

Grundlagen der Elektrotechnik



Gleichstrom- Maschinen

TH-Köln 2020

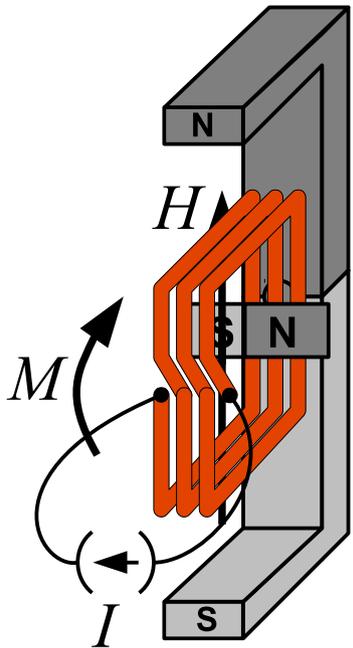
Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Gleichstrom-Maschinen

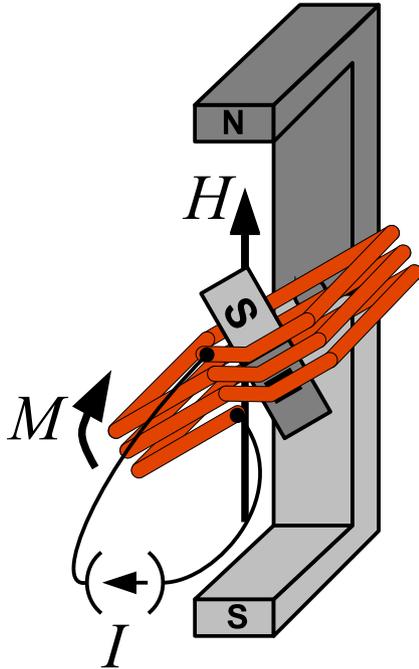
- Grundprinzip der Gleichstrom-Maschine
- Typen der magnetischen Erregung:
 - Fremderregt
 - Nebenschluss
 - Reihenschluss
 - Permanenterregt
- Universalmotor

Grundprinzip: Drehende Leiterschleife

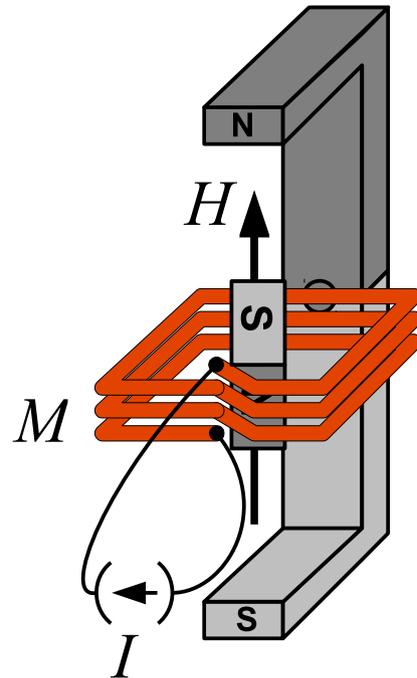
Maximales Drehmoment



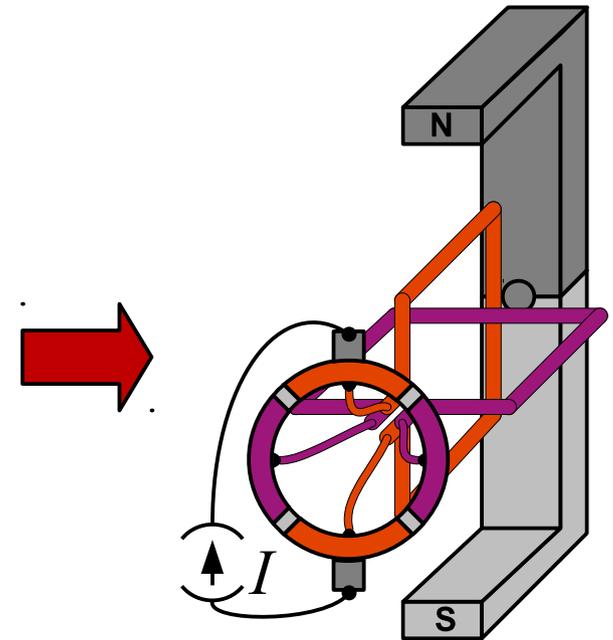
Geringeres Drehmoment



Kein Drehmoment

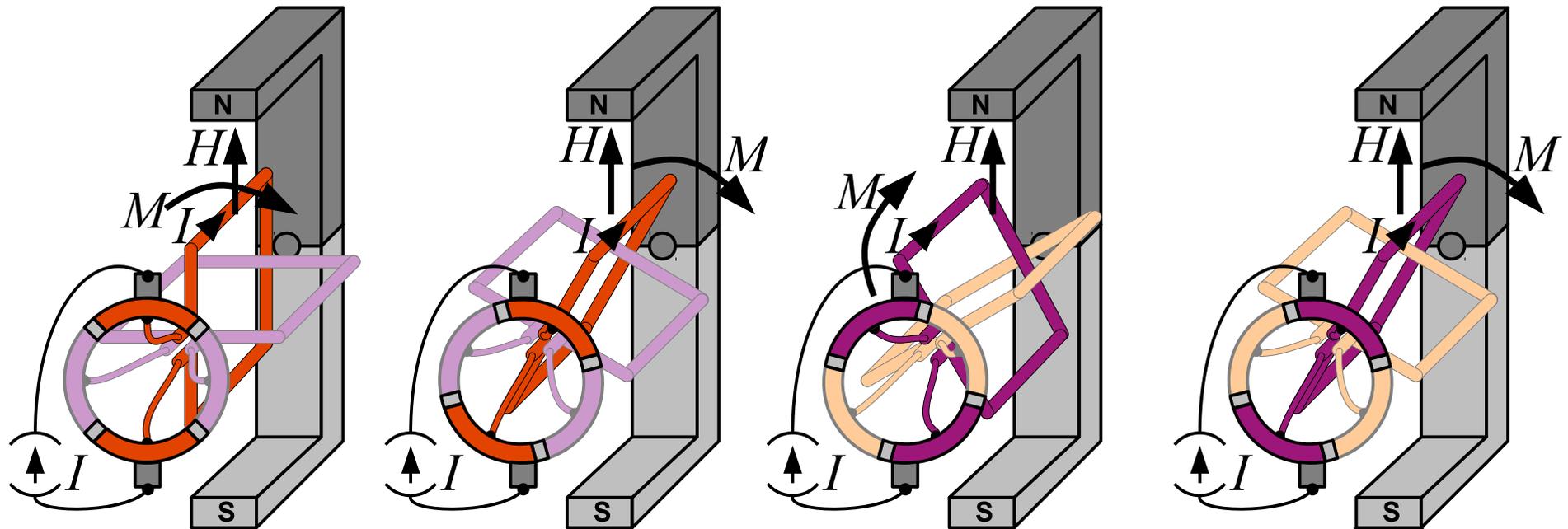


Zweite Spule hinzufügen



Und automatisch einschalten mit **Kommutator**

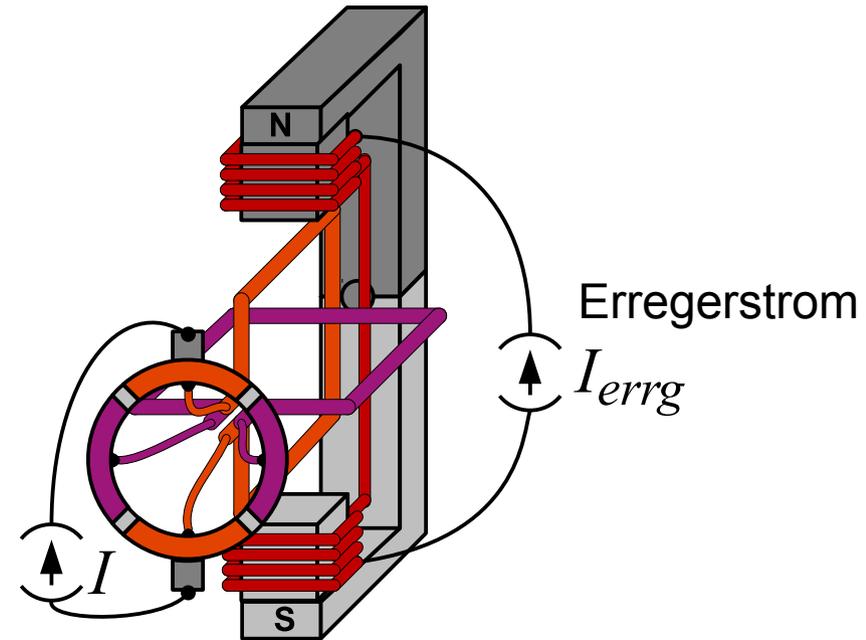
Grundprinzip mit Kommutator



Erregung

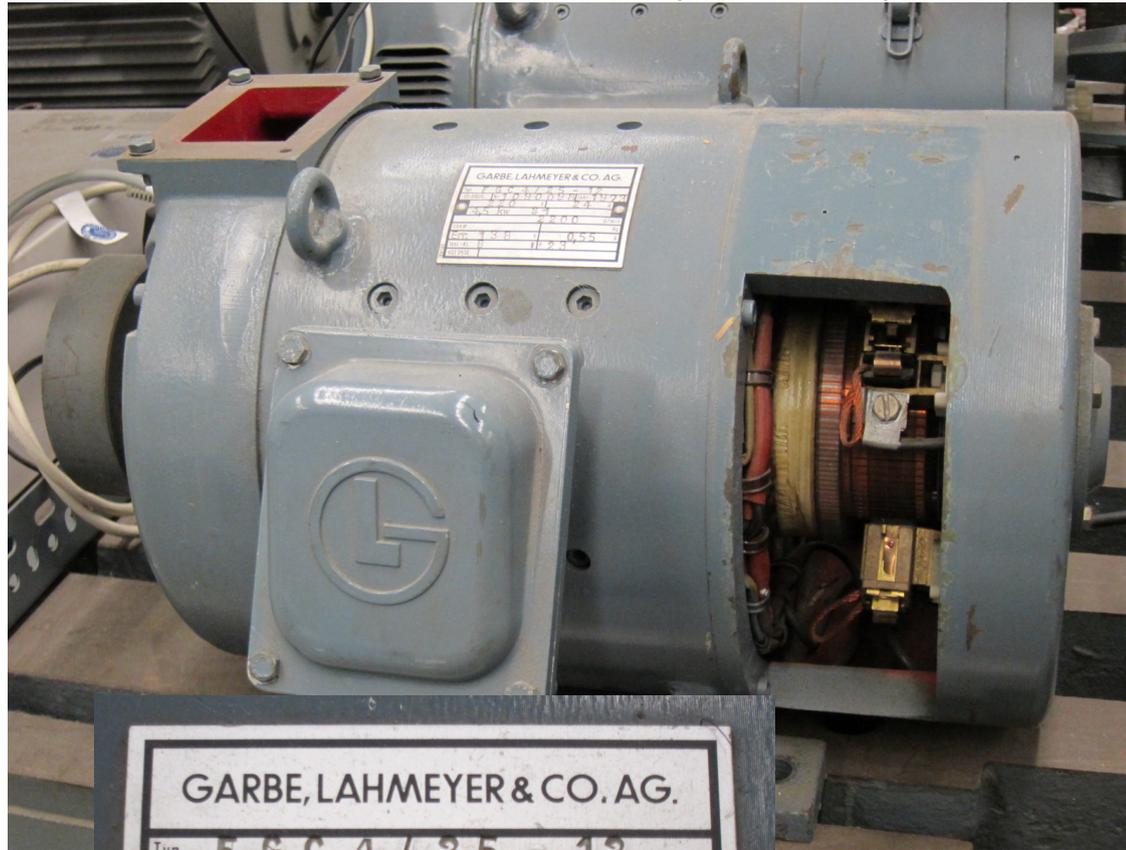
- **Fremderregte Maschine:**
Erregung durch zusätzliche Stromquelle
- **Nebenschluss-Maschine:**
Erregerwicklung parallel zum Anker
- **Reihenschluss-Maschine:**
Erregerwicklung in Reihe zum Anker
- **Universal-Motor:**
Reihenschluss-Maschine für Wechselstrombetrieb
- **Permanenterregte Maschine:**
Erregung durch Dauermagnet

Fremderregte Maschine:



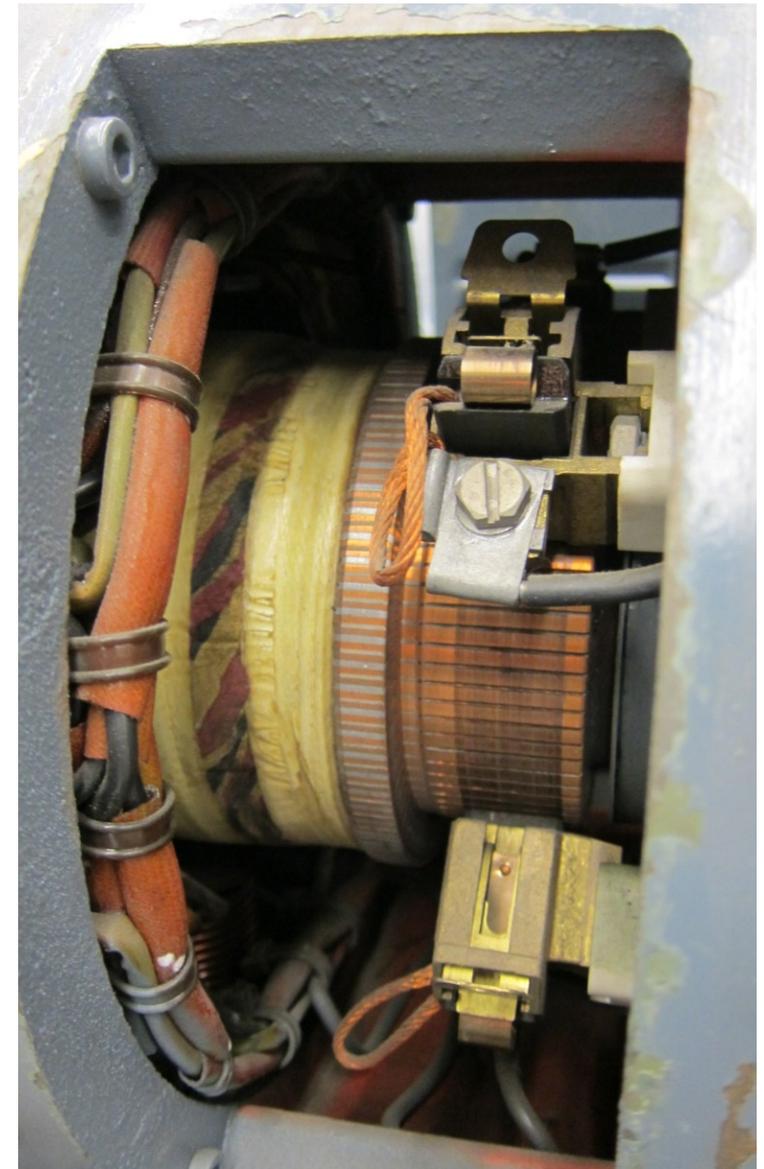
Reale Gleichstrommaschine

4,5 kW Gleichstrom-Maschine (von 1973)

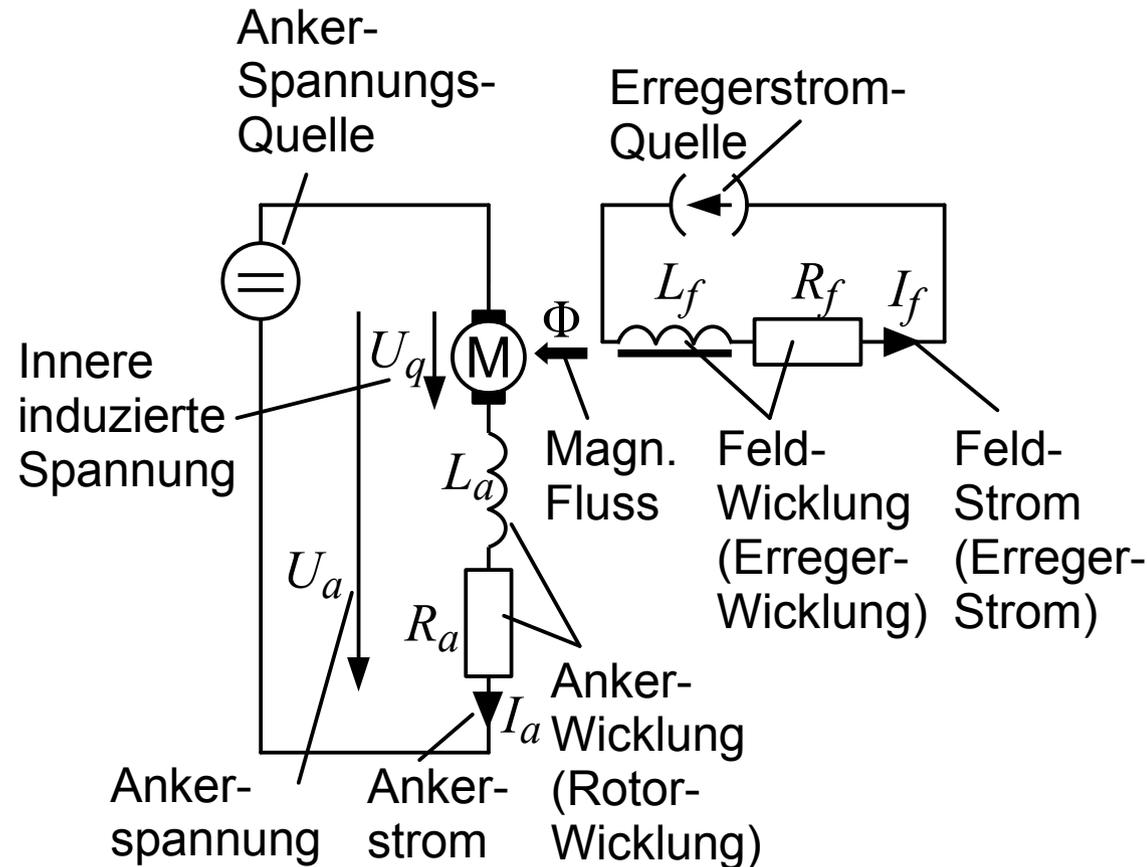


GARBE, LAHMEYER & CO. AG.				
Typ	F G C 4 / 25 - 12			
G-Mot.	Nr	1 0 9 0 0 9 8	Jahr	1973
	220	V	24	A
	4,5	kw	S 1	
		2200	U/min	
cos φ				Hz
EMF	138	V	0,55	A
Isol.-Kl.	B		IP 23	
VDE 0530				

Kommutator



Fremderregte Gleichstrommaschine



Verluste in Gleichstrommaschinen

■ Verluste in Feldwicklung: $P_{vf} = R_f \cdot I_f^2$

■ Verluste im Anker: $P_{va} = R_a \cdot I_a^2$

Weitere Verluste:

■ Eisenverluste:

$$P_{Fe}$$

Durch Hystereseverluste beim Ummagnetisieren von Stator und Anker. Vor allem bei Wechselstrombetrieb

■ Mechanische Reibungsverluste

$$P_r \sim n$$

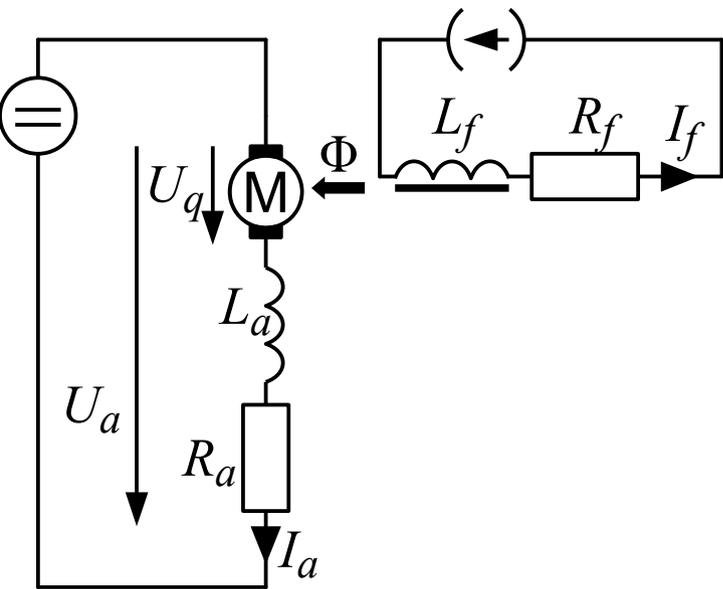
$$P_r = f(M)$$

■ Verluste an den Kohlebürsten:

Näherung:

Konstante Bürstenspannung mit $U_B \approx 2V$

Fremderregte Gleichstrommaschine



Drehzahl n und induzierte Spannung U_q

$$U_q = k_u \cdot \Phi \cdot \omega = k_u \cdot \Phi \cdot 2\pi \cdot \frac{n}{60 \text{ s/min}}$$

mit k_u = maschinenabhängige Konstante

Das bedeutet:

Die Drehzahl ist proportional zur inneren Ankerspannung

Achtung:

Bei konstanter Ankerspannung gilt:

$$n \sim \frac{1}{\Phi}$$

Das bedeutet:

Ohne Erregung dreht die Maschine durch!

Inneres Drehmoment M_i und Ankerstrom I_a

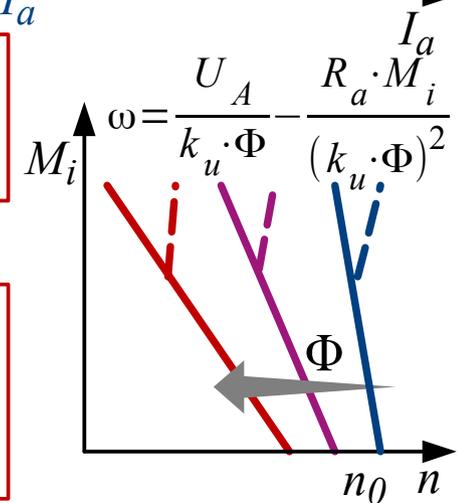
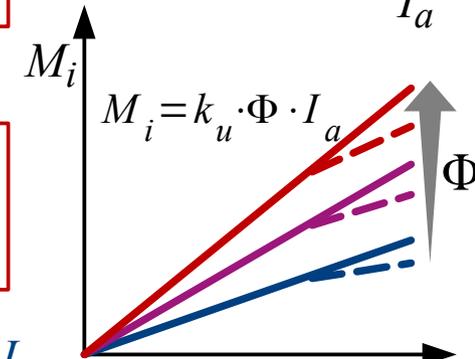
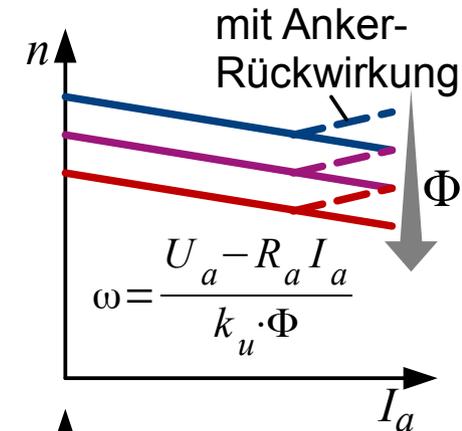
$$M_i = k_u \cdot \Phi \cdot I_a$$

Das bedeutet:
Das Moment ist proportional zum Ankerstrom

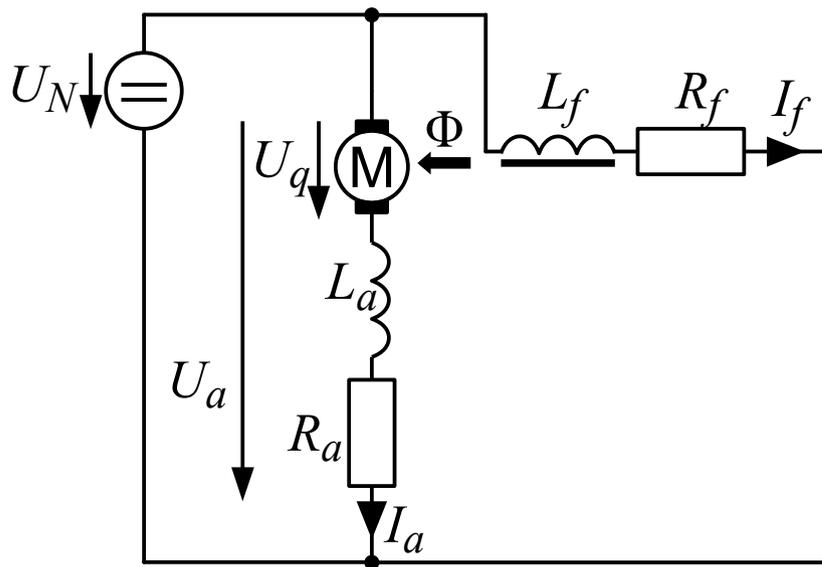
Innere Leistung P_i

$$P_i = M_i \cdot \omega = U_q \cdot I_a$$

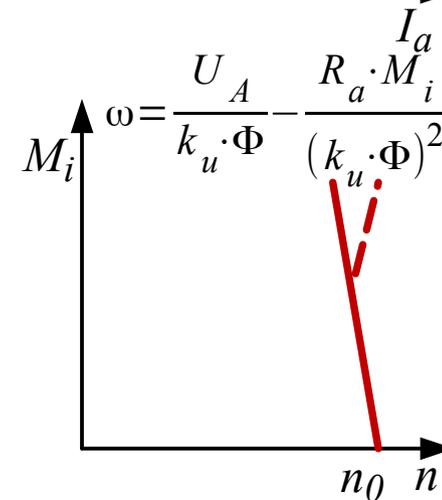
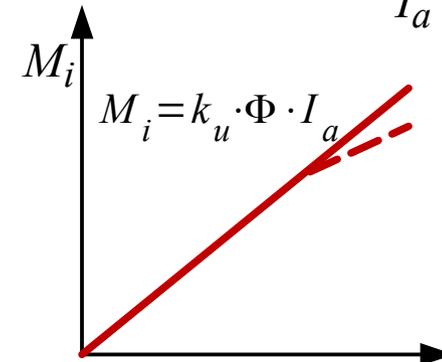
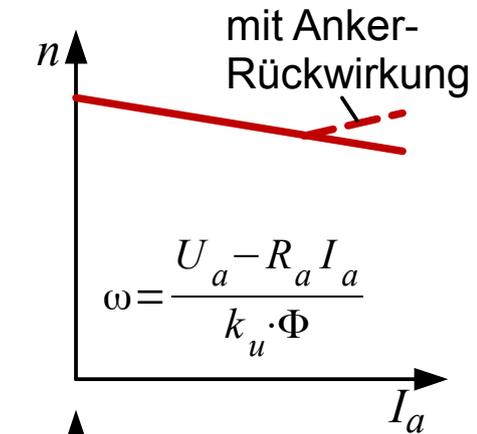
Das bedeutet:
Die innere mechanische Leistung ist proportional zu Ankerstrom und Spannung



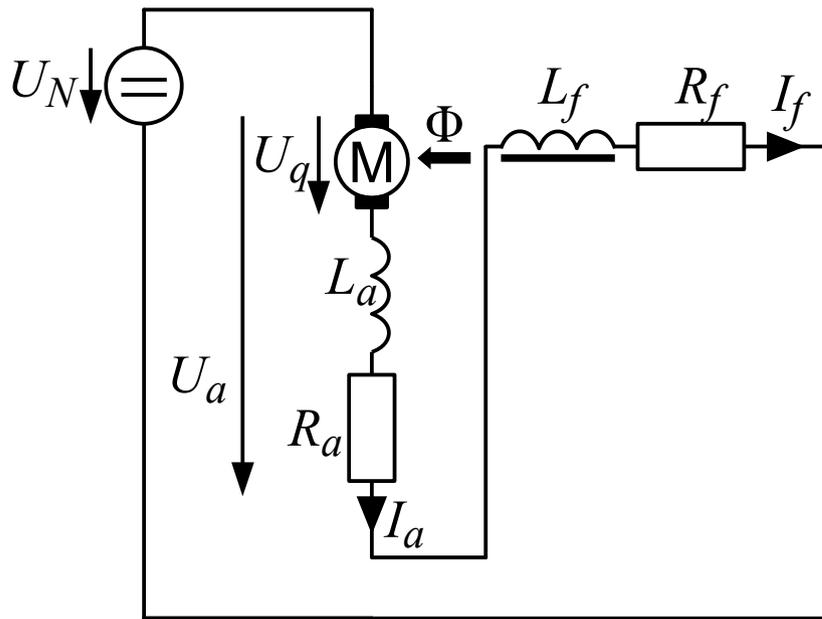
Nebenschluss-Gleichstrommaschine



- Anker- und Feld-Wicklung sind parallel an die selbe Spannung angeschlossen
- Feldwicklung hochohmig mit vielen dünnen Windungen
- Feldstrom ist konstant
- Magnetischer Fluss ist konstant
- ➔ Ähnliches Verhalten wie fremderregte Maschine



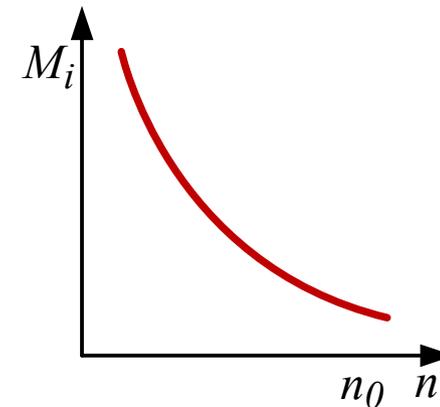
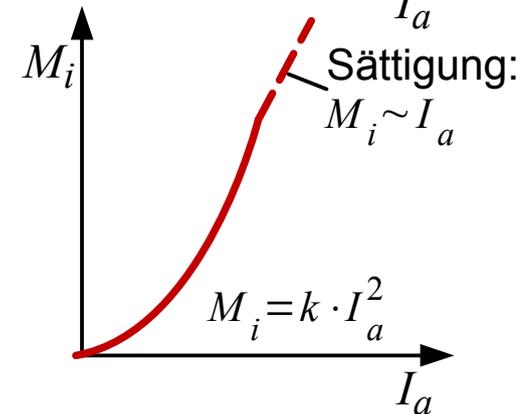
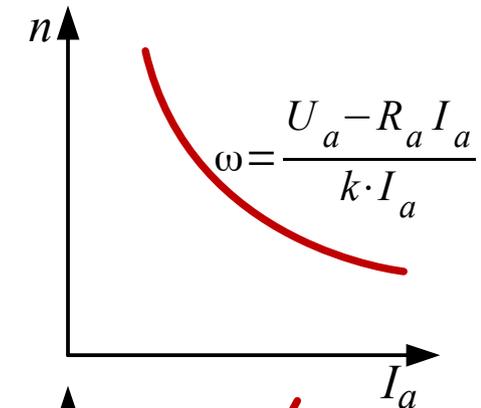
Reihenschluss-Gleichstrommaschine



Definition:

$$k \cdot I_f = k_u \cdot \Phi$$

k = Andere maschinen-
spezifische Konstante



- Anker- und Feld-Wicklung sind seriell vom selben Strom durchflossen
- Feldwicklung niederohmig: Wenig dicke Windungen
- Feldstrom ist gleich Ankerstrom
- Magnetischer Fluss ist nicht konstant
- ➔ Drehzahl ist stark vom Moment abhängig

Permanenterregte Gleichstrommaschine

- Dauermagnet ersetzt Feldwicklung
- Keine Feldstromverluste
- Verhalten ähnlich wie Nebenschlussmaschine

Anwendungen

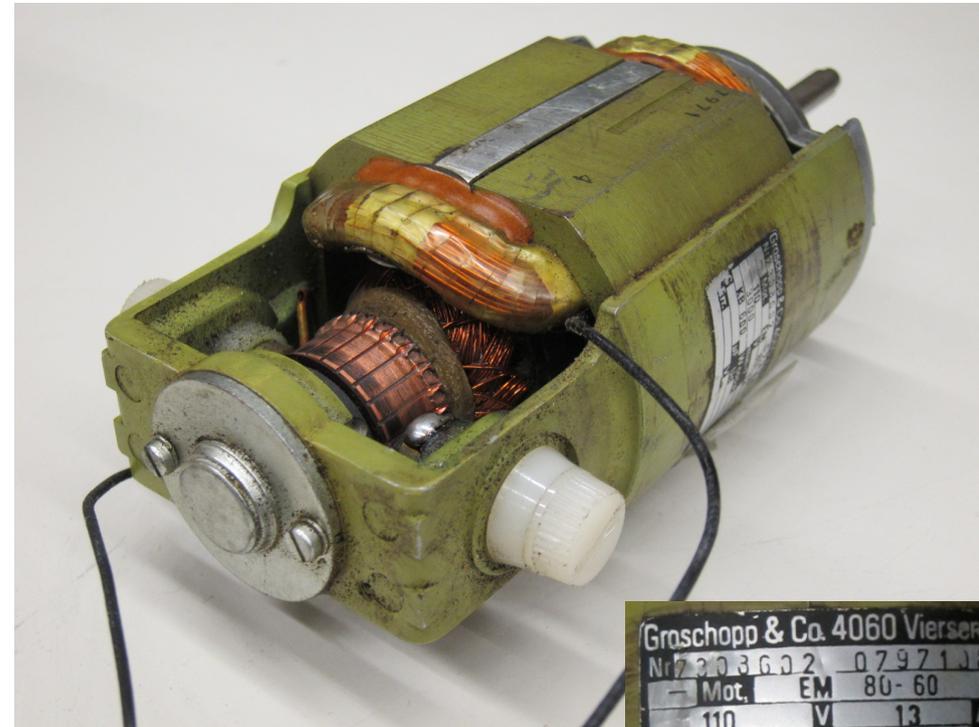
- Kleinmotoren, z.B. im Modellbau
- Fahrraddynamo

Universal-Motor

- Auch für Wechselstrom nutzbar
- Bauform wie Reihenschluss-Motor
- Da Feldstrom und Ankerstrom gleich sind:
Wirkung bleibt auch bei negativer Halbwelle gleich

Unterschiede:

- Geblechtes Eisen wegen Wirbelströmen
- Drehrichtungsumkehr nur durch Vertauschen von Feldwicklung



Graschopp & Co. 4060 Viersen			
Nr. 203602 0797100			
Mot.	EM	80-60	
110	V	13	A
3000	min ⁻¹		Hz
KB 600	W cos φ		
	μF	Uc	V
err.	V		A

Kontakt

Prof. Dr. Eberhard Waffenschmidt

Professur Elektrische Netze

Institut für Elektrische Energietechnik,
Fakultät für Informations-, Medien- und
Elektrotechnik (F07)

Technische Hochschule Köln

Betzdorferstraße 2, Raum ZO 9-19

50679 Köln, Deutschland

Tel. +49 221 8275 2020

eberhard.waffenschmidt@th-koeln.de

<https://www.th-koeln.de/>

[personen/eberhard.waffenschmidt/](https://www.th-koeln.de/personen/eberhard.waffenschmidt/)

