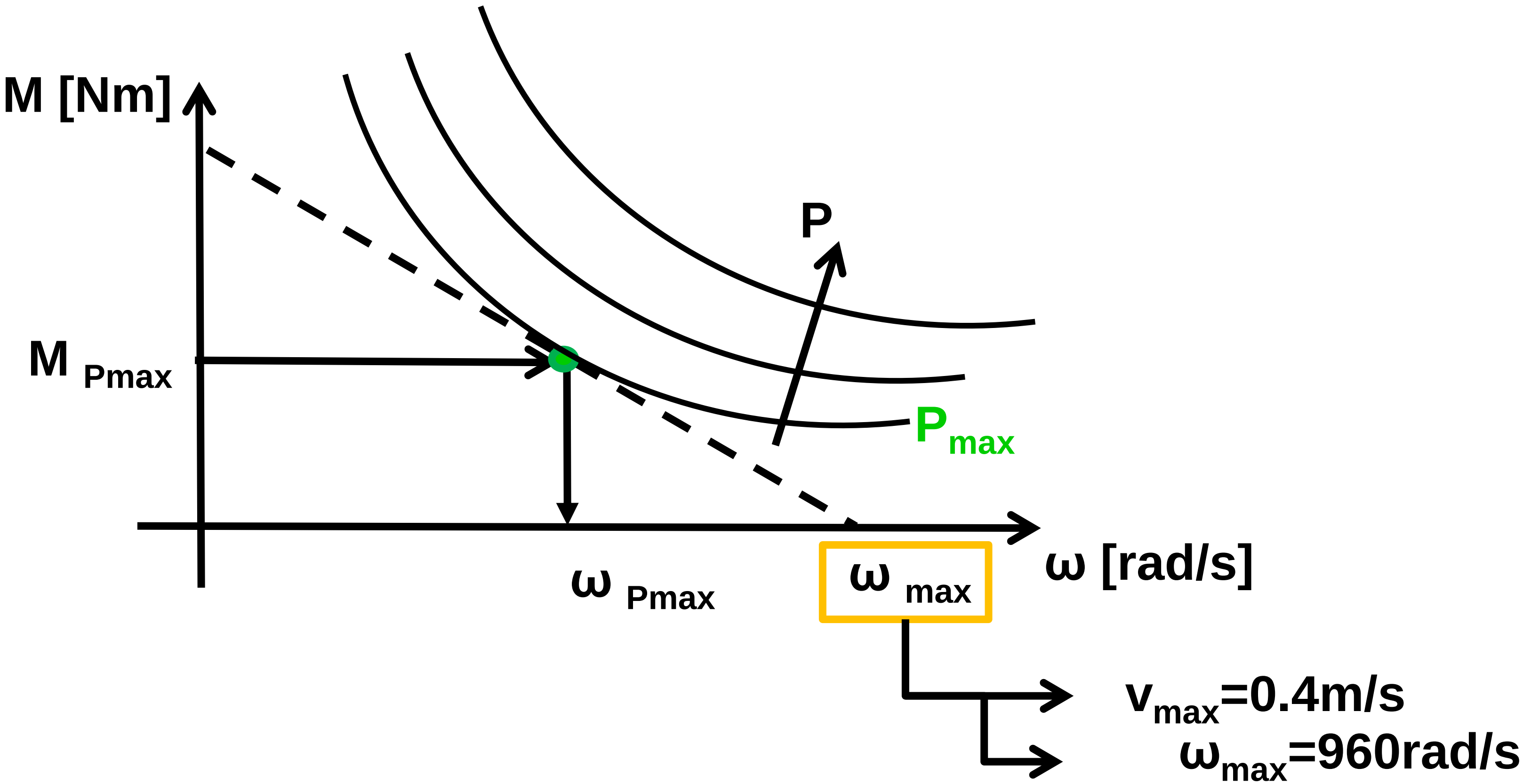
$$M_{mot} = F_{zs}\frac{1}{i_{rozs}} = \frac{9100N}{2400\frac{rad}{m}} = 3{,}79Nm$$

$$\omega_{mot} = v_{zs}^{soll}(70\%)i_{rozs} = 0.1\frac{m}{s}2400\frac{rad}{m} = 240\frac{rad}{s}$$

$\Big\}$ **P = 910W**

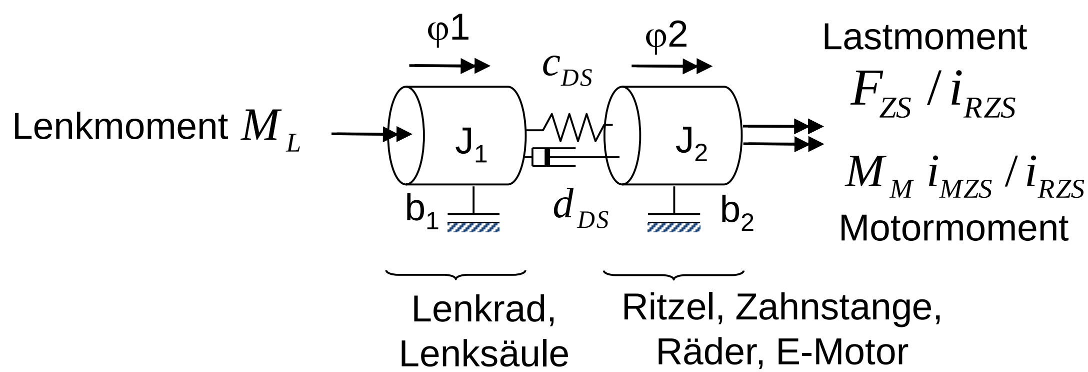
Motorauslegung

Wie müsste die Kennlinie eines Gleichstrommotors aussehen, um die Anforderungen zu erfüllen?



Mechanisches Ersatzmodell der Lenkung

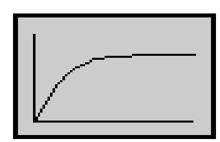
Mechanisches Ersatzmodell



Drehstabsteifigkeit und -dämpfung c_{DS}, d_{DS}

Gleichstrommotor

Vereinfacht als PT1-Glied



Bewegungsgleichungen

$$J_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 = M_L - b_1 \cdot \dot{\varphi}_1 + c_{DS} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) + b_{DS} \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1)$$

$$J_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 = c_{DS} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + b_{DS} \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - b_2 \cdot \dot{\varphi}_2 + \frac{1}{i_{RZS}} \cdot F_{ZS} + \frac{i_{MZS}}{i_{RZS}} M_M$$

$$\dot{M}_M = -\frac{1}{\tau} M_M + \frac{1}{\tau} M_{M,soll} \Rightarrow \tau s M_M + M_M = M_{M,soll} \Rightarrow \frac{M_M}{M_{M,soll}} = \frac{1}{\tau s + 1} \quad (PT1)$$

Bewegungsgleichung im Zustandsraum

mit

$$\underline{x} = \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \\ \dot{\varphi}_1 \\ \dot{\varphi}_2 \\ M_M \end{pmatrix}, \qquad \underline{u} = M_{M.Soll}, \qquad \underline{d} = \begin{bmatrix} M_L \\ F_{ZS} \end{bmatrix}$$

folgt:

$$\underline{\dot{x}} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\frac{c_{DS}}{J_1} & \frac{c_{DS}}{J_1} & -\frac{b_{DS}+b_1}{J_1} & \frac{b_{DS}}{J_1} & 0 \\ \frac{c_{DS}}{J_2} & -\frac{c_{DS}}{J_2} & \frac{b_{DS}}{J_2} & -\frac{b_{DS}+b_1}{J_2} & \frac{i_{MZS}}{J_2 i_{RZS}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{\tau} \end{bmatrix} \underline{x} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{1}{\tau} \end{bmatrix} \underline{u} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ \frac{1}{J_1} & 0 \\ 0 & \frac{1}{J_2 i_{RZS}} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \underline{d}$$

Transformation des Systems

Das System lässt sich mit einer Ähnlichkeitstransformation reduzieren. Der neue Zustandsvektor ergibt sich zu

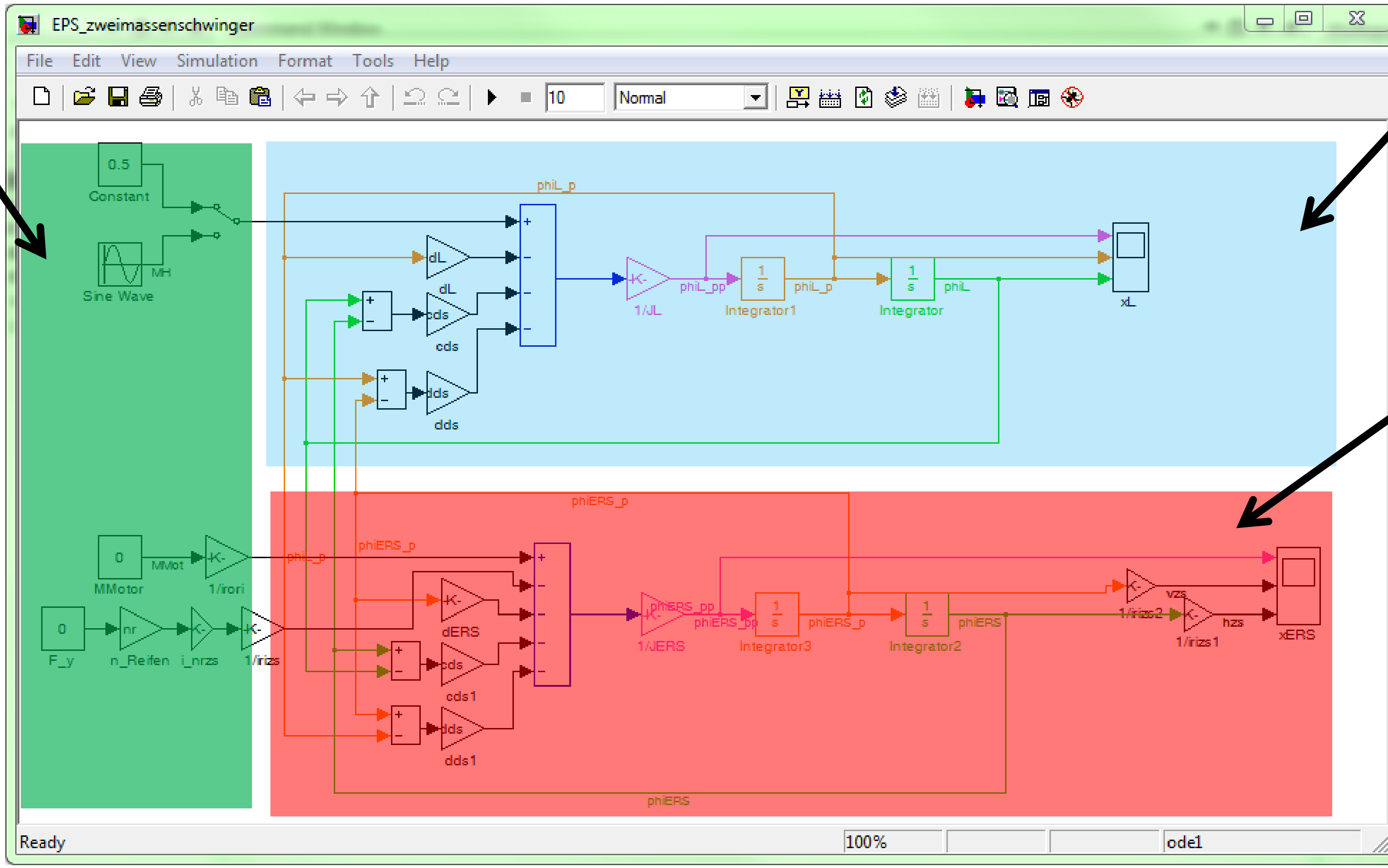
$$\underline{\tilde{x}} = \begin{bmatrix} \Delta\varphi_{12} & \Delta\dot{\varphi}_{12} & \dot{\varphi}_2 & M_M \end{bmatrix}^T$$

Simulation des Lenksystems mit Matlab/Simulink

Input

DGL für φ_1

DGL für Ersatz -masse



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!