

Fahrzeugmechatronik I

Aktoren

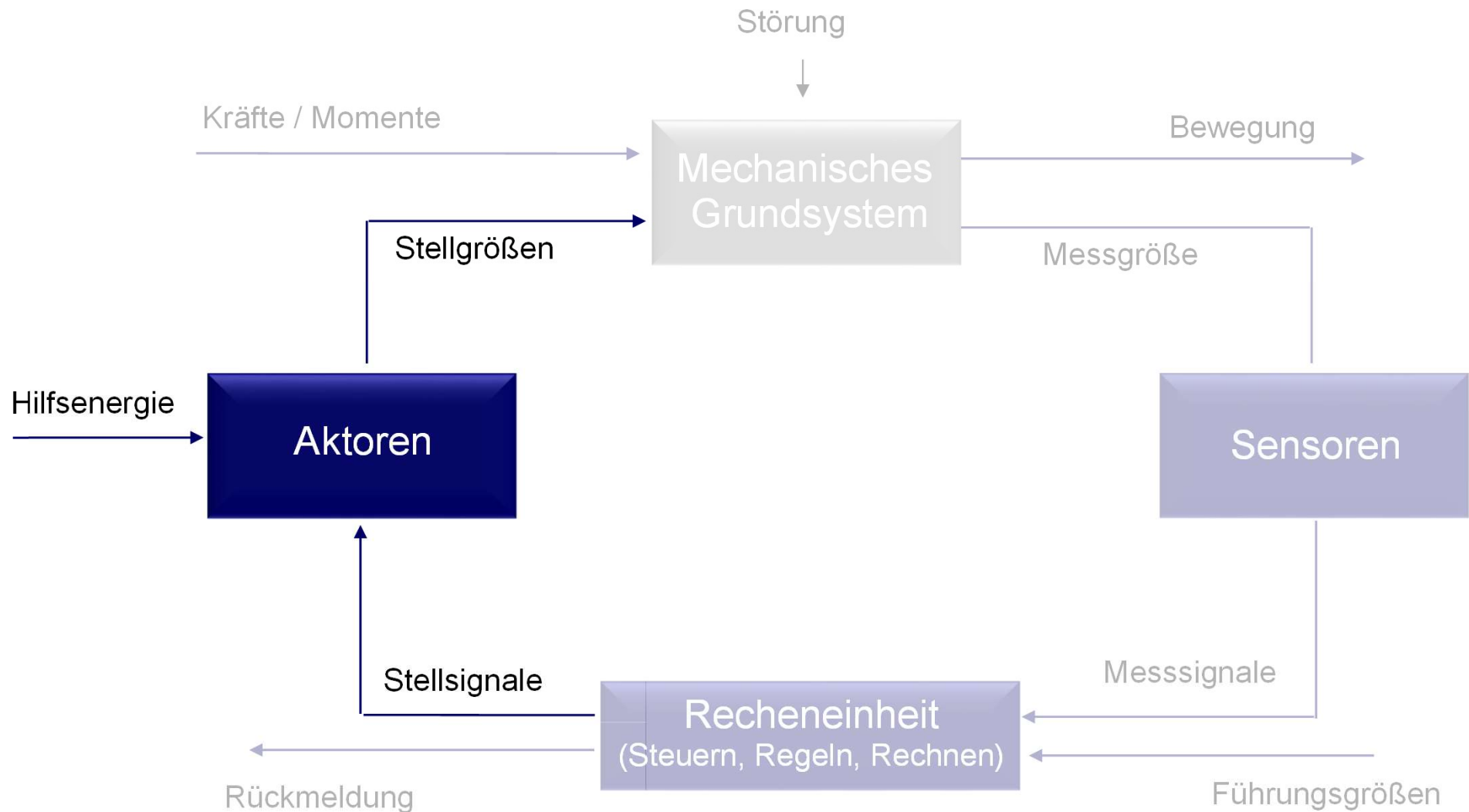


Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller

M.Sc. Osama Al-Saidi

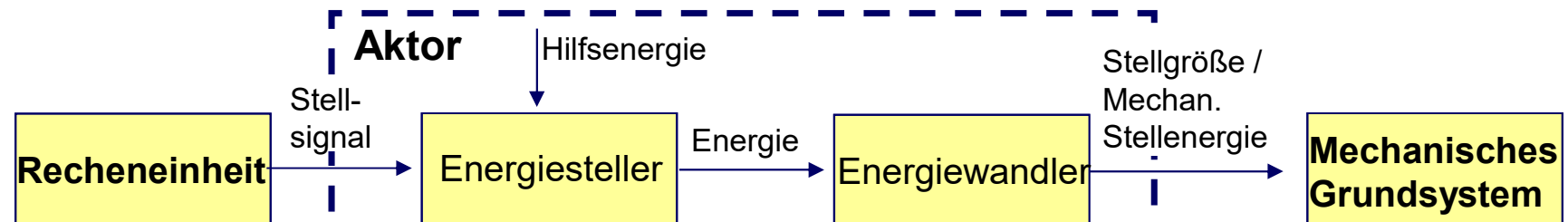
Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin


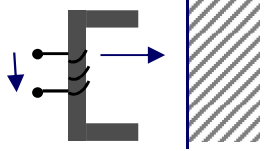

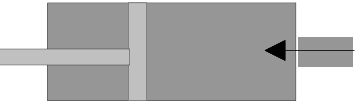
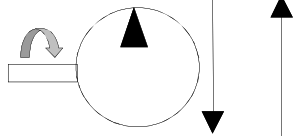
Allgemeine Betrachtungen Mechatronisches System



Allgemeine Betrachtungen

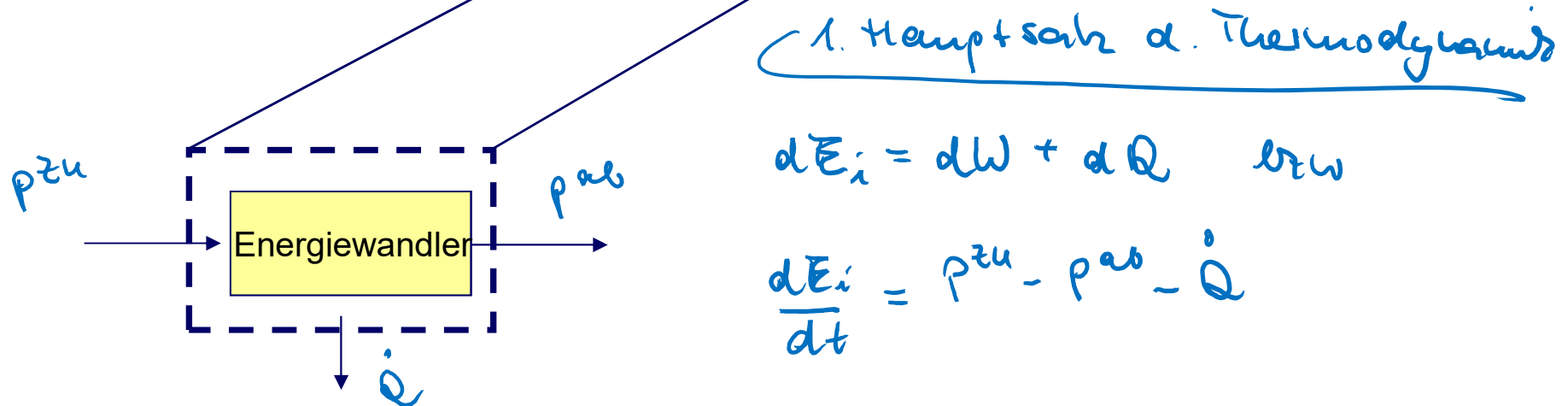
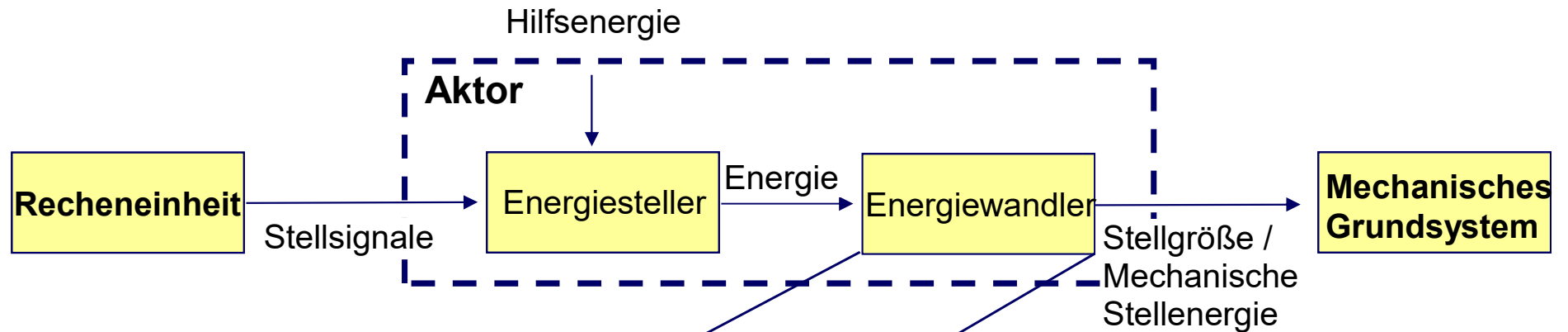
Aktoren – Wirkungsweise und gängige Wandler



P^{zu} \ P^{ab}	Mechanisch translatorisch	Mechanisch rotatorisch
Mechanisch translatorisch / rotatorisch	Mechanische Getriebe 	
elektrisch	E-Magnet / Linearmotor 	Elektromotor 
fluidisch	Hydrozylinder 	Fluidmotor 

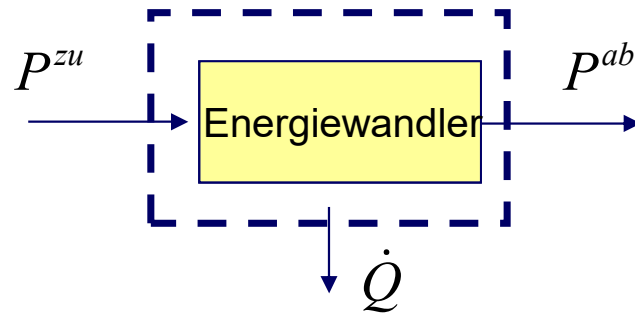
Allgemeine Betrachtungen

Energie und Leistung beim Energiewandler



Allgemeine Betrachtungen

Verlustleistung und Wirkungsgrad des Energiewandlers



Verlustleistungen und Wirkungsgrade
beziehen sich üblicherweise
auf Zustände mit $\dot{E}_i = \text{const.}$
bzw. $\frac{d\dot{E}_i}{dt} = 0$.

Dann gilt für die Verlustleistung P_{verlust}

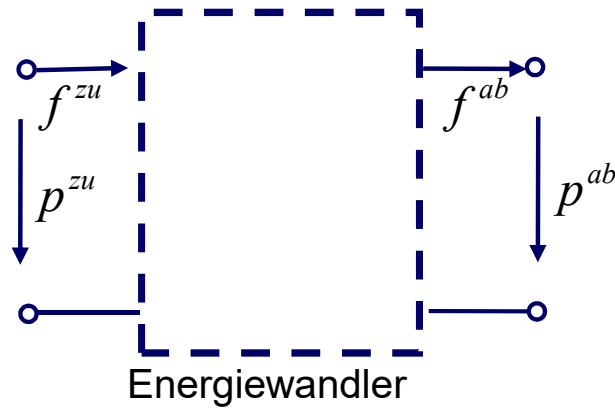
$$P_{\text{verlust}} = \dot{Q} = P^{zu} - P^{ab}$$

und für den Wirkungsgrad η

$$\eta = \frac{P^{ab}}{P^{zu}}$$

Allgemeine Betrachtungen

Behandlung eines Energiewandlers als Vierpol



$$p^{zu} = f^{zu} p^{zu}$$

$$p^{ab} = f^{ab} p^{ab}$$

Dann

$$p_{\text{verlust}} = f^{zu} p^{zu} - f^{ab} p^{ab}$$

$$\eta = \frac{f^{ab} p^{ab}}{f^{zu} p^{zu}}$$

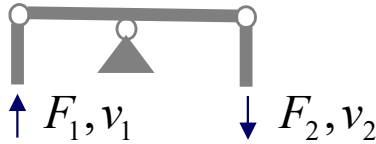

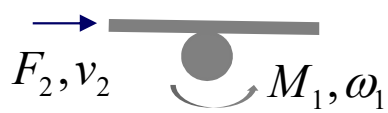
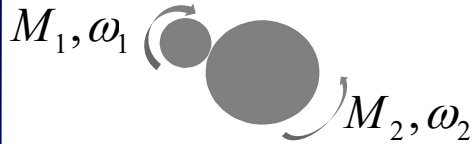
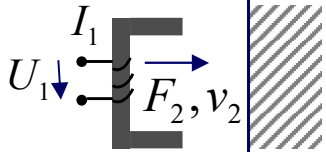
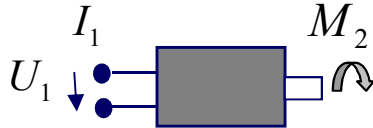
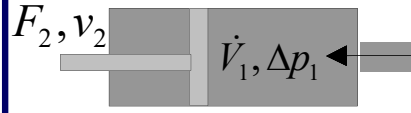
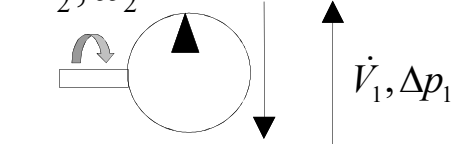
Allgemeine Betrachtungen

Potenzial- und Flussgrößen von Energiewandlern

Leistungsform	Potenzialgröße p	Flussgröße f	Leistung $P = p f$
mechanisch translatorisch	Kraft F	Geschw. v	$F v$
mechanisch rotatorisch	Moment M	Drehgeschw. ω	$M \omega$
elektrisch	Spannung U	Strom I	$U I$
fluidisch	Druck Δp	Volumenstrom \dot{V}	$\Delta p \dot{V}$
thermisch	Temp ΔT	Wärmeleitwert $\dot{Q} A$	$\Delta T \dot{Q} A$

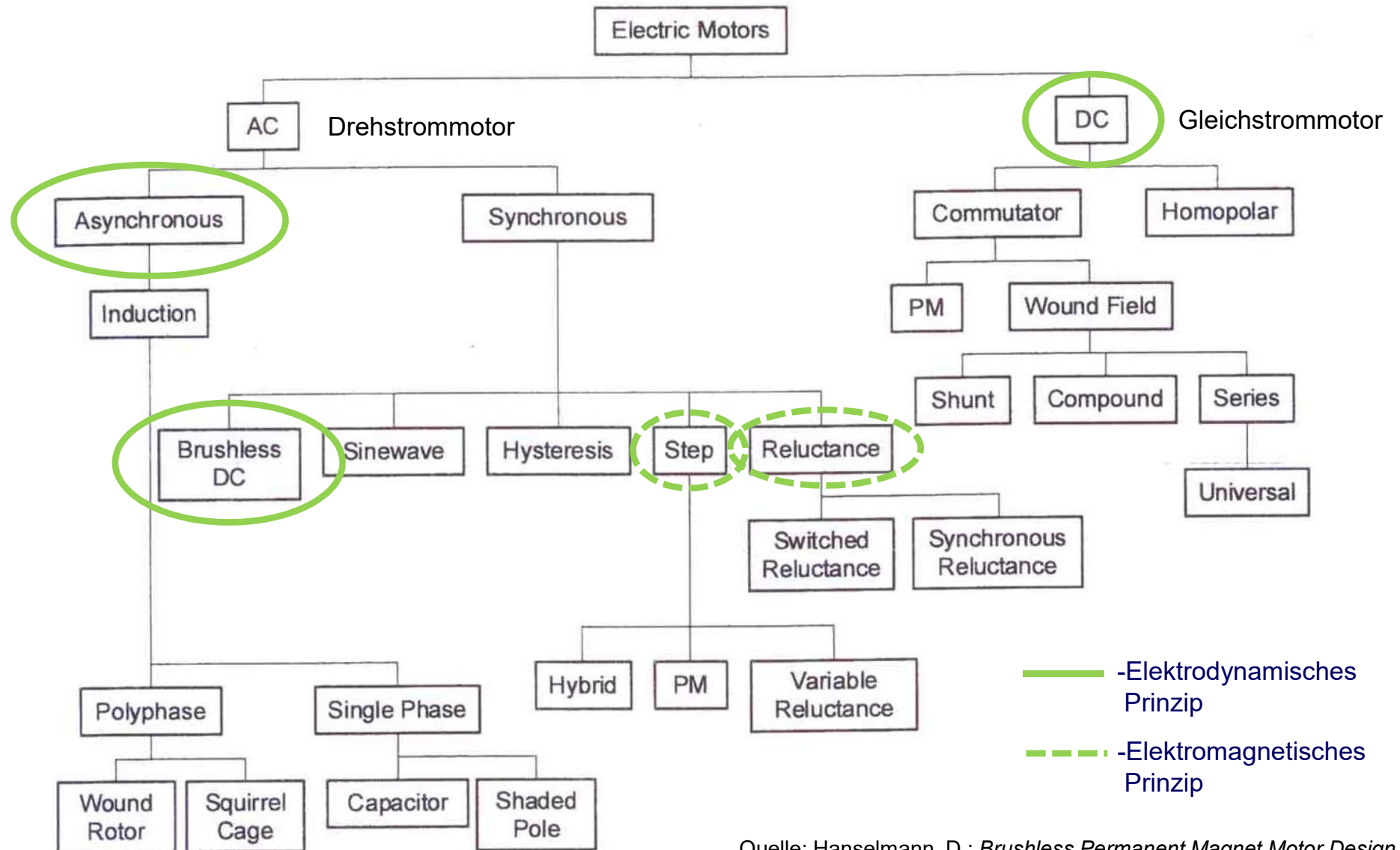
Allgemeine Betrachtungen

Wirkungsgrade gängiger Wandler

$\begin{matrix} P^{ab} = P_2 \\ P^{zu} = P_1 \end{matrix}$	mechanisch translatorisch	η	mechanisch rotatorisch	η
mechanisch translatorisch		$\frac{F_2 v_2}{F_1 v_1}$		$\frac{M_2 \omega_2}{F_1 v_1}$
mechanisch rotatorisch		$\frac{F_2 v_2}{M_1 \omega_1}$		$\frac{M_2 \omega_2}{M_1 \omega_1}$
elektrisch	Elektromagnet 	$\frac{F_2 v_2}{U_1 i_1}$	Elektromotor 	$\frac{M_2 \omega_2}{U_1 i_1}$
fluidisch	Hydrozylinder 	$\frac{F_2 v_2}{\Delta p_1 \dot{V}_1}$	Fluidmotor 	$\frac{M_2 \omega_2}{\Delta p_1 \dot{V}_1}$

Elektromechanische Wandler

Klassifizierung



Quelle: Hanselmann, D.: *Brushless Permanent Magnet Motor Design*

Elektromechanische Wandler

Übersicht der behandelten Motorprinzipien

Elektromechanische Wandler / Aktoren

Elektrodynamisches Prinzip

Gleichstrommotor

- *Reihenschluss*
- *Nebenschluss*

Drehstrommotor

- *Asynchronmotor*
- *Synchronmotor*
- *permanenterregt (Brushless DC (BLDC))*

Elektromagnetisches Prinzip

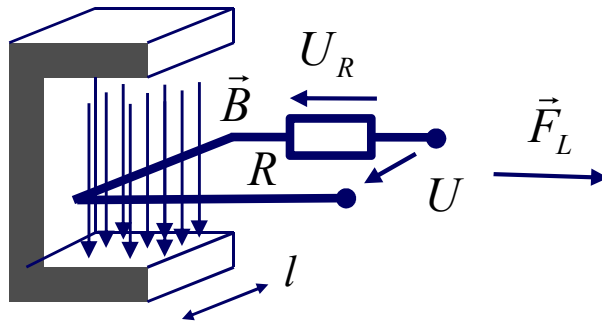
Elektromagnet

Schrittmotor

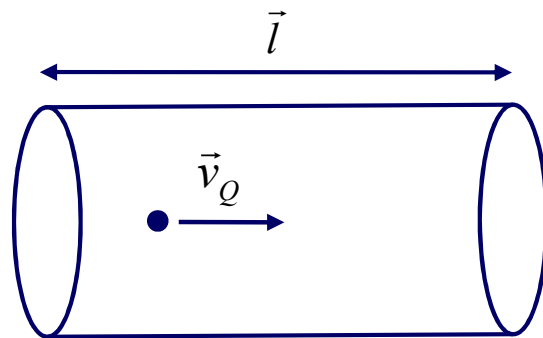
Reluktanzmotor

Grundgleichungen elektromechanische Wandler

Lorentzkraft - Kraftwirkung auf einen Leiter



Elementarmaschine



Leiter im magnetischen Fluss

Es gilt für die Lorentzkraft

$$\vec{F}_L = Q \vec{v}_Q \times \vec{B}$$

elektr. Ladung magn. Flussdichte

mit

$$Q = \int \vec{e} \cdot \vec{t}$$

$$\vec{v}_Q = \frac{\vec{e}}{t}$$

Für den Betrag der Lorentzkraft gilt

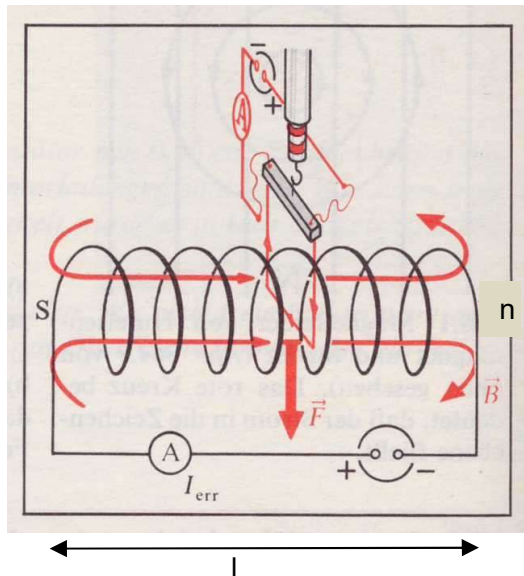
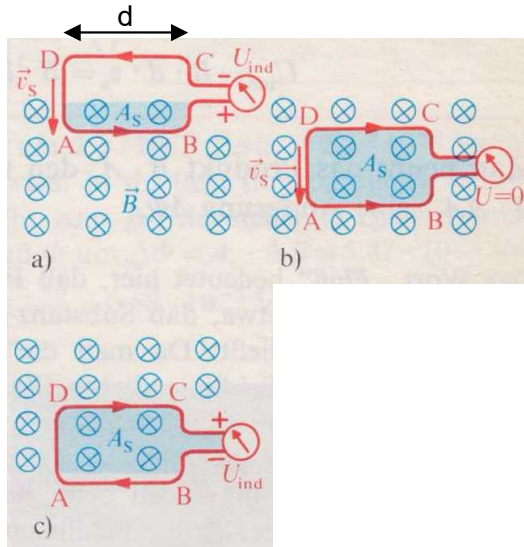
$$|\vec{F}_L| = \int |\vec{e}| |\vec{B}| \sin \alpha (\vec{e}, \vec{B})$$

mit $\vec{e} \perp \vec{B}$

$$|\vec{F}_L| = F_L = \int e B$$

Grundgleichungen elektromechanische Wandler

Induktion – Spannungsänderung bei Φ -Änderung



Induktionsgesetz aus Versuchen $\Delta \Phi$ - ^{magn.} Fluss

$$U_{\text{ind}} = B d v_s = B d \frac{\Delta s}{\Delta t} = \underbrace{B \Delta A}_{\Delta t} = \dot{\Phi}$$

Magnetischer Fluss einer Stromdurchflossenen Spule

$$\Phi = \int_A \vec{B} \cdot d\vec{A} = \underbrace{\mu_0 \mu \frac{n^2}{l}}_S A \cos \alpha (\vec{B}, \vec{A})$$

Somit

L - Induktivität

$$\Phi = \underbrace{\mu_0 \mu \frac{n^2}{l} A}_L I$$

Grundgleichungen elektromechanische Wandler

Induktion – Spannungsänderung bei Φ -Änderung

Lenz'sches Gesetz

Die Induktionsspannung ist so gepolt, dass sie durch einen von ihr erzeugten Strom der Ursache des Induktionsvorganges entgegenwirken kann.

Gleichstrommotor

Allgemein

- **1832:** Erster Generator von H. Pixii (Franzose) mit rotierenden Hufeisenmagneten
- **1860:** Entwicklung der Ringwicklung und dem vierteiligen Stromwender durch A. Pacinotti
- **1866:** Entdeckung des dynamoelektrischen Prinzips durch Werner v. Siemens, Aufbau der nach heutigen Maßstäben "ersten" elektrischen Maschine

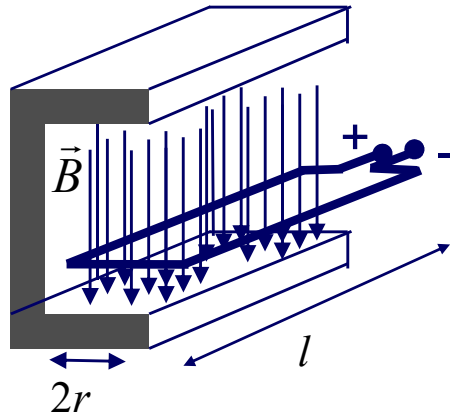
Mit Einführung des Drehstroms 1890 verloren die Gleichstrommaschinen ihre beherrschende Marktstellung an die Asynchron- und Synchronmaschinen. Im Bereich der drehzahlgeregelten Antriebe behauptet die Gleichstrommaschine noch immer einen bedeutenden Marktanteil.

Einsatzgebiete:

Unterhaltungselektronik, Spielzeuge, Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge, Kfz-Elektrik, Werkzeugmaschinen, Förderanlagen, Walzstraßen, Fahrmotoren für Nahverkehrsbahnen.

Gleichstrommotor

Momentenwirkung auf eine Leiterschleife

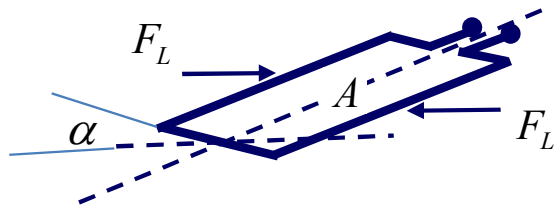


Momentenwirkung aus Lorentzkraft

$$\begin{aligned}\tau_L &= 2 F_L \cdot \sin \alpha \\ &= 2 \cdot \cancel{B} \cdot l \cdot \cancel{B} \cdot \sin \alpha \\ &= \cancel{B} B A \sin \alpha\end{aligned}$$

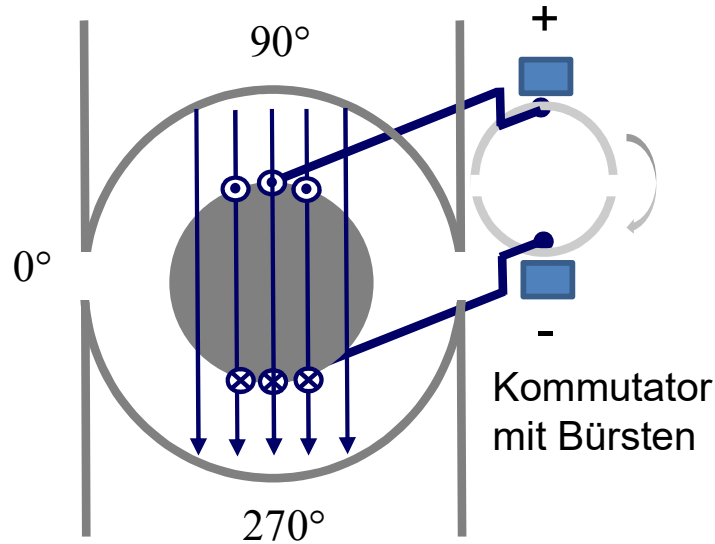
Für mehrere Leiterschleifen auf einem
Anker eines Motors mit der Anzahl
der Schleifen n_A gilt

$$\tau_L = \cancel{B} B A n_A \sin \alpha$$



Gleichstrommotor

Motormoment mit Kommutator



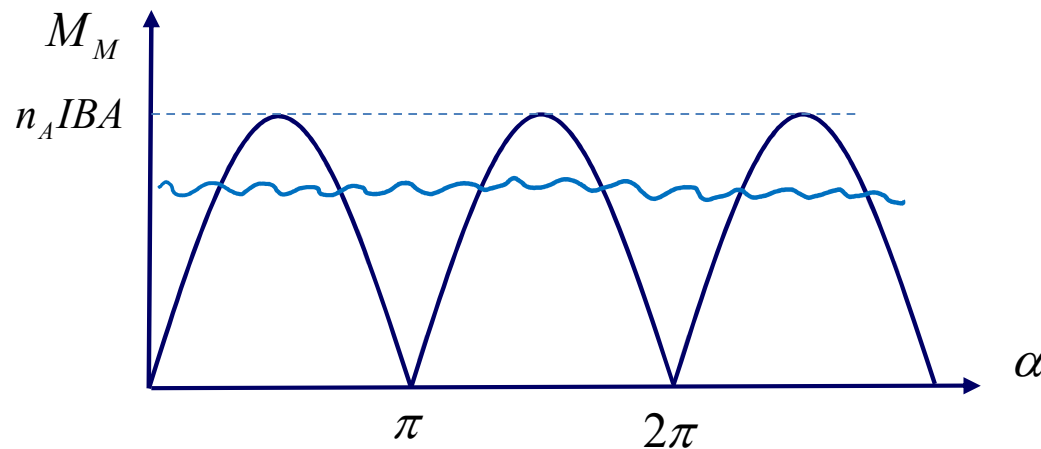
Für das Motormoment M_H gilt

$$M_H = n_A \cdot B \cdot A \cdot |\sin \alpha| \quad \text{wegen Kommutator}$$

Für das mittlere Motormoment ergibt sich somit

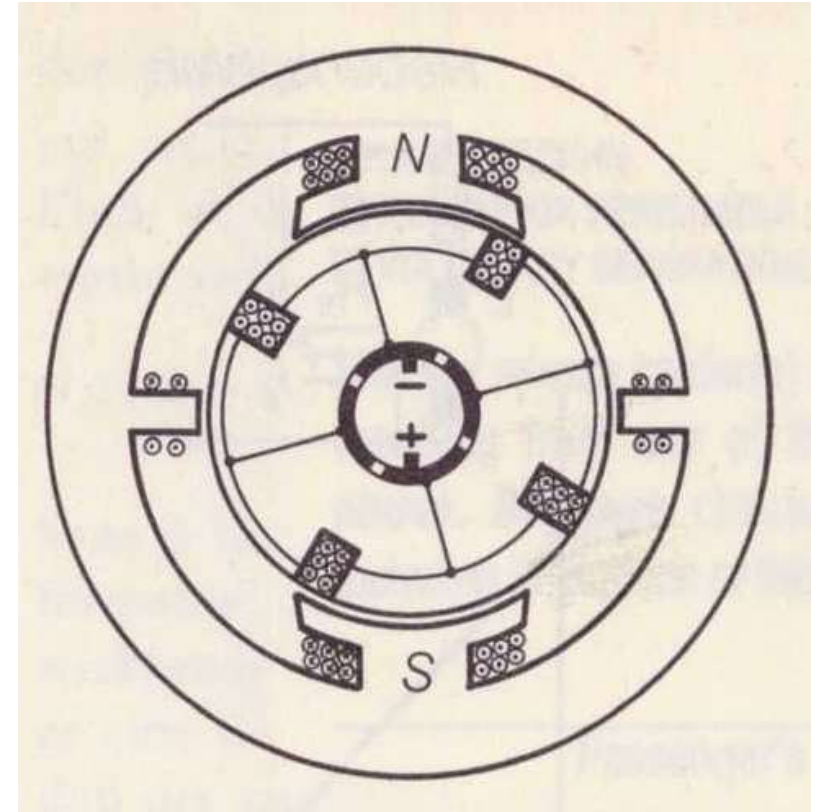
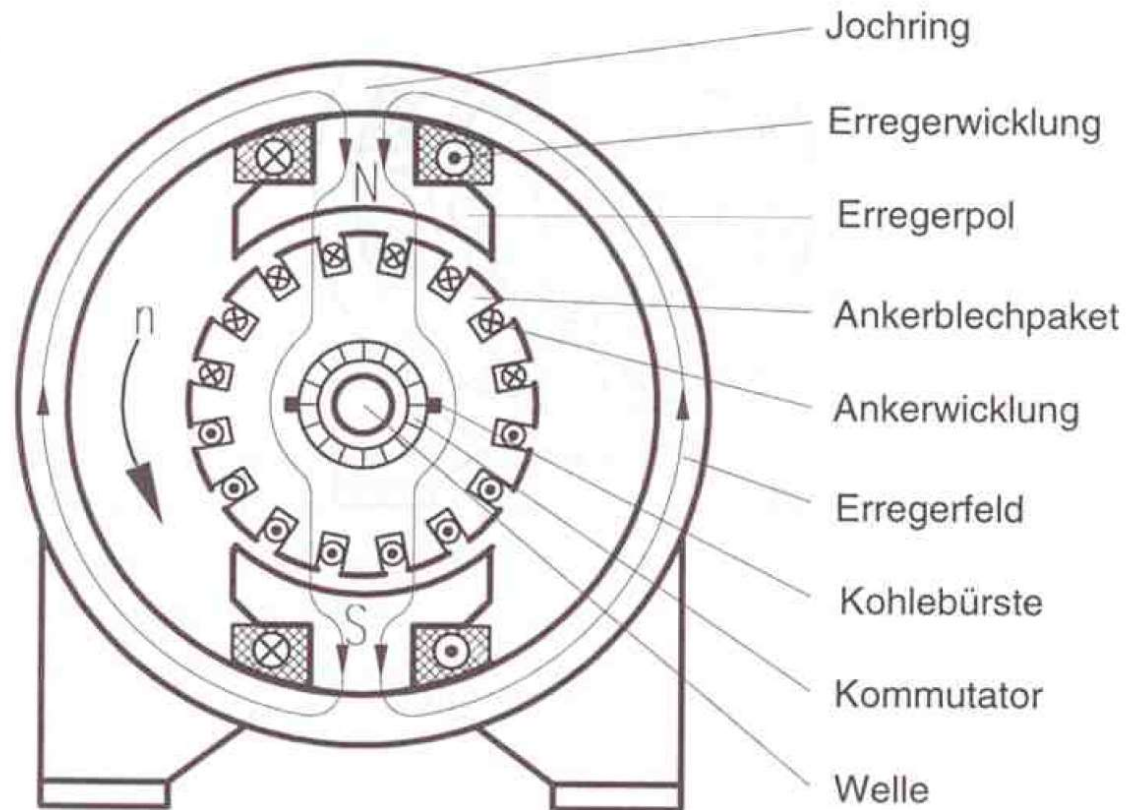
$$\bar{M}_H = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} n_A \cdot B \cdot A \cdot \sin \alpha \, d\alpha$$

$$= \left(\frac{n_A}{\pi} \cdot B \cdot A \cdot 2 \right) = n_H \cdot B$$



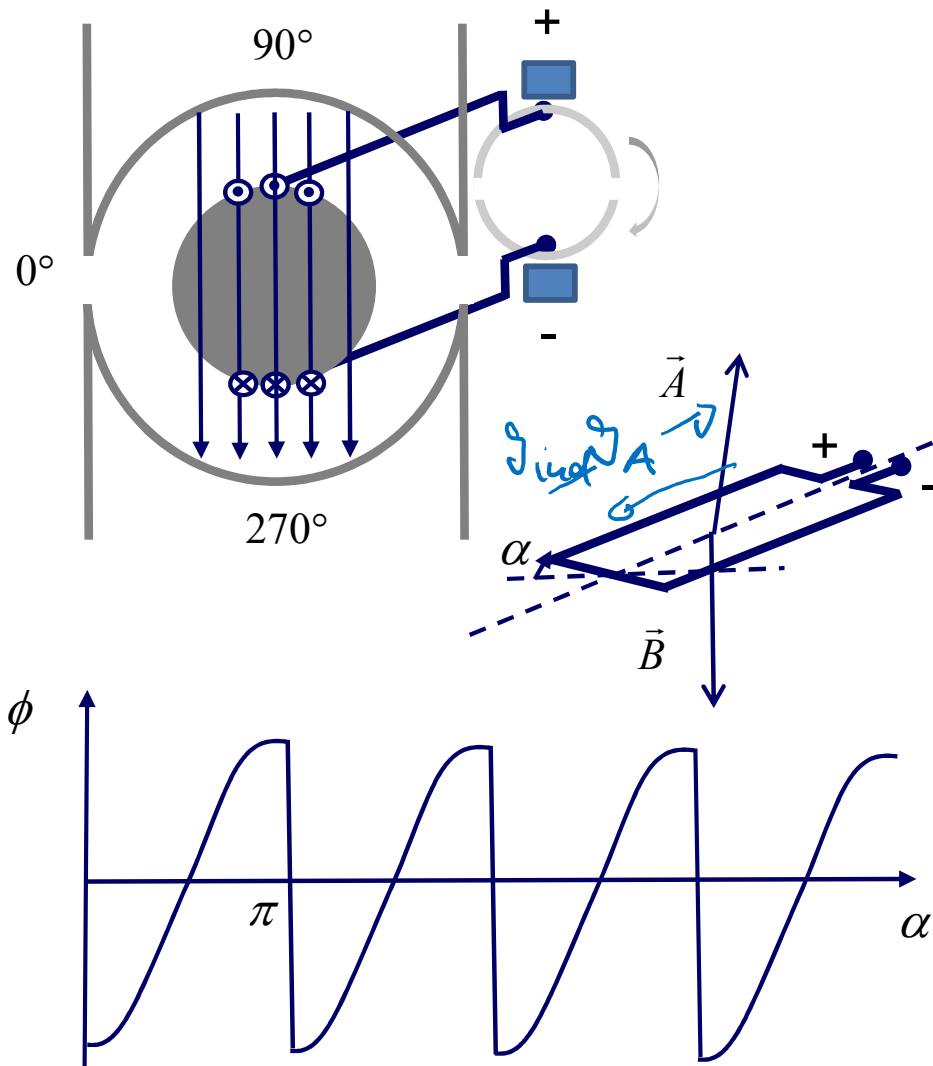
Gleichstrommotor

Prinzipskizze einer Gleichstrommaschine



Gleichstrommotor

U_{ind} bei einem Gleichstrommotor



Für die induzierte Spannung U_{ind} gilt

$$U_{ind} = v_A B \frac{dA}{dt} = v_A B \frac{d}{dt} (A \cos \alpha)$$

$$= -v_A B A \sin \alpha \omega_R$$

Für die mittlere induzierte Spannung folgt dann

$$U_{ind} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} v_A B A \sin \alpha d\alpha \omega_R$$

$$= -\frac{2}{\pi} v_A B A \omega_R = -k_n \omega_R$$

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!