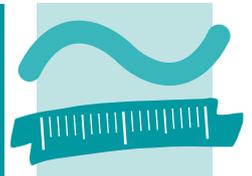


Gleichstrommaschine



BEUTH HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
BERLIN
University of Applied Sciences

Jeanina Höft | Philipp Kohn | Marcus Kolk | Marcel Prinz | Martin Steinmetz



Inhaltsverzeichnis

- 1 Prinzip, Aufbau und Funktion der Gleichstrommaschine
- 2 Generator- und Motorbetrieb
- 3 Fremderregte Maschine und Nebenschlussmaschine
- 4 Anlassen der Gleichstrommaschine
- 5 Drehzahlstüereingriffe und Betriebskennlinien
- 6 Wirkungsgrad
- 7 Abbildungsverzeichnis

Prinzip, Aufbau und Funktion

Jeanina Höft
Philipp Kohn
Marcus Kolk
Marcel Prinz
Martin Steinmetz

VTM-B4 Gruppe 3A

Veranstaltungstechnik und -management, 4. Semester
BEUTH HOCHSCHULE FÜR TECHNIK BERLIN

Inhaltsverzeichnis

Seite

1 Prinzip, Aufbau und Funktion der Gleichstrommaschine	3
1.1 Prinzip	3
1.2 Aufbau	3
1.3 Funktion	4
2 Generator- und Motorbetrieb	5
2.1 Generatorbetrieb	5
2.2 Motorbetrieb	6
3 Fremderregte Maschine und Nebenschlussmaschine	6
3.1 Fremderregte Maschine	7
3.1 Nebenschlussmaschine	7
4 Anlassen der Gleichstrommaschine	8
4.1 Grundlagen Anlassverfahren	8
4.2 Anlassen von Gleichstrommotoren	8
4.3 Arten der Anlassverfahren	8
4.3.1 Klassische Anlassverfahren	9
4.3.2 Elektronische Anlassverfahren	9
4.3.3 Anlasshilfen	9
4.4 Anlassen der Nebenschlussmaschine	10
5 Drehzahlsteuereingriffe und Betriebskennlinien	11
5.1 Drehzahlsteuereingriffe	11
5.1 Betriebskennlinien	12
6 Wirkungsgrad	14
7 Abbildungsverzeichnis	14
8 Quellen	14

Eine rotierende elektrische Maschine ist ein Energieumwandler, der umlaufende Bauteile enthält und bei dem die elektrische Energie entscheidend an der Energieumwandlung beteiligt ist.

1 Prinzip, Aufbau und Funktion der Gleichstrommaschine

1.1 Prinzip

Die Gleichstrommaschine ist eine Außenpolmaschine. Zur Erzeugung des Erregerfeldes muß an die am Ständer angebrachte Feldwicklung eine Gleichspannung angelegt werden. Sie wird über feste Klemmen angeschlossen.

Der Arbeitskreis befindet sich auf dem Läufer. Die Energieübertragung zwischen Netz und Läufer funktioniert elektromechanisch. Die im Arbeitskreis vorhandene Wechselspannung wird mechanisch gleichgerichtet (Generatorbetrieb) oder aus der angelegten Gleichspannung durch Wechselrichtung gewonnen (Motorbetrieb).

1.2 Aufbau

Die Gleichstrommaschine gehört zu den Stromwendermaschinen. Hier erfolgt die Energieübertragung über Kohlebürsten und den Stromwender, auch Kommutator genannt (mechanischer Schalter). Die zweipolige Gleichstrommaschine besteht aus dem feststehenden Teil, dem Ständer bzw. Stator. Er besteht aus massivem oder geblechtem Eisen und trägt die je nach Art und Größe der Gleichstrommaschine erforderlichen Erreger- und Wendepolwicklungen. Die Hauptpole sind nach innen durch sogenannte Polschuhe erweitert, um dem Magnetfluss eine große Austrittsfläche zu geben und gegebenenfalls die Kompensationswicklung aufnehmen zu können. Der Jochring bildet den äußeren magnetischen Rückschluss, über den der aus der Läufer- und der Erregerwicklung sowie dem Luftspalt bestehende magnetische Kreis geschlossen wird. Der Teil einer elektrischen Maschine, in dessen Wicklungen Spannungen induziert werden, wird als Läufer bezeichnet. Er ist der rotierende Teil der Gleichstrommaschine und wird deshalb auch als Läufer oder Rotor bezeichnet. Die Welle der Gleichstrommaschine trägt einen aus Dynamoblechen geschichteten Eisenkörper mit Leiterstäben, die durch die Reihenschaltung der einzelnen Leiterschleifen die Läuferwicklung ergeben. Die Enden der einzelnen Läuferwicklungen sind auf den Kommutator geführt, der ebenfalls fest mit der Welle verbunden ist und aus isolierten segmentförmigen Kupferlamellen besteht. Die Energieübertragung zwischen dem speisenden Netz und der Läuferwicklung erfolgt über die Grafit-Kohlebürsten.

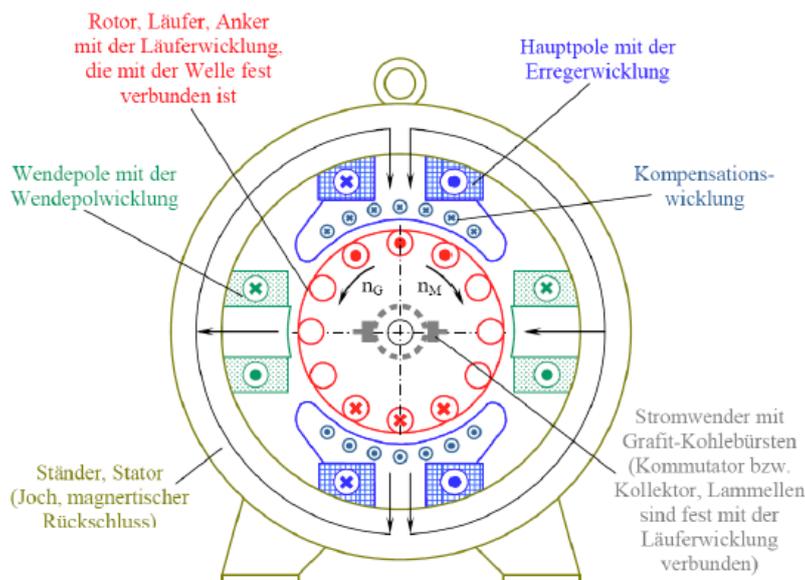


Abb. 1 Gleichstrommaschine

2 Generator- und Motorbetrieb

2.1 Generatorbetrieb

Der Generatorbetrieb einer Gleichstrommaschine hat das Ziel Strom zu erzeugen, der von Nutzgeräten für eine Vielzahl von Anwendungen genutzt werden kann.

Um Strom zu erzeugen muss sich der Anker mit den Wicklungen im Magnetfeld bewegen (drehen), die Wicklungen werden geladen und leiten den Strom zum Kommutator weiter, der ihn in seine Pole (+, -) aufteilt, dazu sind die Schleifkontakte am Kommutator (Bürsten oder Kohlebürsten) so angeordnet, dass sie während der Drehung die Polung der Ankerwicklungen so wechseln, dass immer diejenigen Wicklungen von Strom entsprechender Richtung durchflossen werden, die sich quer zum Erregerfeld bewegen.

Um den Anker durch einen mechanischen Mechanismus in Bewegung zu setzen, wird oft ein Dieselmotor als Antrieb verwendet (Abb. 4 KM16-Kohler-Open-Diesel-Generator).

Abfolge zur Stromerzeugung:

Dieselmotor über Welle mit Anker verbunden → Anker dreht sich im Magnetfeld → Wicklungen werden geladen → Strom fließt zum Kommutator → Kommutator polt Strom → Gleichstrom kann genutzt werden

Funktioniert die Maschine als Generator, so wirkt das Drehmoment M_K der antreibenden Kraftmaschine (z.B. Dieselmotor) im Drehsinn.

Das Drehmoment M der elektrischen Maschine ist dem Drehsinn entgegengesetzt (Abb. 3 Drehmomente).

- M : Drehmoment der elektrischen Maschine
- M_K : Drehmoment der Kraftmaschine im Generatorbetrieb
- M_A : Drehmoment der angetriebenen Maschine etc. im Motorbetrieb
- n : Umdrehungen in Drehrichtung

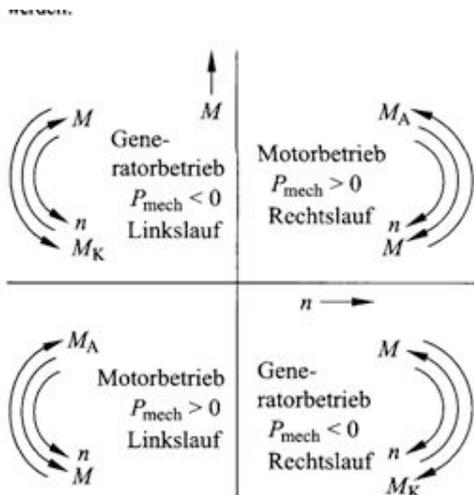


Bild 12.27 Betriebsarten einer elektrischen Maschine

Abb. 3 Drehmomente



Abb. 4 KM16-Kohler-Open-Diesel-Generator

3.1 Fremderregte Maschine

Bei der fremderregten Gleichstrommaschine werden Anker- und Erregerwicklung aus unterschiedlichen Spannungsquellen gespeist. Während bei der Nebenschlussmaschine die Erregerspannung gleich der Ankerspannung ist, kann man bei fremderregten Maschinen durch Verringerung des Erregerstroms (Feldschwächung) die Drehzahl erhöhen oder durch Verringerung der Ankerspannung absenken. Drehmomentschwankungen ergeben geringe Drehzahländerungen.

Fremderregte Maschinen wurden unter anderem als Pendelmaschinen in Motorprüfständen und Antriebe von Werkzeugmaschinen und Scheibenwischern betrieben.

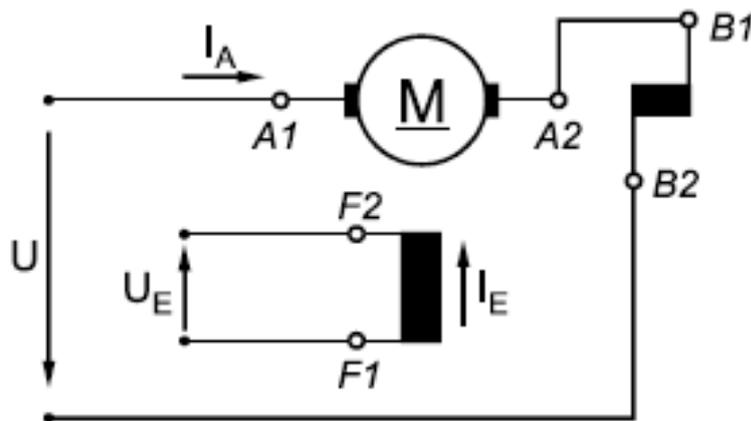


Abb. 6 Schaltbild einer Fremderregten Gleichstrommaschine

3.1 Nebenschlussmaschine

Die Drehzahl großer Nebenschlussmaschinen ist nahezu drehmomentunabhängig und proportional mit der Versorgungsspannung einstellbar, wodurch sie sich besonders für drehzahlvariable Antriebe von Walzwerken und anderen Arbeitsmaschinen mit konstantem Gegenmoment, z.B. Förderbänder und Hebezeuge eignen. Wird bei Nebenschlussmotoren der Erregerkreis unterbrochen, können diese durchgehen, da bei gleichbleibender Versorgungsspannung die Drehzahl und Stromaufnahme enorm ansteigt.

Nebenschlussmotoren können als Generator, beispielsweise zur Bremsung arbeiten, wenn eine Hilfsspannungsquelle oder eine Restmagnetisierung dafür sorgen, dass beim Start des Bremsvorganges eine Erregung vorhanden ist. Mit steigender Erregung oder Drehzahl steigt auch die generierte Spannung. Dies ist auch die Spannung, die bei Motorbetrieb dem speisenden Strom entgegen wirkt und für eine konstante Drehzahl sorgt.

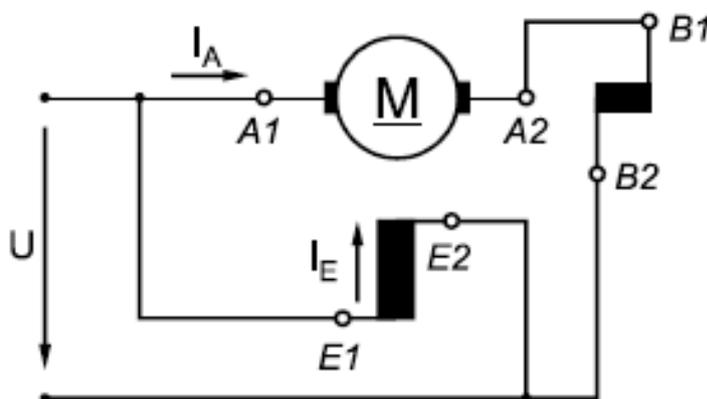


Abb. 7 Schaltbild einer Nebenschlussmaschine

4.3.1 Klassische Anlassverfahren

Das direkte Einschalten zählt zwar zu den klassischen Anlassverfahren, ist aber nur bei kleineren Elektromotoren zulässig. Zur Verkleinerung des Anlaufstromes ergeben sich zwei Möglichkeiten:

- Vergrößerung des Widerstandes
- Verkleinerung der Spannung

Zur Widerstandserhöhung schaltet man entweder Wirkwiderstände als Anlasswiderstände oder Anfahrwiderstände oder spezielle Anlassdrosseln in Reihe zur Statorwicklung. Eine weitere Möglichkeit ist Aufteilen der Statorwicklung in Teilwicklungen.

Zur Spannungsverkleinerung werden entweder spezielle Anlasstransformatoren verwendet, oder die Statorwicklungen des Motors werden unterschiedlich miteinander verschaltet.

4.3.2 Elektronische Anlassverfahren

Bei den elektronischen Anlassverfahren gibt es zwei verschiedene Methoden:

- Sanftanlaufgeräte
- Anfahrumrichter

In Sanftanlaufgeräten wird mittels Phasenanschnittsteuerungen der Anlaufstrom begrenzt. Durch Anfahrumrichter wird der Anlaufstrom mittels Spannungs- und Frequenzstellung geregelt. Es ist das anspruchsvollste gerätemäßige Anlassverfahren.

4.3.3 Anlasshilfen

Unter bestimmten Anlaufbedingungen z. B. Schweranlauf oder bei bestimmten Motoren werden zusätzliche Maßnahmen benötigt, um den Motor anzulassen.

Anlasshilfen bei Schweranlauf

Hat die Arbeitsmaschine ein hohes Trägheitsmoment, dann dauert es lange bis die Betriebsdrehzahl erreicht ist. Man spricht vom Schweranlauf. In der Anlaufphase ist der Motor durch hohe Betriebsströme gefährdet. Man kann zwischen Motor und Arbeitsmaschine eine Kupplung so anordnen, dass der Motor schnell auf Betriebsdrehzahl kommt und die Arbeitsmaschine erst allmählich diese Drehzahl übernimmt. Man spricht von Anlaufkupplungen.

Als Anlaufkupplungen eignen sich:

- Fliehkraftkupplungen
- Hydrodynamische Kupplungen
- Induktionskupplungen

Gleichstrommaschine

Beim Anlassen eines Gleichstrommotors ist zunächst $n = 0$ und damit $U_i = 0$ und es fließt ein hoher Ankerstrom $I_A = U/R_A$ ($R_A < 1 \Omega$).

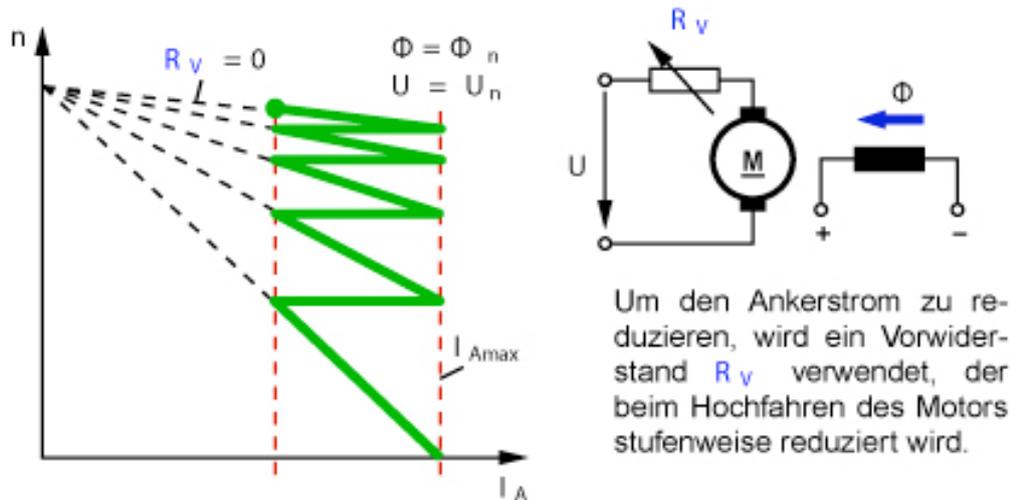
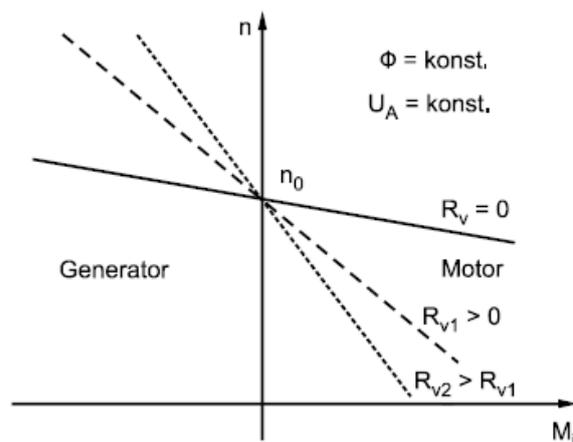


Abb. 8 Darstellung Schaltung eines Vorwiderstandes

4.4 Anlassen der Nebenschlussmaschine

Wird eine Nebenschlussmaschine plötzlich an ihre Nennbetriebsspannung gelegt fließt durch den Anker ein sehr hoher Einschaltstrom. Große Maschinen müssen daher mit geringerer Spannung angefahren werden. Das Anlaufmoment sowie der Ankerstrom im Stillstand sind begrenzt. Zusammen mit der folgenden Erhöhung der Antriebsdrehzahl kann auch die Spannung erhöht werden. Alternativ kann zum Anfahren ein Vorschaltwiderstand (Anlasswiderstand) R_V im Ankerkreis verwendet werden. Der Nachteil dieser Methode ist die Verlustleistung am Widerstand, dieser muss dann aktiv gekühlt werden. Des Weiteren ist die Drehzahl stark abhängig vom Ankerstrom.



Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie mit R_V als Parameter

Abb. 9 Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie

Der Ankerkreisvorwiderstand begrenzt zwar den Ankerstrom I_A , verkleinert aber gleichzeitig das Drehmoment M_i , d. h. die Drehzahlkennlinie wird „weicher“.

5 Drehzahlsteuereingriffe und Betriebskennlinien

5.1 Drehzahlsteuereingriffe

$$n = \frac{U_A}{c * \Phi} - \frac{2 * \pi * (R_A + R_V)}{(c * \Phi)^2} * (M + M_R)$$

Die Drehzahl einer Gleichstrommaschine lässt sich auf zwei verschiedene Arten regulieren. Entweder erfolgt dies über die Veränderung der Ankerspannung oder die Veränderung des Flusses in den Spulen der Gleichstrommaschine.

Das erste Grundprinzip der Steuerung liegt in der Verstellung der Ankerspannung, wodurch eine Feldschwächung erzielt wird. Diese führt zu einer Verringerung des zur Verfügung stehenden Drehmoments aber auch der Verringerung der Drehzahl.

Die Methode des Ankervorwiderstandes besteht darin die Größe des Widerstandes veränderlich zu gestalten um Zugriff auf die Verstellung der Drehmoment-Drehzahlkennlinie zu haben. Dies hat den großen Vorteil der einfachen Umsetzung und der kostengünstigen Realisierung, da der Ankervorwiderstand bereits verbaut ist.

Die Nachteile liegen in den starken Verlusten da der Widerstand die Energie als Wärme abführt und somit hohe Verluste auftreten. Desweiteren besteht dabei eine große Abhängigkeit der Drehzahl der Gleichstrommaschine vom Ankerstrom. Und es sind keine Drehzahl im Bereich von $n=0$ möglich. Weiterhin ist zu beachten dass die Drehzahländerungen nur unterhalb der Nenn Drehzahl stattfinden dürfen, da ansonsten der Motor überlastet und beschädigt werden könnte.

Eine Verlustärmere Methode ist hierbei die Spannungsverstellung per rotierenden Leonard-Umformer. Hierbei wird ein Stromrichter mit Sechspulsbrückenschaltung verwendet, wobei in kleineren Maschinen auch Zweipulsbrückenschaltungen möglich sind.

Das zweite grundlegende Prinzip ist die Feldsteuerung durch Reduzierung des Erregerstroms. Die damit hervorgerufen Feldschwächung führt zu einer Erhöhung des Drehmoments, da die Gegenspannung absinkt und der Ankerstrom steigt.

$$I_A = \frac{U - U_O}{R_i}$$

$$U'_O = k * U_O$$

$$I'_A = \frac{U - U'_O}{R_i}$$

Bei konstanter Last darf die Feldschwächung allerdings nicht beim Nennmoment angewendet werden, da hierbei der Ankerstrom ansteigt und die Maschine überlastet wird.

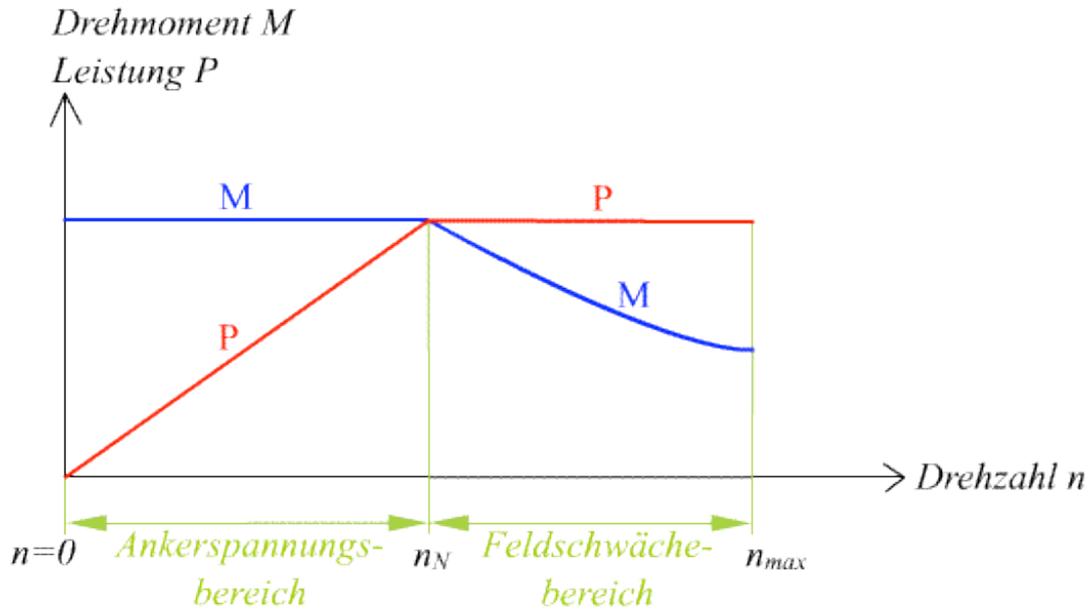
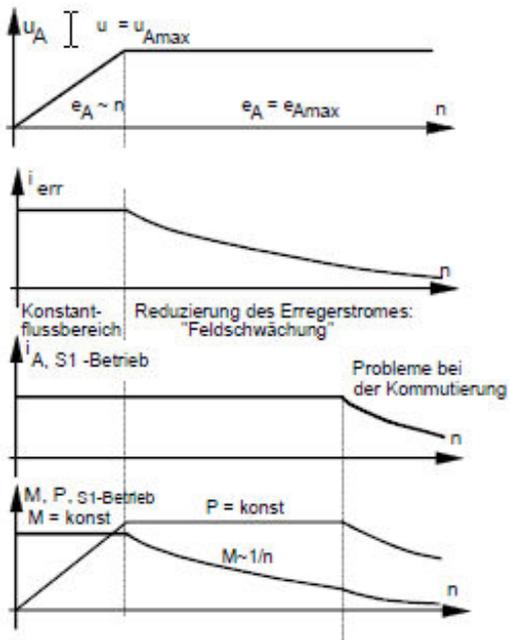


Abb. 10 Bereiche für die Beeinflussung durch die Ankerspannung bzw. Feldschwächung

5.1 Betriebskennlinien



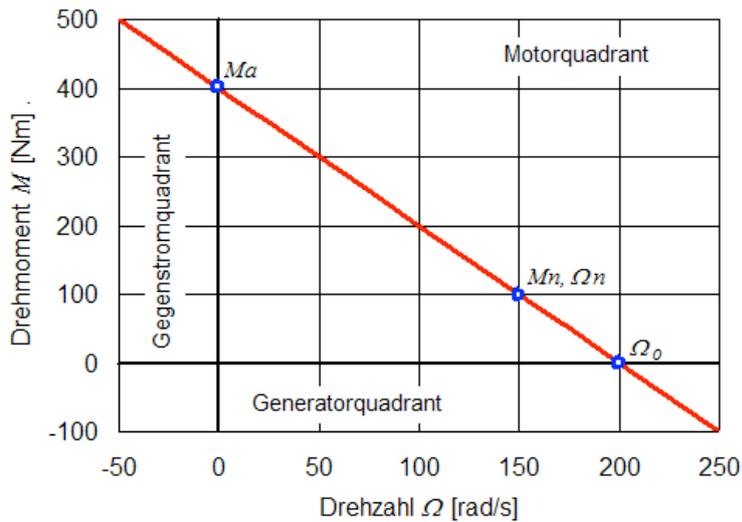


Abb. 11 Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie einer fremderregten Gleichstrommaschine

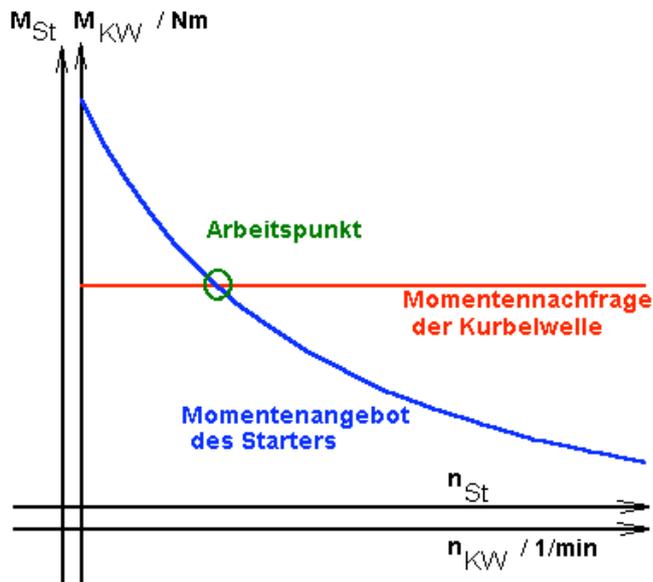


Abb. 12 Drehzahl-Drehmoment-Kennlinie einer Reihenschlussmaschine



Abb. 13 Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie einer Nebenschlussmaschine

