

Theoretische Grundlagen

Wenn durch einen Leiter ein Strom I fließt, entsteht um den Leiter ein Magnetfeld. Ist dieser Leiter wiederum in einem Magnetfeld, so verkrümmen sich die Feldlinien um den Leiter und es kann daraus eine Kraft F entstehen, die wie in Formel 1.1 definiert ist.

$$\vec{F} = I \cdot (\vec{l} \times \vec{B})$$

Formel 1.1

Wobei l der Vektor der Länge des Leiters ist und B der Vektor des äußeren Magnetfeldes ist. Will man diese Kraft ausnutzen, so ist es sinnvoll, daß das Kreuzprodukt $l \times B$ seinen maximalen Wert erreicht, dies ist der Fall, wenn l und B senkrecht aufeinander stehen. In der Realität ist dies aber meist nicht der Fall, außerdem besteht die Möglichkeit, daß das Kreuzprodukt gleich Null ist. Aus dieser Situation kommt man heraus, wenn der Kontakt zu Leiterschleife zu einem bestimmten Zeitpunkt umgepolt wird und eine zweite Leiterschleife zum Einsatz kommt, die dann eine größere Kraftwirkung aufweist wie die erste.

Um nun einen gleichmäßig laufenden Motor zu haben ist es sinnvoll, die Umpolung der Leiterschleifen mit der Drehbewegung zu kombinieren. Dies erreicht man, wenn die Kontakte an der Drehachse angebracht werden, und die Stromzufuhr durch Schleifkontakte realisiert wird.

Eine weitere Erscheinung bei Elektromotoren ist das Auftreten der Gegenspannung, die in einer Leiterschleife auftritt, die sich im Magnetfeld befindet (Induktionsgesetz). Diese Gegenspannung ist sehr leicht zu berechnen, wenn man die Kirchhofschen Gesetze beachtet und den Widerstand der Leiterschleife, den Strom durch die Schleife und die Klemmenspannung kennt. Daraus läßt sich nach einem Maschenlauf folgende Gleichung aufstellen:

$$U_{ind} = U_{kl} - R_{Leiterschleife} \cdot I_{kl}$$

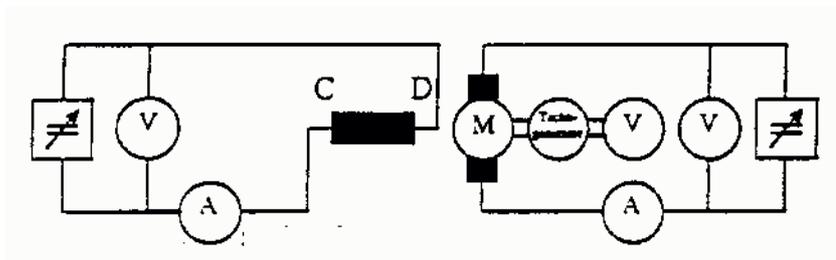
Formel 1.2

Wenn man sich das alles so anschaut, erscheint es einem sinnvoll, nicht nur eine Leiterschleife im Magnetfeld zu verwenden, sondern gleich eine ganze Reihe von Parallelen Leiterschleifen, die man am besten um einen Anker wickelt. Um so mehr Stege am Anker vorhanden sind um so besser ist die Kraft, die der Motor aufbringen kann und um so gleichmäßiger läuft er.

Versuchsauswertung

1. Abhängigkeit der Drehzahl vom Ankerstrom

Zunächst wird der Versuch nach dem Schaltbild Nr. 1 aufgebaut und der Ankerstrom konstant auf 1.8A gehalten, anschließend wird ein konstanter Strom von 2,2A eingestellt. Die beiden Versuche werden jeweils mit einer Erhöhung des Feldstromes um 0,1A im Bereich von 0 – 1A durchgeföhren. Bei der Belastung des Ankers mit 2,2A mußte der Versuch vorzeitig abgebrochen werden, da die Versorgungsquelle für den Ankerstrom zusammengebrochen ist. Die aufgenommenen Meßergebnisse sind aus Tabelle 1.1 zu entnehmen, die graphische Auswertung geschieht in der Abb. 1.



Schaltbild Nr. 1

I Feld in A	n/min bei 1,8A	n/min bei 2,2A
0,0	0	0
0,1	0	0
0,2	0	0
0,3	70	560
0,4	400	2030
0,5	1160	3280
0,6	1520	4460
0,7	1910	4670
0,8	2240	
0,9	2500	
1,0	2960	

Tabelle 1.1

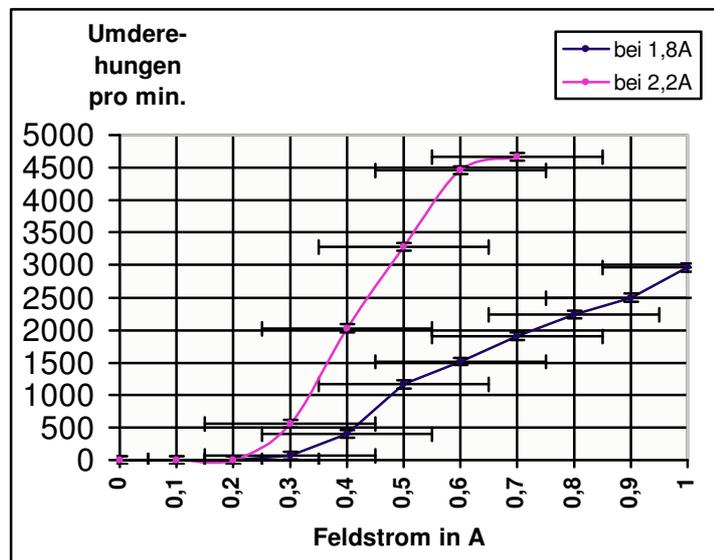


Abbildung 1.1

Aus der graphischen Darstellung ist zu erkennen, daß die Drehzahl mit zunehmendem Feldstrom fast linear ansteigt. Somit kann die Drehzahl nicht nur über den Ankerstrom gesteuert werden sondern auch über den Feldstrom.

2. Abhängigkeit der Drehzahl bei konstanter Feldspannung

Die Versuchsanordnung wird aus dem 1. Teilversuch übernommen. Diesmal wird allerdings die Feldspannung auf einem konstanten Wert von 20V gehalten und dann der Ankerstrom langsam von 0-2,025A in Schritten vom 100mA erhöht. Die Drehzahlen, die aus diesem Versuch resultieren, sind in Tabelle 1.2 zusammengefaßt. Zur Veranschaulichung der Meßergebnisse sind diese in Abb. 1.2 dargestellt.

I [A]	n pro min	U [V]
0,0	0	0,00
0,1	0	0,20
0,2	0	0,40
0,3	0	0,60
0,4	0	0,80
0,5	0	1,00
0,6	0	1,20
0,7	0	1,40
0,8	0	1,60
0,9	30	2,00
1,0	99	2,70
1,1	170	3,20
1,2	300	4,20
1,3	420	5,10
1,4	580	6,20
1,5	870	8,20
1,6	1200	10,30
1,7	1560	12,50
1,8	2000	15,20
1,9	2600	18,90
2,0	4000	27,30
2,03	4410	29,60

Tabelle 1.2

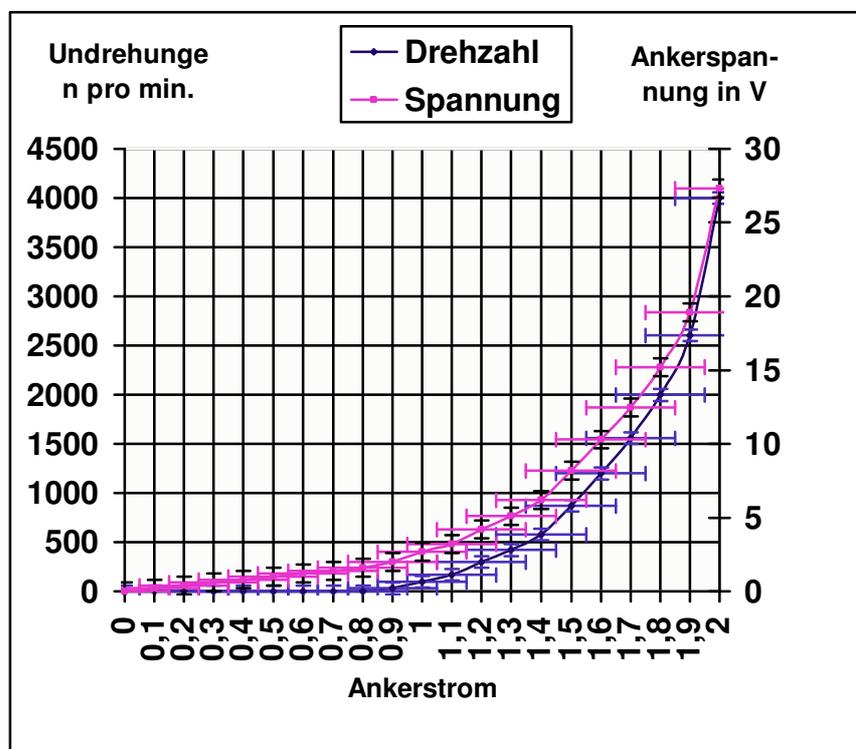


Abbildung 1.2

Wie ich schon beim vorhergehenden Teilversuch erwähnt habe, kann die Drehzahl mit Hilfe des Ankerstromes verändert werden, d.h. wenn der Ankerstrom bei konstantem B-Feld steigt, erhöht sich auch die Drehzahl des Motors. Außerdem kann man aus dem Graphen für die Ankerspannung erkennen, daß sich eine Induktive Gegenspannung im Anker aufbaut, die die Ankerspannung veranlaßt immer größer zu werden. Anders gedeutet kann man die Ankerspule als eine Spule im Wechselstromkreis betrachten, bei der die Eingangsfrequenz durch die Drehzahl des Motors erhöht wird.

3. Bestimmung der Gegenspannung

Für die Bestimmung der Gegenspannung nimmt man am besten die gemessenen Ergebnisse aus dem 2. Teilversuch, da dort die Spannungen in Abhängigkeit von der Drehzahl aufgetragen sind. Dabei wurden nachträglich noch die Messungen bei stillstehendem Motor für 0,6 – 0,8A in die Tabelle 1.2 eingefügt und mit Hilfe des Ohmsches Gesetzes die restlichen fehlenden Werte berechnet. Für die eigentliche Berechnung der Gegenspannung nimmt man einfach die Formel 1.2, die bei den theoretischen Grundlagen hergeleitet wurde.

I [A]	n pro min	U [V]	U _{ind} [V]
0,9	30	2,00	0,20
1,0	99	2,70	0,70
1,1	170	3,20	1,00
1,2	300	4,20	1,80
1,3	420	5,10	2,50
1,4	580	6,20	3,40
1,5	870	8,20	5,20
1,6	1200	10,30	7,10
1,7	1560	12,50	9,10
1,8	2000	15,20	11,60
1,9	2600	18,90	15,10
2,0	4000	27,30	23,30
2,025	4410	29,60	25,55

$$R_i = \frac{U_A}{I_A} = \frac{1,6V}{0,8A} = \underline{\underline{2\Omega}}$$

$$U_{ind} = U_{Kl} - R_i \cdot I_A$$

$$U_{ind} = 2V - 2\Omega \cdot 0,9A = \underline{\underline{0,2V}}$$

Tabelle 1.3

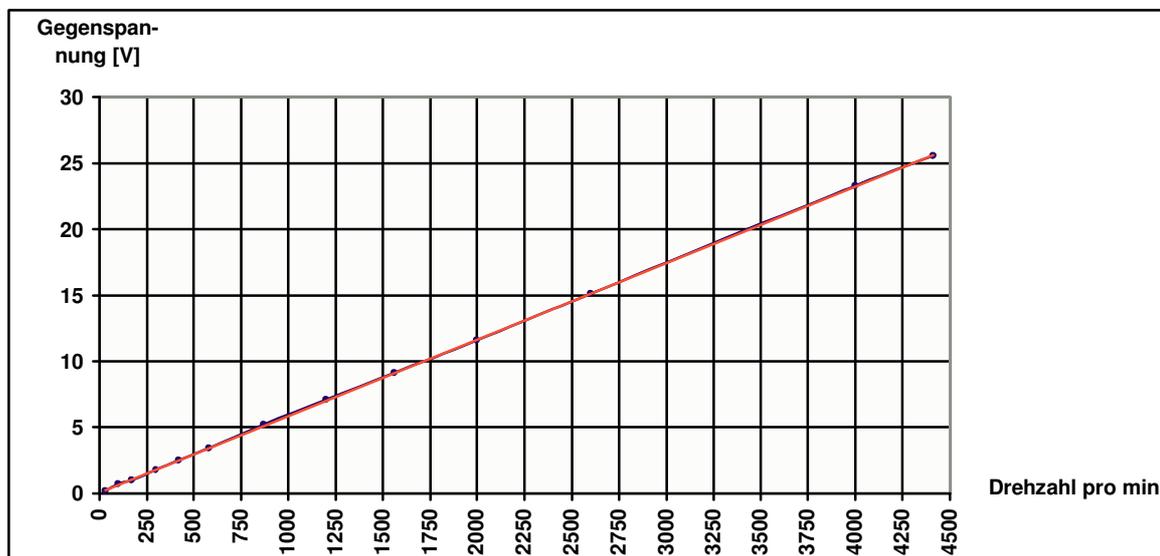


Abbildung 1.3

Was man in Abb. 1.3 erkennen kann ist, daß der Anstieg der Gegenspannung linear zum Anstieg der Drehzahl ist. Diesen Sachverhalt kann man aber schon aus der Abb. 1.2 ersehen, wenn man sich die Steigungen der beiden Kurven ab dem Beginn der Rotation des Motors anschaut.

4. Aufnahme der Lehrlaufkennlinie bei konstanter Ankerspannung

Für die Aufnahme der Kennlinie gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten. Einmal kann man damit anfangen die Ankerspannung konstant auf 16V zu bringen und langsam die Feldspannung zu erhöhen oder der Motor wird von vornherein auf eine Drehzahl gebracht und dann erst die Ankerspannung eingestellt, wobei hier die Messung von hohen Drehzahlen zu den Kleineren durchlaufen wird. Wir haben uns für die letztere Variante entschieden, da hier das Anlaufmoment keine Rolle für die Messung spielt. Die Meßergebnisse für diesen Versuch sind in der Tabelle 1.4 aufgezeichnet und der dazugehörige Graph in Abb. 1.4 abgetragen.

I Feld [A]	U Feld [V]	n pro min	I Feld [A]	U Feld [V]	n pro min
1,05	30,2	1900	0,70	18	2250
1,08	29	1930	0,68	17	2310
1,03	28	1950	0,65	16	2370
1,00	27	1970	0,61	15	2460
0,98	26	2000	0,58	14	2570
0,91	25	2010	0,55	13	2750
0,90	24	2040	0,50	12	2550
0,88	23	2060	0,48	11	3060
0,82	22	2090	0,45	10	3230
0,80	21	2120	0,32	9	3710
0,77	20	2150	0,29	8	4120
0,73	19	2190	0,23	7	4500

Tabelle 1.4

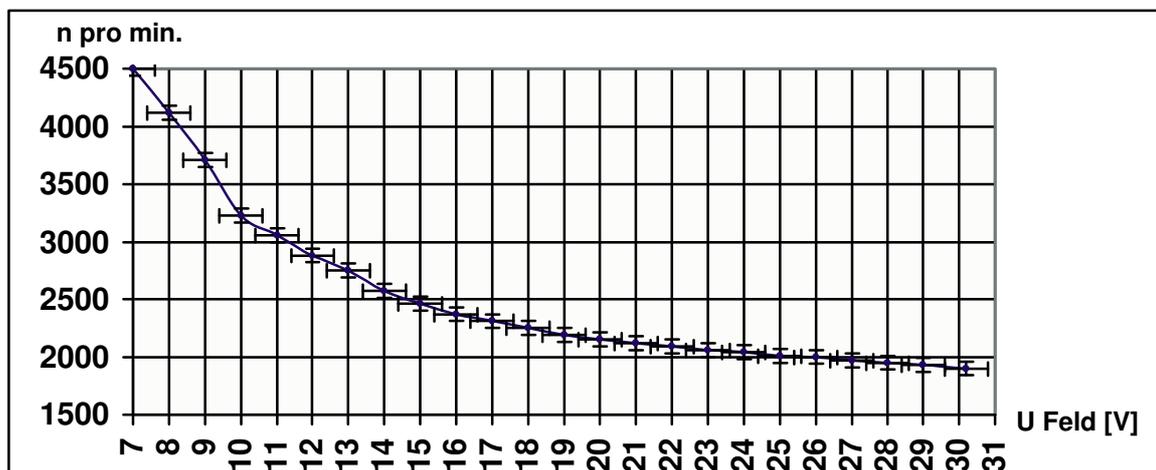


Abbildung 1.4

Aus der Abb. 1.4 ist zu sehen, daß bei fallender Feldspannung und konstanter Ankerspannung die Drehzahl steigt. Dieser Effekt ist damit zu erklären, daß die konstante Ankerspannung und die fallende Feldspannung dazu führen, daß der Ankerstrom immer weiter sinkt, da das B-Feld immer schwächer wird und somit auch weiter absinkt. Das führt dazu, daß die Drehzahl ansteigen kann.

5. Fehlerbetrachtung

Bei allen Abbildungen wurden die Fehler der Maßgeräte in die Graphik mit eingezeichnet. Davon ausgeschlossen ist die Abbildung 1.3, da dort eine lineare Regression vorgenommen wurde. Bei dem Fehler der Drehzahlen ist noch darauf hinzuweisen, daß der Fehler nicht genau angegeben werden kann, da der Fehler des Tachometers nicht bekannt ist.

Strommessung (MA1H):

- Relativer Fehler: 3% (im 5A-Bereich)
- Absoluter Fehler: 0,15A (=5A*0,03)

Spannungsmessung (M3610D)

- Relativer Fehler: 0.3% (im 20V und 200V Meßbereich)
- Absoluter Fehler im 20V-Bereich: 0,06V (=20V*0,003)
- Absoluter Fehler im 200V-Bereich: 0,6V (=200V*0,003)

Zu allen Graphen ist noch zu sagen, daß die Darstellung auch durch den Drucker und die verwendete Software verzerrt sein kann. Dieser Fehler wurde aber bewußt eingegangen, da dieser kleiner ist, als der zeichnerische Fehler auf einem Millimeterpapier.