

# **Laborbericht Versuch B3**

**Fremderregter Gleichstrommotor**

**Bearbeitet von:** Stefan Wilke

**Versuchsteilnehmer:** Stefan Wilke  
Oliver Röglin  
Bastian Kremer  
Nadine Leichsenring

## 1. Versuchsaufbau und Beschreibung:

In diesem Labor, soll ein Fremderregter Gleichstrommotor mit Nebenschlussverhalten untersucht werden. Es soll die Betriebskennlinie in verschiedenen Betriebszuständen aufgenommen werden.

Der Motor wird durch einen Gleichrichter mit Strom versorgt und ist mechanisch an einen Generator gekoppelt, der als Last fungiert. Zwischen Motor und Generator befindet sich eine Drehmomenten-Messwelle und ein Tachogebler um das Drehmoment bzw. Drehzahl zu messen. Die Schaltung zu diesem Versuch findet sich im Anhang wieder.

In der Schaltung befinden sich zwei Voltmeter zu Messung der Erreger- ( $V_E$ ) und Ankerspannung ( $V_A$ ) des Motors. Des Weiteren befinden sich vier Amperemeter zur Bestimmung des Anker- ( $I_A$ ), Erreger ( $I_E$ ), Ankergenerator- und Erregergeneratorstromes. Außerdem befinden sich in der Schaltung noch jeweils zwei Spulen zur Glättung der gleichgerichteten Spannung.

## 2. Versuchsdurchführung:

Bevor mit der Messreihe begonnen wird, werden zunächst die Kaltwiderstände der beiden Wicklungen des Motors gemessen. Ganz am Ende des Versuches werden die gleichen Widerstände gemessen. Durch die Differenz kann später der Temperaturanstieg des Motors berechnet werden. Zum Zeitpunkt der Messung betrug die Raumtemperatur  $21^\circ \text{C}$ .

$$R_{KA} = 0,86\Omega \quad R_{KE} = 239\Omega \quad \Delta R_A = 0,07\Omega$$

$$R_{WA} = 0,93\Omega \quad R_{WE} = 271\Omega \quad \Delta R_E = 32\Omega$$

Das Bemessungsdrehmoment des Motors errechnet sich wie folgt:

$$M_N = \frac{P_N}{\omega} \quad \text{mit } \omega = 2\pi n \quad M_N = \frac{3300\text{W} \cdot \text{min} \cdot 60\text{s}}{2 \cdot \pi \cdot 1500 \cdot 1 \text{min}} = 21\text{Nm}$$

Die Werte für die Bemessungsleistung bzw. –ströme und –spannungen werden dem Motorschild entnommen, welches sich im Anhang befindet.

Danach werden alle Bemessungsgrößen ( $I_{NA}$ ,  $n_N$ ,  $M_N$ ), um  $I_{NE}$  zu ermitteln, eingestellt.  $I_{NE}$  wird einfach abgelesen und beträgt  $0,57\text{A}$ .  $I_{NE}$  ist nun genau der Erregerstrom den der Motor benötigt um bei  $U_{NA}$  und  $I_{NA}$  die Motor-Neendrehzahl  $n_N$  ergibt.

Damit ergeben sich für den Bemessungsbetrieb folgende Daten:

$$\begin{array}{ll} M_N = 21\text{Nm} & U_{NA} = 220\text{V} \\ I_{EN} = 0,57\text{A} & U_{NE} = 146\text{V} \\ I_{AN} = 18\text{A} & n_N = 1500 \frac{1}{\text{min}} \\ I_{NB} = 15\text{A} & P_N = 3,3\text{kW} \\ I_{NEG} = 0,925\text{A} & \end{array}$$

### 2.1. Messung a)

In dieser Messung werden bei konstanter Anker-Bemessungsspannung und konstanter Bemessungserregung die Betriebskennlinien des Motors ermittelt. Dazu wird das Drehmoment von 25 Nm bis -10 Nm jeweils um 5 gedrosselt und alle relevanten Daten gemessen. Des Weiteren wird noch eine Messung bei Ankerspannung gleich Null durchgeführt.

Folgende Werte wurden abgelesen und berechnet:

M [Nm]	n [1/min]	I <sub>A</sub> [A]	I <sub>E</sub> [A]	U <sub>A</sub> [V]	U <sub>E</sub> [V]	I <sub>B</sub> [A]	I <sub>AG</sub> [A]	P <sub>1</sub> [W]	P <sub>2</sub> [W]	Wirk. [%]
25,0	1486	21,50	0,57	220	146,50	18,00	0,93	4813,5	3890,3	80,8
20,0	1513	17,00	0,57	220	147,10	14,00	0,93	3823,8	3168,8	82,9
15,0	1538	13,00	0,57	220	147,60	10,00	0,93	2944,1	2415,9	82,1
10,0	1570	9,00	0,57	220	148,30	6,50	0,93	2064,5	1644,1	79,6
5,0	1610	5,00	0,57	220	148,60	3,00	0,93	1184,7	843,0	71,2
0,0	1652	1,25	0,57	220	149,00	-0,50	0,93	359,9	0,0	0,0
-1,8	1672	0,00	0,57	220	149,30	-1,50	0,93	85,1	-315,2	27,0
-5,0	1706	-2,30	0,57	220	148,70	-4,00	0,93	-421,2	-893,3	47,2
-10,0	1761	-6,25	0,57	220	148,30	-7,50	0,93	-1290,5	-1844,1	70,0

### 2.2. Messung b)

Bei dieser Messung wird nun die Ankerspannung reduziert. Sie soll nun 70% von 220V betragen. Sonst erfolgt die Messung wie in a).

$$U_A = 0,7 \cdot U_{AN} = 154V$$

Folgende Werte wurden abgelesen und berechnet:

M [Nm]	n [1/min]	I <sub>A</sub> [A]	I <sub>E</sub> [A]	U <sub>A</sub> [V]	U <sub>E</sub> [V]	I <sub>B</sub> [A]	I <sub>AG</sub> [A]	P <sub>1</sub> [W]	P <sub>2</sub> [W]	Wirk. [%]
25,0	960	21,20	0,57	153,8	148,70	18,00	0,93	3345,3	2513,3	75,1
20,0	988	16,80	0,57	153,6	150,10	14,00	0,93	2666,0	2069,3	77,6
15,0	1033	12,70	0,57	153,7	148,00	10,00	0,93	2036,4	1622,6	79,7
10,0	1073	8,70	0,57	153,8	148,30	6,25	0,93	1422,6	1123,6	79,0
5,0	1113	4,75	0,57	153,9	148,50	3,00	0,93	815,7	582,8	71,4
0,0	1155	1,00	0,57	154,1	149,70	-0,50	0,93	239,4	0,0	0,0
-1,2	1167	0,00	0,57	154,3	149,60	-1,50	0,93	85,3	-146,6	58,1
-5,0	1205	-2,70	0,57	154,3	149,20	-4,00	0,93	-331,6	-630,9	52,6

### 2.3. Messung c)

Bei dieser Messung wird die Ankerspannung wieder auf Bemessungsankerspannung gebracht, dafür wird jedoch der Erregerstrom auf 85% reduziert. Sonst erfolgt die Messung wie in a).

$$I_E = 0,85 \cdot I_{EN} = 0,485A$$

Folgende Werte wurden abgelesen und berechnet:

M [Nm]	n [1/min]	I <sub>A</sub> [A]	I <sub>E</sub> [A]	U <sub>A</sub> [V]	U <sub>E</sub> [V]	I <sub>B</sub> [A]	I <sub>AG</sub> [A]	P <sub>1</sub> [W]	P <sub>2</sub> [W]	Wirk. [%]
25,0	1649	25,00	0,48	220,0	126,20	18,00	0,93	5560,6	4317,1	77,6
20,0	1684	19,60	0,48	220,0	126,60	14,00	0,93	4372,8	3527,0	80,7
15,0	1717	14,80	0,48	220,0	127,10	10,00	0,93	3317,0	2697,1	81,3
10,0	1758	10,30	0,48	220,0	128,00	6,50	0,93	2327,4	1841,0	79,1
5,0	1806	6,00	0,48	220,0	128,70	3,00	0,93	1381,8	945,6	68,4
0,0	1876	1,70	0,48	220,0	127,60	-0,50	0,93	435,2	0,0	0,0
-1,2	1907	0,00	0,48	220,0	127,60	-2,00	0,93	61,2	-239,6	25,6
-5,0	1947	-3,70	0,48	220,0	126,70	-4,00	0,93	-753,2	-1019,4	73,9

#### 2.4. Messung d)

Bei dieser Messung wird ein Vorwiderstand in den Ankerkreis geschaltet. Dabei ist R1 so einzustellen, dass bei Anker-Nennstrom  $n=0,8n_N$  ist.

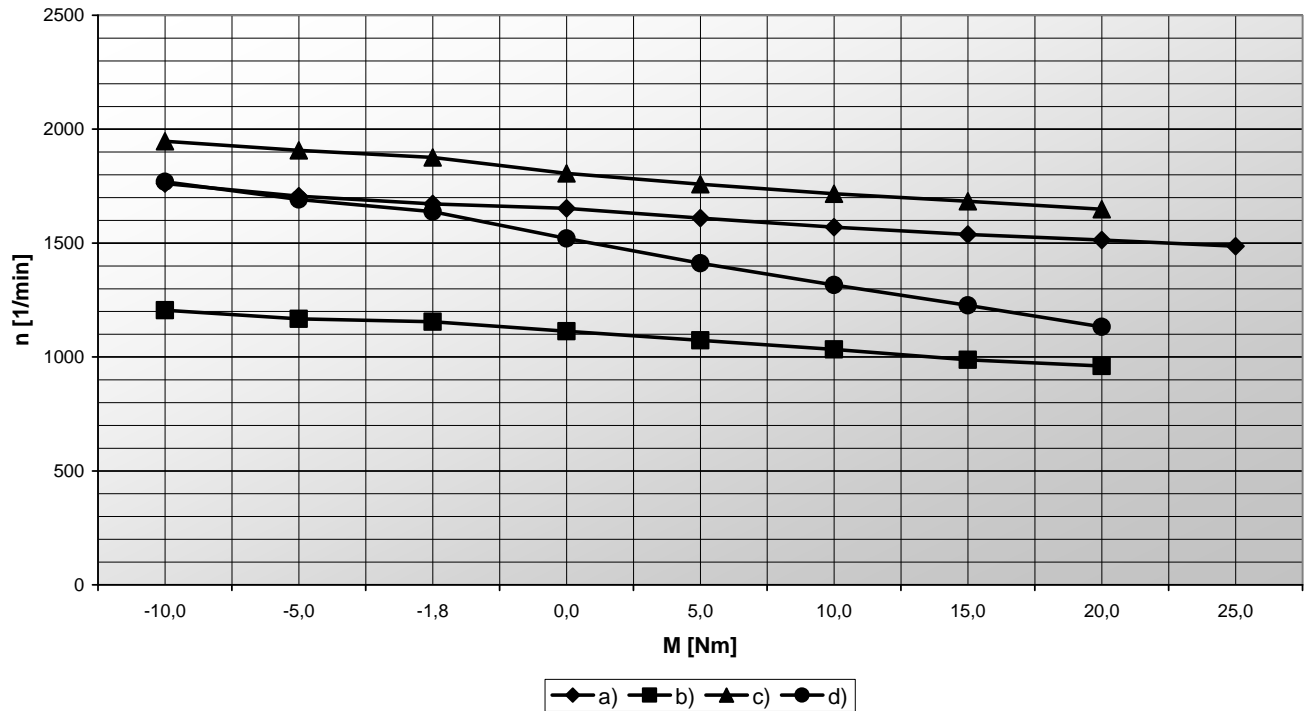
Folgende Werte wurden abgelesen und berechnet:

M [Nm]	n [1/min]	I <sub>A</sub> [A]	I <sub>E</sub> [A]	U <sub>A</sub> [V]	U <sub>E</sub> [V]	I <sub>B</sub> [A]	I <sub>AG</sub> [A]	P <sub>1</sub> [W]	P <sub>2</sub> [W]	Wirk. [%]
25,0	1132	21,60	0,57	220,0	150,30	18,20	0,93	4837,7	2963,6	61,3
20,0	1227	17,00	0,57	220,0	150,70	14,00	0,93	3825,9	2569,8	67,2
15,0	1316	13,00	0,57	220,0	151,70	10,20	0,93	2946,5	2067,2	70,2
10,0	1411	9,00	0,57	220,0	152,30	6,50	0,93	2066,8	1477,6	71,5
5,0	1520	5,20	0,57	220,0	151,70	3,00	0,93	1230,5	795,9	64,7
0,0	1638	1,40	0,57	220,0	151,90	-0,50	0,93	394,6	0,0	0,0
-1,2	1691	0,00	0,57	220,0	152,10	-2,00	0,93	86,7	-212,5	40,8
-5,0	1769	-2,40	0,57	220,0	151,70	-4,00	0,93	-441,5	-926,2	47,7

### 3. Versuchsauswertung:

Zunächst werden die oben bestimmten Messergebnisse graphisch dargestellt:

**M=f(n)**



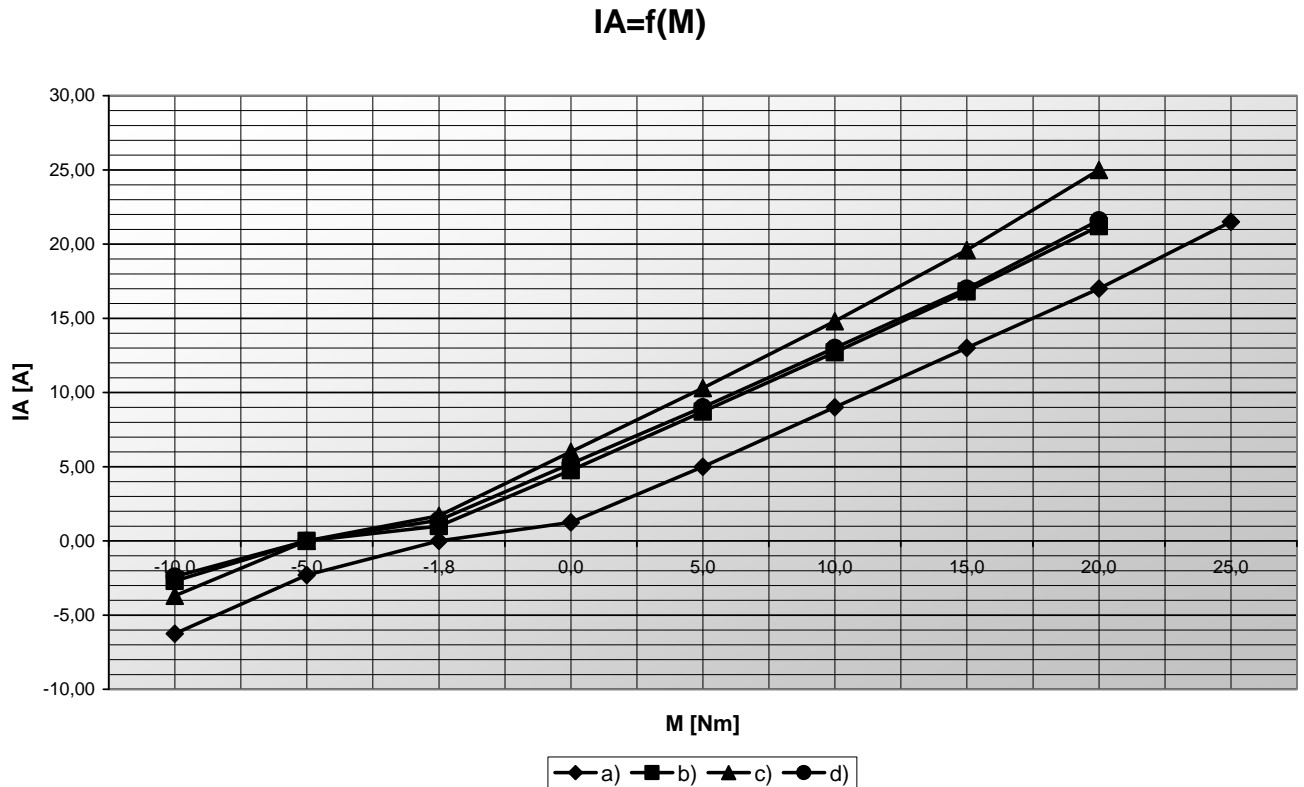
Wie man erkennen kann, nimmt die Drehzahl annähernd linear mit steigendem Moment ab. Die Varianten a), b), c) sind dabei nahezu parallel zu einander. Lediglich der Versuch d) mit dem Vorwiderstand hat eine andere (stärkere) Steigung. Dies lässt sich sehr schön auch an Hand der Grundgleichung für die Gleichstrommaschine zeigen:

$$\frac{n}{n_0} = \frac{U_A}{U_{AN}} \frac{\Phi_n}{\Phi} - \frac{R_{AN}}{U_{AN}} \left( \frac{\Phi_n}{\Phi} \right)^2 \frac{M}{M_n}$$

$$y = a - bx$$

Diese Gleichung ist lediglich noch auf die Bemessungsgrößen bezogen und hat den Charakter einer Gradengleichung. Dabei entspricht die Drehzahl y, der erste Term einer Konstante a, der zweite Term (ohne M) der Steigung b und M entspricht der Größe x.

In Versuch d) wurde  $R_A$ , was b entspricht, geändert und somit ändert sich die Steigung dieser Funktion. Bei den anderen Drei Versuchen wurden jeweils nur die Konstanten in a geändert und somit handelt es sich dabei nur um eine vertikale Parallelverschiebung.



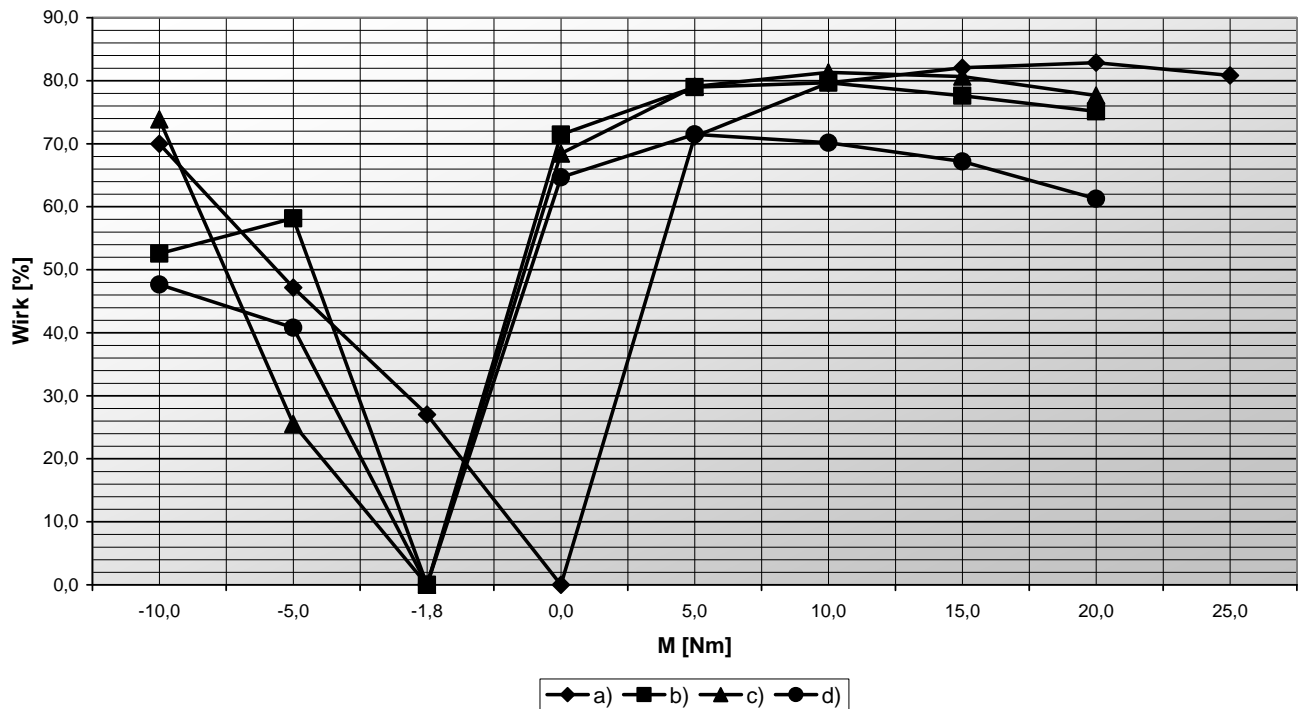
Wie man erkennen kann, steigt das Moment mit steigendem Strom linear an. Auch hierbei handelt es sich um eine Gradengleichung:

$$M = c \cdot \Phi \cdot I_A \text{ bzw. } I_A = \frac{M}{c \cdot \Phi}$$

Wir nun die Erregung vermindert, sinkt Omega und damit auch das Moment. Anders gesagt, bei gleich bleibendem Moment muss mehr Strom aufgewandt werden. Wird nun ein Vorwiderstand in den Ankerkreis geschaltet, ändert sich dadurch die Maschinenkonstante c und auch dort muss mehr Strom aufgewandt werden um das gleiche Moment wie in Versuch a) zu erreichen.

D.h. bei allen Maßnahmen die man trifft um die Drehzahl zu regulieren, muss man entweder ein sinkendes Moment, oder einen erhöhten Stromverbrauch im Vergleich zu Versuch a) in Kauf nehmen.

### Wirkungsgrad



Wie man erkennen kann wird der höchste Wirkungsgrad bei  $M=20\text{Nm}$  und Versuch a) erreicht. Bei dem Versuch mit dem Vorwiderstand erhält man den schlechtesten Wirkungsgrad, da hier viel Energie als Wärme in dem Widerstand verloren geht.

### Berechnung der Wicklungstemperaturen:

Es wurden vor und nach Versuchbeginn die Widerstände der Wicklungen gemessen:

$$R_{KA} = 0,86\Omega \quad R_{WA} = 0,93\Omega$$

$$R_{KE} = 239\Omega \quad R_{WE} = 271\Omega$$

Dabei entsprechen die Kaltwiderstände den bei  $20^\circ\text{C}$ . Nach folgender Gleichung kann dann die Temperatur bestimmt werden:

$$R_V = R_{20}[1 + \alpha_{20}(V - 20^\circ\text{C})] \quad \text{mit } \alpha_{20} = 0,0039 \frac{1}{\text{K}} \text{ für Cu}$$

$$v_A = \frac{R_{20}(20^\circ\text{C} \alpha_{20} - 1) + R_V}{R_{20} \alpha_{20}} = \frac{0,86(20^\circ\text{C} \cdot 0,0039 - 1) + 0,93}{0,86 \cdot 0,0039} \approx 41^\circ\text{C}$$

$$v_E = \frac{239(20^\circ\text{C} \cdot 0,0039 - 1) + 271}{239 \cdot 0,0039} \approx 54^\circ\text{C}$$