

# Praktikum: DC-Motor

Cyril Stoller, Marcel Bärtschi

13. November 2013

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Ziel</b>	<b>3</b>
<b>2. Einleitung</b>	<b>3</b>
2.1. Motivation . . . . .	3
2.2. Aufgabenstellung . . . . .	3
<b>3. Durchführung</b>	<b>3</b>
3.1. Aufgabe 1 . . . . .	3
3.2. Aufgabe 2 . . . . .	4
3.3. Aufgabe 4 . . . . .	5
3.3.1. Drehzahlmessung . . . . .	5
3.3.2. Resultate und Diskussion . . . . .	5
3.4. Aufgabe 5 . . . . .	5
3.4.1. Resultate und Diskussion . . . . .	6
3.5. Aufgabe 6 . . . . .	7
3.6. Aufgabe 7 . . . . .	7
3.6.1. Resultate und Diskussion . . . . .	8
3.7. Aufgabe 8 . . . . .	9
3.7.1. Resultate und Diskussion . . . . .	10
3.8. Aufgabe 9 . . . . .	10
3.9. Aufgabe 10 . . . . .	10
<b>4. Schlussfolgerung</b>	<b>11</b>
<b>5. Unterschriften</b>	<b>11</b>
<b>Anhang</b>	<b>12</b>
<b>A. Quellenverzeichnis</b>	<b>12</b>

<b>B. Messmittelliste</b>	<b>12</b>
<b>C. Matlab Code</b>	<b>12</b>
<b>D. Aufgabenstellung Praktikum</b>	<b>23</b>

## Abbildungsverzeichnis

1. Aufbau Modell . . . . .	3
2. Messschema für Aufgabe 4 . . . . .	4
3. Messschema für die Aufgaben 5, 7 und 8 . . . . .	4
4. Leistung und Drehmoment in Abhängigkeit von $I_A$ , $n = fix$ . . . . .	6
5. Drehzahl in Abhängigkeit von $M_{Welle}$ und $M_i$ . . . . .	8
6. Leistung und Drehmoment in Abhängigkeit des Ankerstromes . . . . .	9
7. Drehzahl in Abhängigkeit von $M_{Welle}$ und $M_i$ . . . . .	10

# 1. Ziel

Dieser Bericht beinhaltet genaue Angaben zur Durchführung und eine Diskussion des Versuches *Messversuch Gleichstrommaschine* im Mechatronik-Modul *BTE5360*.

## 2. Einleitung

### 2.1. Motivation

Die in der Vorlesung erlernte Theorie soll mit diesem Praktikum in der Praxis nachvollzogen und vertieft werden. Anhand von zwei mechanisch gekoppelten Motoren wird das grundlegende elektrotechnische Verhalten eines DC-Motors als Motor und als Generator nachgewiesen und die im Unterricht behandelten Formeln auf reale Messwerte angewendet.

### 2.2. Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist unter <http://moodle.bfh.ch/> oder in Anhang D zu finden.

## 3. Durchführung

Hier werden nun die einzelnen Aufgaben separat und mit jeweils eigener abschliessender Diskussion behandelt. Im Folgenden wird der linke Motor auf dem Messaufbau *Motor 1* und der rechte Motor *Motor 2* genannt.

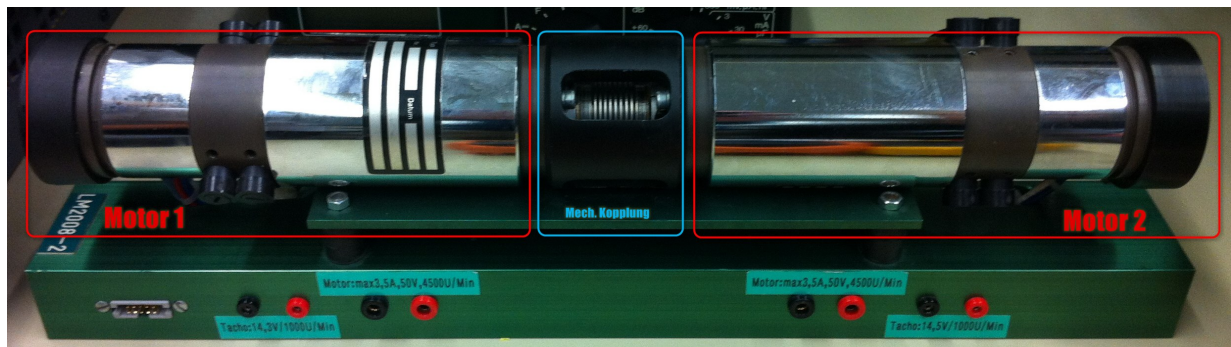


Abbildung 1: Aufbau Modell

### 3.1. Aufgabe 1

Das Schema für die Aufgabe 4 ist in Abbildung 2 zusehen, das Schema für die Aufgaben 5, 7 und 8 in Abbildung 3.

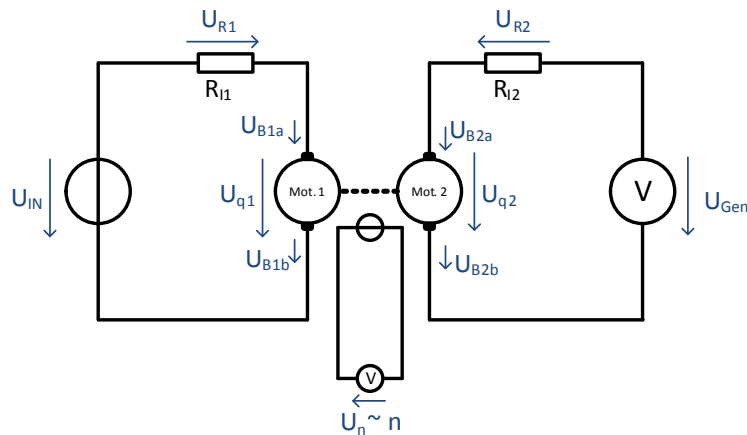


Abbildung 2: Messschema für Aufgabe 4

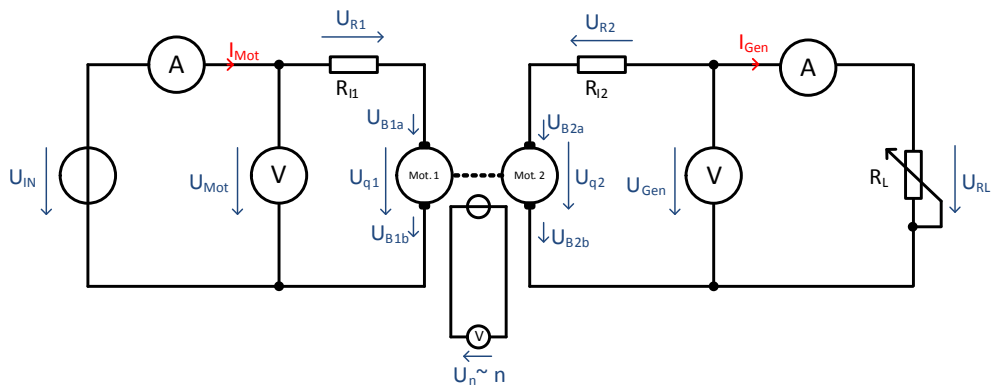


Abbildung 3: Messschema für die Aufgaben 5, 7 und 8

### 3.2. Aufgabe 2

Bei unterschiedlichen Rotorstellungen haben wir die Werte in Tabelle 1 gemessen.

	Widerstandsmessungen [ $\Omega$ ]				Mittelwert [ $\Omega$ ]
Motor 1	3.3	2.7	3.0	3.6	3.15
Motor 2	2.4	2.7	2.9	3.2	2.80

Tabelle 1: Gemessene Widerstandswerte

Den Rotor mussten wir in verschiedene Stellungen positionieren, weil teilweise gewisse Leiterschleifen kurzgeschlossen sind und teilweise nicht — So erhalten wir den ungefähren Mittelwert des Widerstandes. Die Messungen wurden jedoch alle mit stillstehendem Rotor gemacht, da ein drehender Rotor eine Spannung induzieren würde, welche dann auch am Multimeter anliegen würde. Dies hätte zur Folge, dass die Widerstandsmessung des Multimeters unbrauchbar würde.

Der Vergleich mit den berechneten Widerstandswerten von Aufgabe 5 (siehe Unterabschnitt 3.4) ist dort zu finden.

### 3.3. Aufgabe 4

Die Messung von  $c \cdot \Phi$  wird folgendermassen gemacht: Der eine Motor wird mit einer Spannung von 10V gespiesen und dadurch der Rotor des zweiten Motors in Drehung versetzt. Wird dieser zweite Motor nun nicht belastet (also ist dort  $I_A = 0A$ ), fällt keine Spannung über  $R_A$  ab und es entsteht auch keine Bürstenspannung. Deshalb kann beim zweiten Motor in diesem Fall beim Spannungsabgriff direkt  $U_q$  gemessen werden. In der Formel I wird daher um das  $c \cdot \Phi$  zu berechnen  $U_q = U_A$  bzw.  $U_2$  eingesetzt. Die Messung von  $U_2$  basiert auf dem Schema in Abbildung 2.

$$c \cdot \Phi = \frac{U_q}{n} \quad (I)$$

#### 3.3.1. Drehzahlmessung

Die Drehzahl wird immer als Spannung  $U_n$  mit folgender Proportion ausgegeben: 14.3V / 1000rpm. Die Drehfrequenz  $n$  wurde im ganzen Laborversuch nach Gleichung II aus dieser Spannung berechnet.

$$n = \frac{U_n}{14.3V} \cdot \frac{1000 \cdot 1/min}{60 \cdot s/min} \quad (II)$$

#### 3.3.2. Resultate und Diskussion

Die Messresultate sind in Tabelle 2 zu finden:

	Drehzahl [Hz]	$U_q$ [V]	Berechnetes $c \cdot \Phi$ [V · s]
Motor 1	15.30	13.13	0.5631
Motor 2	15.33	13.15	0.5631

Tabelle 2: Berechnetes  $c \cdot \Phi$

Wie man sieht, ist das resultierende  $c \cdot \Phi$  beider Motoren genau gleich. Die Genauigkeit der Übereinstimmung überrascht zwar etwas, aber es war zu erwarten, dass zwei identische Motoren identische mechanische Eigenschaften haben (welche ja durch  $c \cdot \Phi$  beschrieben werden).

### 3.4. Aufgabe 5

Diese Messung basiert auf dem Schema in Abbildung 3. Insgesamt wurden vier Messserien aufgenommen: Beide Motoren wurden bei je einer Drehzahl von 1800rpm und 900rpm

ausgemessen. Dabei wurde jeweils der eine Motor mit  $I_{Mot}$  gespeisen und der andere (so gesehen als Generator geschaltet) mit einem Lastwiderstand belastet und dessen  $I_{Gen}$  gemessen. Jede Messserie beinhaltet Datenpunkte von  $I_{Gen}$  von 0A bis hin zum maximal zulässigen Strom an  $I_{Mot}$  (bei unserem Modell:  $I_{max} = 3.5A$ ).

Es wurden jeweils mindestens fünf Datenpunkte aufgenommen und währenddessen die Drehzahl möglich konstant (auf 1800rpm bzw. 900rpm) gehalten.

### 3.4.1. Resultate und Diskussion

Die Resultate können in Abbildung 4 betrachtet werden.

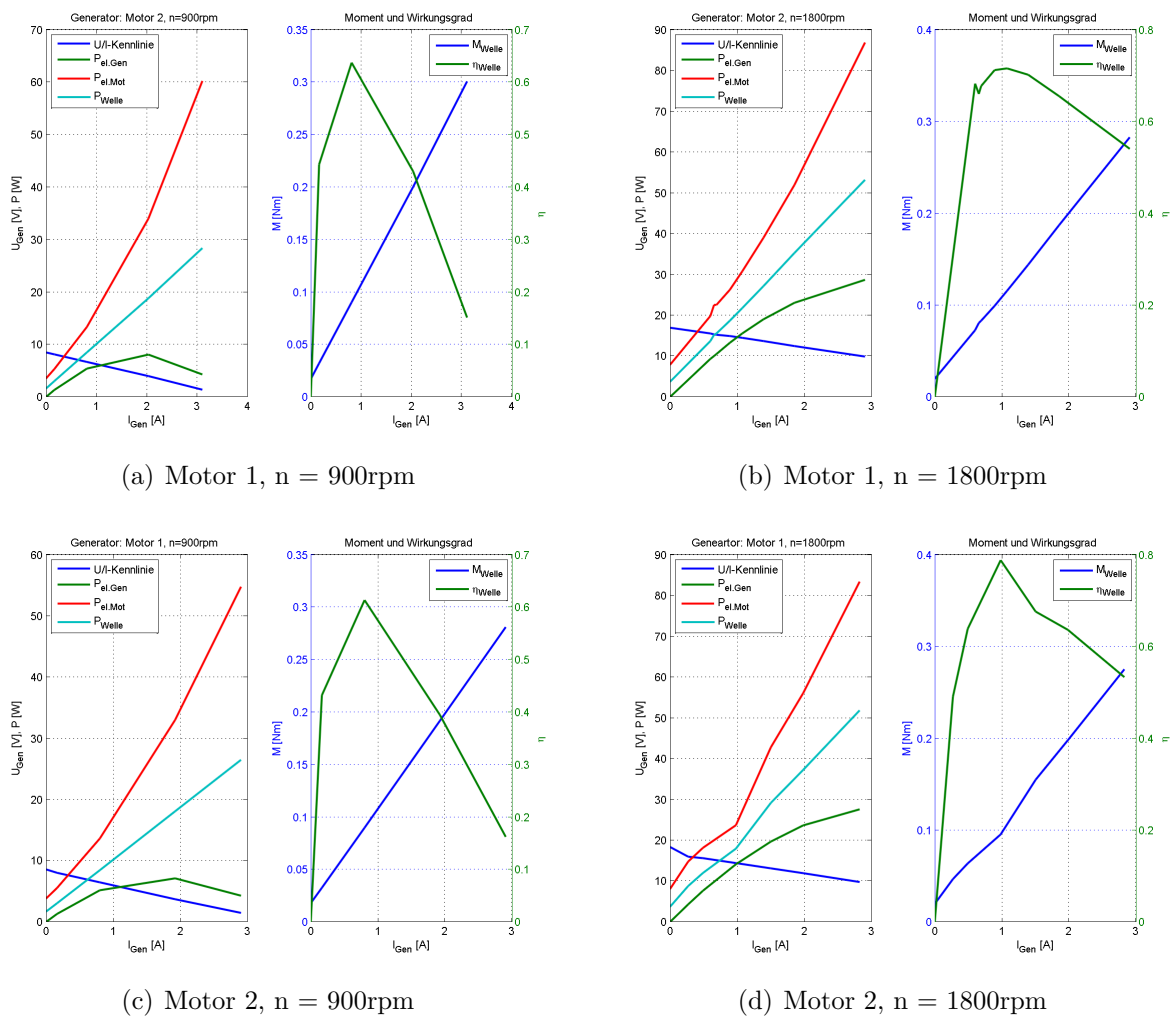


Abbildung 4: Leistung und Drehmoment in Abhängigkeit von  $I_A$ ,  $n = \text{fix}$

Die Kurvenformen gleichen sehr denen in Aufgabe 7 (siehe Unterabschnitt 3.6), nur das die Leistungsaufnahme etwas gekrümmt ist. Dafür ist die Gerade, welche die Wellenleistung

darstellt, linear. Dies, weil sie proportional zur Drehzahl auf der Welle ist. Der Wirkungsgrad wird auch hier von kleineren zu grösseren Leistungen (also von kleinerem zu grösserem Drehmoment), besser.

Im Quervergleich von Motor 1 zu Motor 2 muss natürlich bei gleicher Drehzahl die Wellenleistung bei beiden Motoren identisch sein. Dies bestätigt sich in den Grafiken. Jedoch ist, wie in der Diskussion von Abbildung 5 erwähnt wird, der Wirkungsgrad des zweiten Motors höher und dadurch die aufgenommene Leistung bei konstanter Drehzahl etwas kleiner.

### 3.5. Aufgabe 6

Für die Berechnung von  $n$  in Abhängigkeit des inneren Momentes  $M_i$  wurde Gleichung III verwendet:

$$n = \frac{U_A}{c \cdot \Phi} \mp \frac{2 \cdot \pi \cdot R_A}{(c \cdot \Phi)^2} \cdot M_i \mp \frac{2 \cdot U_B}{c \cdot \Phi} \quad (\text{III})$$

Da  $M_i$  nicht direkt bekannt ist, wurde Gleichung IV angewendet, um vom Strom  $I_{Gen}$  auf das innere Moment  $M_i$  zu kommen:

$$M_i = \frac{c}{2\pi} \cdot \Phi \cdot I_A \quad (\text{IV})$$

Jetzt kann auch die Gleichung III noch folgendermassen vereinfacht werden:

$$n = \frac{U_A \mp R_A \cdot I_A \mp 2 \cdot U_B}{c \cdot \Phi} \quad (\text{V})$$

Die Resultate dieser Berechnung sind in den Diagrammen von Aufgabe 7 (siehe Unterabschnitt 3.6) enthalten.

### 3.6. Aufgabe 7

Das Drehmoment  $M_{Welle}$  wurde nach Gleichung VI berechnet:

$$M_{Welle} = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{c_{Mot} \cdot \Phi_{Mot}}{2\pi} \cdot I_{AMot} + \frac{c_{Gen} \cdot \Phi_{Gen}}{2\pi} \cdot I_{AGen} \right) \quad (\text{VI})$$

Da aber laut Tabelle 2  $c_{Mot} \cdot \Phi_{Mot} = c_{Gen} \cdot \Phi_{Gen}$ , kann diese Gleichung noch vereinfacht werden:

$$M_{Welle} = \frac{c \cdot \Phi}{2\pi} \cdot \frac{I_{AMot} + I_{AGen}}{2} \quad (\text{VII})$$

Der Wirkungsgrad stellt jeweils das Verhältnis der Leistung beim als Generator geschalteten Motors zur Leistung der Welle dar. Die Formel dazu ist die Formel VIII:

$$\eta = \frac{P_{Gen}}{P_{Welle}} \quad (\text{VIII})$$

### 3.6.1. Resultate und Diskussion

Die Resultate können in Abbildung 5 und Abbildung 6 betrachtet werden.

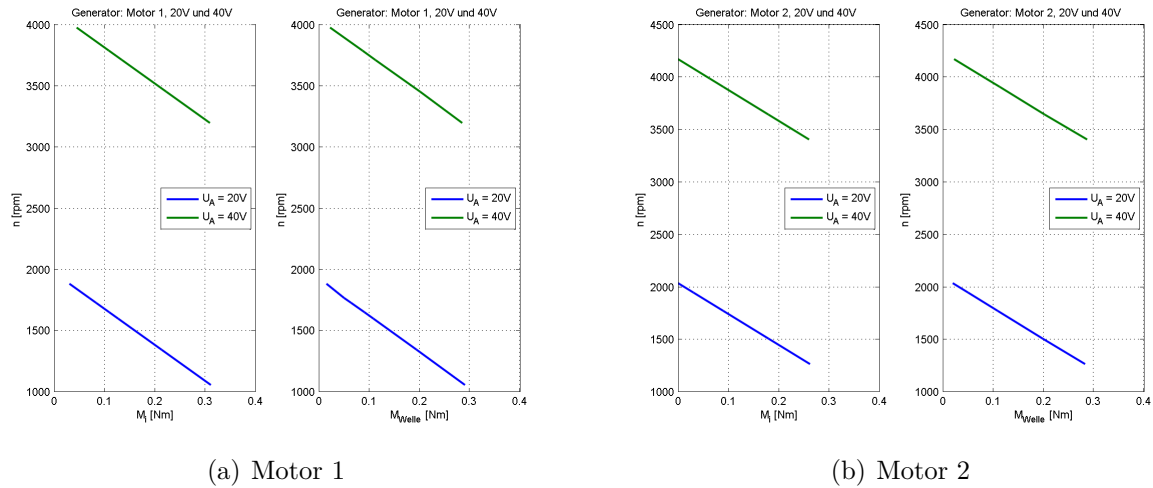


Abbildung 5: Drehzahl in Abhängigkeit von  $M_{Welle}$  und  $M_i$

Bei Abbildung 5 sieht man gut, dass eine doppelt so hohe Klemmenspannung zu einer ungefähr doppelt so hohen Drehzahl führt. Ausserdem ist ersichtlich, dass die Kurven bei Abhängigkeit von  $M_{Welle}$  sich nur durch eine Rechtsverschiebung von der Abhängigkeit von  $M_i$  unterscheiden.

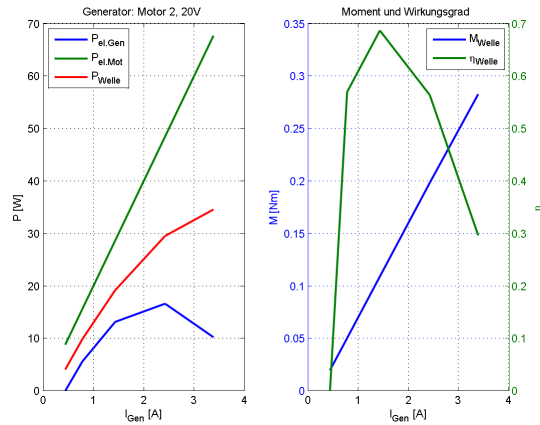
Beim Quervergleich zwischen beiden Motoren in Abbildung 5 fällt auf, dass der Motor 2 bei jeweils gleicher Klemmenspannung etwas schneller dreht. Wir führen das zurück auf den etwas tieferen Ankerwiderstand des zweiten Motors (siehe dazu Tabelle 1 und Tabelle 3).

Bei Abbildung 6 kann beobachtet werden, dass die elektrische Leistung des antreibenden Motors ( $P_{el.Mot}$ ) steigt steigt. Dies macht auch Sinn, da wir den Strom konstant erhöht haben. Die Induzierte Leistung auf dem als Generator geschalteten Motors bricht mit zunehmendem Strom (und somit natürlich auch zunehmender Drehzahl) ein. Bei der jeweils tieferen Spannung ( $U = 20V$ ) ist dies extrem sichtbar, da die Leistung sogar einen negativen Gradienten hat. Ausserdem ist bei der jeweils höheren Spannung ( $U = 40V$ ) der Wirkungsgrad tendenziell ebenfalls höher.

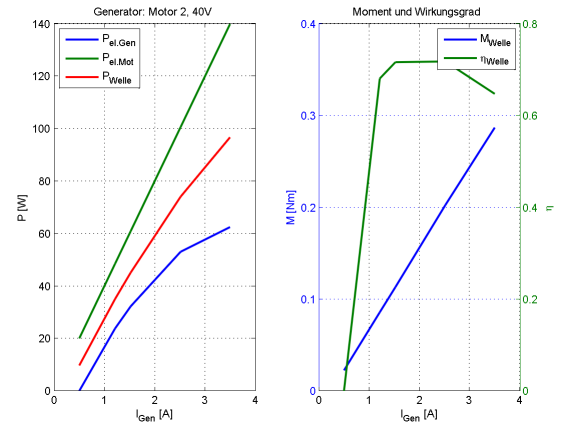
Der Quervergleich zwischen beiden Motoren in Abbildung 6 zeigt keine grossen Unterschiede auf. Es ist höchstens, wie bereits in der Diskussion von Abbildung 5 erwähnt, ersichtlich, dass der Wirkungsgrad von Motor 2 tendenziell höher ist. Wiederum mit der gleichen Begründung wie in Abbildung 5.

Auf den jeweils rechten Plots mit dem Wirkungsgrad und dem Drehmoment auf der Welle kann man einerseits gut erkennen, dass der Wirkungsgrad irgendwo zwischen  $I = 0A$  und  $I = I_{max}$  ein Optimum hat und dass  $M_{Welle}$  konstant steigt.

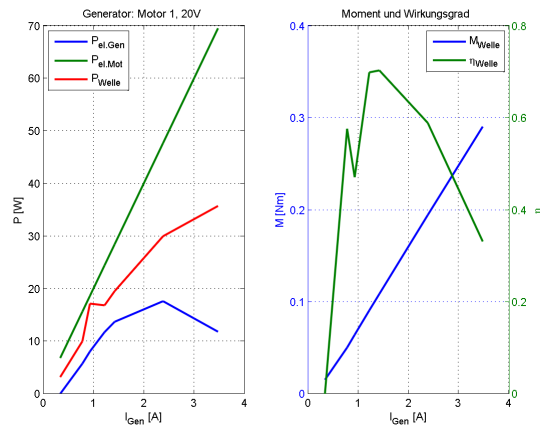




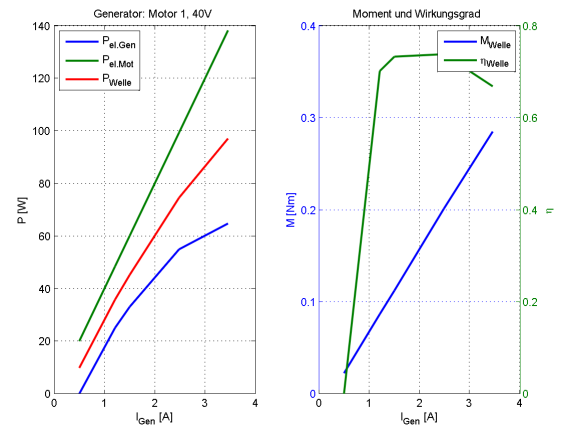
(a) Motor 1, U = 20V



(b) Motor 1, U = 40V



(c) Motor 2, U = 20V



(d) Motor 2, U = 40V

Abbildung 6: Leistung und Drehmoment in Abhängigkeit des Ankerstromes

### 3.7. Aufgabe 8

Hier wurde die Klemmenspannung fix auf 40V festgehalten. Die Leistung des Motors wurde dann mit Formel IX berechnet:

$$P_{Mot} = I_{Mot} \cdot (40V - U_R) \quad (IX)$$

Dies aus dem Grund, dass ja die Klemmenspannung von 40V ebenfalls noch über einem Vorwiderstand von 10Ω anliegt.

Der Wirkungsgrad und das Drehmoment wurden jeweils gleich wie in Aufgabe 7 (siehe Unterabschnitt 3.6) berechnet.

### 3.7.1. Resultate und Diskussion

Die Resultate können in Abbildung 7 betrachtet werden.

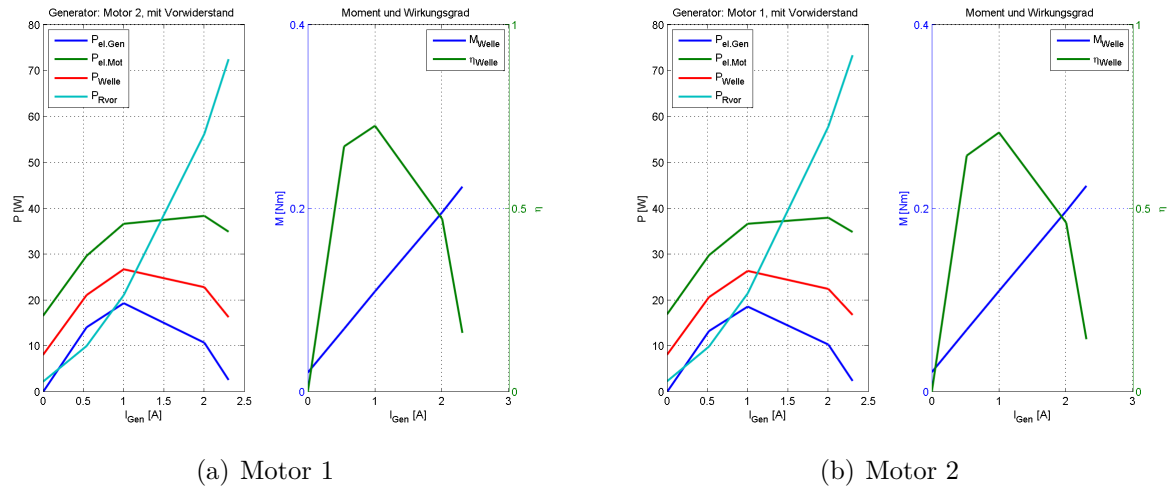


Abbildung 7: Drehzahl in Abhängigkeit von  $M_{Welle}$  und  $M_i$

Bei Abbildung 7 sieht man nun, dass die Leistung mit zunehmendem Strom fast nur noch am  $10\Omega$ -Widerstand verbraucht wird. Dessen Leistung steigt übrigens quadratisch. Das Verhalten von Wirkungsgrad und Drehmoment gleicht sehr dem von Aufgabe 7 (siehe Abbildung 6).

### 3.8. Aufgabe 9

Die Formel für die Berechnung der Summe der Eisen- und mechanischen ist Formel X:

$$P_{Eisen+mechanisch} = (1 - \eta) \cdot P_{el.Mot} \quad (X)$$

Das  $\eta$  wurde hier bei dem Betriebspunkt von Aufgabe 7 (Unterabschnitt 3.6) bei 40V und dem grössten Strom  $I_A$  verwendet. Die Berechnung hat eine Verlustleistung von 45.93W ergeben. Dies erscheint uns adäquat.

### 3.9. Aufgabe 10

Bei unterschiedlichen Rotorstellungen und warmen Motoren haben wir die Werte in Tabelle 3 gemessen:

Den Rotor mussten wir in verschiedene Stellungen positionieren, weil teilweise gewisse Leiterschleifen kurzgeschlossen sind und teilweise nicht — So erhalten wir den ungefähren Mittelwert des Widerstandes. Verglichen mit den anfangs gemessenen Widerständen im kalten Motorenzustand (siehe Tabelle 1) sind diese Werte zwischen 15% und 20% kleiner

	Widerstandsmessungen [ $\Omega$ ]				Mittelwert [ $\Omega$ ]
Motor 1	2.6	2.4	2.4	2.5	2.48
Motor 2	2.3	2.2	2.5	2.4	2.35

Tabelle 3: Gemessene Widerstandswerte

geworden. Dies kann man durch die „Selbstsäuberung“ der Bürsten und des Kollektors von Schmutz und eventueller Oxidation begründen.

## 4. Schlussfolgerung

Im Praktikum hatten wir relativ wenig Zeit für die Messungen, weshalb wir jeweils nur fünf Messpunkte gemessen haben. Dies erschwerte im nachfolgenden das Beurteilen der grafischen Kurven.

## 5. Unterschriften

---

Datum und Unterschrift

MARCEL BÄRTSCHI

---

Datum und Unterschrift

CYRIL STOLLER

## **A. Quellenverzeichnis**

## **B. Messmittelliste**

- Multimeter: 2x TENMA 72-7755
- Multimeter: RO-334
- Multimeter: Siemens Multizet (MM 602-1)
- Speisegerät: Kepco (MN 605-5)
- Speisegerät: Delta SM 7020-D (MN 604-1)
- Motor: LM2008-2
- Lastwiderstand  $18\Omega$
- Lastwiderstand  $46\Omega$

## **C. Matlab Code**

```
% Laborversuch Mechatronik
% Motor Ausmessen
```

```
clear all; close all
```

```
v2hz = @(v) v/14.3*1000/60;
v2rpm = @(v) v/14.3*1000;
rpm2v = @(rpm) rpm/1000*14.3;
hz2rpm = @(hz) hz*60;
```

```
%% Aufgabe 2
% Widerstand variiert je nach Rotorstellung:
r1 = mean([3.3 2.7 3.0 3.6]);
r2 = mean([2.4 2.7 2.9 3.2]);
```

```
% Herauslesen der warmen Widerstände nach Aufgabe 10:
r1_warm = mean([2.6 2.4 2.4 2.5]);
r2_warm = mean([2.3 2.2 2.5 2.4]);
```

```
% für die Berechnung der Widerstände im drehenden Zustand mit POLYFIT siehe
% Aufgabe 5!!!
```

```
%% Aufgabe 4
%  $U_q = c \cdot \phi \cdot n$  -->  $c \cdot \phi = U_q / n$ 
% Speisespannung: je 10V
```

```
Uq1 = 8.61;
Uq2 = 8.63;
n1 = v2hz(13.13);
n2 = v2hz(13.15);
```

```
% Resultat:
c_phi1 = Uq2/n2;
c_phi2 = Uq2/n2;
```

```
%% Aufgabe 5
% Soll Umdrehungen: 1800rpm und 900rpm
Un_soll_900 = rpm2v(900);
Un_soll_1800 = rpm2v(1800);
```

```
%% Werte aus Excel einlesen
Motor2_1800rpm = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle1', 'B3:F11');
Motor2_900rpm = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle1', 'B13:F18');
Motor1_1800rpm = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle1', 'B25:F31');
Motor1_900rpm = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle1', 'B34:F38');
```

```
%% Berechnungen Aufgabe 5
```

```
% Generator: Motor 2 1800rpm
P_Motor2_1800rpm = polyfit(Motor2_1800rpm(3:end,4), Motor2_1800rpm(3:end,5), 1);
r2_1800rpm = -P_Motor2_1800rpm(1);
ub_r2_1800rpm = (Motor2_1800rpm(1,3) - P_Motor2_1800rpm(2))/2;

PelGen_1800M2G = Motor2_1800rpm(:,4).*Motor2_1800rpm(:,5);
PelMot_1800M2G = Motor2_1800rpm(:,2).*Motor2_1800rpm(:,3);
Mwelle_1800M2G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor2_1800rpm(:,2)+Motor2_1800rpm(:,4));
Pwelle_1800M2G = 2*pi*Mwelle_1800M2G.*v2hz(Motor2_1800rpm(:,1));
etaGen_1800M2G = PelGen_1800M2G./Pwelle_1800M2G;
```

```
% Generator: Motor 2 900rpm
P_Motor2_900rpm = polyfit(Motor2_900rpm(3:end,4), Motor2_900rpm(3:end,5), 1);
r2_900rpm = -P_Motor2_900rpm(1);
ub_r2_900rpm = (Motor2_900rpm(1,3) - P_Motor2_900rpm(2))/2;
```

```

PelGen_900M2G = Motor2_900rpm(:,4).*Motor2_900rpm(:,5);
PelMot_900M2G = Motor2_900rpm(:,2).*Motor2_900rpm(:,3);
Mwelle_900M2G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor2_900rpm(:,2)+Motor2_900rpm(:,4));
Pwelle_900M2G = 2*pi*Mwelle_900M2G.*v2hz(Motor2_900rpm(:,1));
etaGen_900M2G = PelGen_900M2G./Pwelle_900M2G;
% Generator: Motor 1 1800rpm

P_Motor1_1800rpm = polyfit(Motor1_1800rpm(3:end,2), Motor1_1800rpm(3:end,3), 1);
r1_1800rpm = -P_Motor1_1800rpm(1);
ub_r1_1800rpm = (Motor1_1800rpm(1,3) - P_Motor1_1800rpm(2))/2;

% PelGen_1800rpmM1 = Motor1_1800rpm(:,2).*Motor1_1800rpm(:,3);
PelGen_1800M1G = Motor1_1800rpm(:,2).*Motor1_1800rpm(:,3);
PelMot_1800M1G = Motor1_1800rpm(:,4).*Motor1_1800rpm(:,5);
Mwelle_1800M1G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor1_1800rpm(:,4)+Motor1_1800rpm(:,2));
Pwelle_1800M1G = 2*pi*Mwelle_1800M1G.*v2hz(Motor1_1800rpm(:,1));
etaGen_1800M1G = PelGen_1800M1G./Pwelle_1800M1G;

% Generator: Motor 1 900rpm

P_Motor1_900rpm = polyfit(Motor1_900rpm(3:end,2), Motor1_900rpm(3:end,3), 1);
r1_900rpm = -P_Motor1_900rpm(1);
ub_r1_900rpm = (Motor1_900rpm(1,3) - P_Motor1_900rpm(2))/2;

% PelGen_900rpmM1 = Motor1_900rpm(:,4).*Motor1_900rpm(:,5);
PelGen_900M1G = Motor1_900rpm(:,2).*Motor1_900rpm(:,3);
PelMot_900M1G = Motor1_900rpm(:,4).*Motor1_900rpm(:,5);
Mwelle_900M1G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor1_900rpm(:,4)+Motor1_900rpm(:,2));
Pwelle_900M1G = 2*pi*Mwelle_900M1G.*v2hz(Motor1_900rpm(:,1));
etaGen_900M1G = PelGen_900M1G./Pwelle_900M1G;

%% Aufgabe 6
% --> kommt nach aufgabe 7!!!

%% Aufgabe 7 (Einlesen)
% Soll Speisespannungen: 20V und 40V
Motor1_20V = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle2', 'B3:F9');
Motor1_40V = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle2', 'B12:F16');
Motor2_20V = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle2', 'B23:F27');
Motor2_40V = xlsread('Messresultate.xlsx', 'Tabelle2', 'B30:F34');

%% Aufgabe 6
% Berechnung der theoretischen Drehzahl
nMi_20V_M1G = 1/c_phi1*(20-r1_warm*Motor1_20V(:,2) - 2*ub_r1_1800rpm);
nMi_20V_M2G = 1/c_phi1*(20-r1_warm*Motor2_20V(:,2) - 2*ub_r2_1800rpm);
nMi_40V_M1G = 1/c_phi1*(40-r1_warm*Motor1_40V(:,2) - 2*ub_r1_1800rpm);
nMi_40V_M2G = 1/c_phi1*(40-r1_warm*Motor2_40V(:,2) - 2*ub_r2_1800rpm);

Mi_20V_M1G = c_phi1/(2*pi)*Motor1_20V(:,2);
Mi_20V_M2G = c_phi1/(2*pi)*Motor2_20V(:,2);
Mi_40V_M1G = c_phi1/(2*pi)*Motor1_40V(:,2);
Mi_40V_M2G = c_phi1/(2*pi)*Motor2_40V(:,2);

%% Aufgabe 7
% Berechnung Aufgabe 7
% Motor 1 Generator, U = 20V
%nMwelle_20V_M1G = v2rpm(Motor1_20V(:,1));
PelMot_20V_M1G = Motor1_20V(:,2).*Motor1_20V(:,3);
PelGen_20V_M1G = Motor1_20V(:,4).*Motor1_20V(:,5);
Mwelle_20V_M1G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor1_20V(:,4)+Motor1_20V(:,2));
Pwelle_20V_M1G = 2*pi*Mwelle_20V_M1G.*v2hz(Motor1_20V(:,1));
etaGen_20V_M1G = PelGen_20V_M1G./Pwelle_20V_M1G;

```

```
% Motor 1 Generator, U = 40V
% nMwelle_40V_M1G = v2rpm(Motor1_40V(:,1));
PelMot_40V_M1G = Motor1_40V(:,2).*Motor1_40V(:,3);
PelGen_40V_M1G = Motor1_40V(:,4).*Motor1_40V(:,5);
Mwelle_40V_M1G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor1_40V(:,4)+Motor1_40V(:,2));
Pwelle_40V_M1G = 2*pi*Mwelle_40V_M1G.*v2hz(Motor1_40V(:,1));
etaGen_40V_M1G = PelGen_40V_M1G./Pwelle_40V_M1G;

% Motor 2 Generator, U = 20V
% nMwelle_20V_M2G = v2rpm(Motor2_20V(:,1));
PelMot_20V_M2G = Motor2_20V(:,4).*Motor2_20V(:,5);
PelGen_20V_M2G = Motor2_20V(:,2).*Motor2_20V(:,3);
Mwelle_20V_M2G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor2_20V(:,2)+Motor2_20V(:,4));
Pwelle_20V_M2G = 2*pi*Mwelle_20V_M2G.*v2hz(Motor2_20V(:,1));
etaGen_20V_M2G = PelGen_20V_M2G./Pwelle_20V_M2G;

% Motor 2 Generator, U = 40V
% nMwelle_40V_M2G = v2rpm(Motor2_40V(:,1));
PelMot_40V_M2G = Motor2_40V(:,4).*Motor2_40V(:,5);
PelGen_40V_M2G = Motor2_40V(:,2).*Motor2_40V(:,3);
Mwelle_40V_M2G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor2_40V(:,2)+Motor2_40V(:,4));
Pwelle_40V_M2G = 2*pi*Mwelle_40V_M2G.*v2hz(Motor2_40V(:,1));
etaGen_40V_M2G = PelGen_40V_M2G./Pwelle_40V_M2G;

%% Aufgabe 8
% Soll Speisespannung: 40V (mit Vorwiderstand)
Motor1_10Ohm= xlsread('Messresultate.xlsx','Tabelle3','B3:F8');
Motor2_10Ohm = xlsread('Messresultate.xlsx','Tabelle3','B16:F20');

% Motor 1 Generator, Rv = 100hm
% nMwelle_100hm_M1G = v2rpm(Motor1_100hm(:,1));
PelMot_100hm_M1G = Motor1_100hm(:,2).*(40-Motor1_100hm(:,3));
PelGen_100hm_M1G = Motor1_100hm(:,4).*Motor1_100hm(:,5);
PelRes_100hm_M1G = Motor1_100hm(:,2).*Motor1_100hm(:,3);
Mwelle_100hm_M1G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor1_100hm(:,4)+Motor1_100hm(:,2));
Pwelle_100hm_M1G = 2*pi*Mwelle_100hm_M1G.*v2hz(Motor1_100hm(:,1));
etaGen_100hm_M1G = PelGen_100hm_M1G./Pwelle_100hm_M1G;

% Motor 2 Generator, Rv = 100hm
% nMwelle_100hm_M2G = v2rpm(Motor2_100hm(:,1));
PelMot_100hm_M2G = Motor2_100hm(:,4).*(40-Motor2_100hm(:,5));
PelGen_100hm_M2G = Motor2_100hm(:,2).*Motor2_100hm(:,3);
PelRes_100hm_M2G = Motor2_100hm(:,4).*Motor2_100hm(:,5);
Mwelle_100hm_M2G = 0.5*c_phi1/(2*pi)*(Motor2_100hm(:,2)+Motor2_100hm(:,4));
Pwelle_100hm_M2G = 2*pi*Mwelle_100hm_M2G.*v2hz(Motor2_100hm(:,1));
etaGen_100hm_M2G = PelGen_100hm_M2G./Pwelle_100hm_M2G;

%% Aufgabe 9

%% Aufgabe 10
% siehe Aufgabe 2!!

%% Anzeigen der Ergebnisse
disp(
disp('
disp('
disp('
disp('
disp('
disp('
disp('
disp('
disp('
```

```

disp('')

% Anzeigen der Ankerwiderstände
disp('Messung Ankerwiderstand (kalt)')
disp(['R_1 = ' num2str(r1) ' Ohm'])
disp(['R_2 = ' num2str(r2) ' Ohm'])

disp('Messung Ankerwiderstand (warm)')
disp(['R_1 = ' num2str(r1_warm) ' Ohm'])
disp(['R_2 = ' num2str(r2_warm) ' Ohm'])

disp('Berechnung Ankerwiderstand aus Kennlinie')
disp('bei n = 900rpm          bei n = 1800rpm')
disp(['R_1 = ' num2str(r1_900rpm) ' Ohm' '          R_1 = ' num2str(r1_1800rpm) ' Ohm'])
disp(['R_2 = ' num2str(r2_900rpm) ' Ohm' '          R_2 = ' num2str(r2_1800rpm) ' Ohm'])

% Anzeigen der c_Phi
disp('Berechnung c * Phi')
disp(['c_Phi 1 = ' num2str(c_phi1) ' V/s'])
disp(['c_Phi 2 = ' num2str(c_phi2) ' V/s'])

%% Darstellen Aufgabe 5 --> schönere Darstellung mit f=figure; set(f, 'Units', 'normalized',
'Position', [0.2, 0.1, 0.7, 0.5]);
figure
subplot(1,2,1)

plot(Motor2_1800rpm(:,4), Motor2_1800rpm(:,5), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 2, n=1800rpm')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('U_{Gen} [V], P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Generator
plot(Motor2_1800rpm(:,4), PelGen_1800M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pelektrisch Motor
plot(Motor2_1800rpm(:,4), PelMot_1800M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor2_1800rpm(:,4), Pwelle_1800M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('U/I-Kennlinie', 'P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor2_1800rpm(:,4), Mwelle_1800M2G, Motor2_1800rpm(:,4), etaGen_1800M2G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1, 'LineSmoothing', 'on', 'LineWidth', 2);
set(h2, 'LineSmoothing', 'on', 'LineWidth', 2);
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2), 'Ylabel'), 'String', '\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe5-motor1-1800rpm.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 2 900rpm
figure
subplot(1,2,1)

plot(Motor2_900rpm(:,4), Motor2_900rpm(:,5), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 2, n=900rpm')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('U_{Gen} [V], P [W]')

```



```

hold all
grid on
% Pelektrisch Generator
plot(Motor2_900rpm(:,4),PelGen_900M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pelektrisch Motor
plot(Motor2_900rpm(:,4),PelMot_900M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor2_900rpm(:,4),Pwelle_900M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('U/I-Kennlinie', 'P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)

% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor2_900rpm(:,4),Mwelle_900M2G, Motor2_900rpm(:,4),etaGen_900M2G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1, 'LineSmoothing', 'on', 'LineWidth', 2);
set(h2, 'LineSmoothing', 'on', 'LineWidth', 2);
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2), 'Ylabel'), 'String', '\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe5-motor1-900rpm.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 1 1800rpm
figure
subplot(1,2,1)

plot(Motor1_1800rpm(:,2), Motor1_1800rpm(:,3), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Geneartor: Motor 1, n=1800rpm')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('U_{Gen} [V], P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Generator
plot(Motor1_1800rpm(:,2),PelGen_1800M1G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pelektrisch Motor
plot(Motor1_1800rpm(:,2),PelMot_1800M1G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor1_1800rpm(:,2),Pwelle_1800M1G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('U/I-Kennlinie', 'P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor1_1800rpm(:,2),Mwelle_1800M1G, Motor1_1800rpm(:,2),etaGen_1800M1G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on');
set(h2, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2), 'Ylabel'), 'String', '\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe5-motor2-1800rpm.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 1 900rpm
figure
subplot(1,2,1)

```

```

plot(Motor1_900rpm(:,2), Motor1_900rpm(:,3), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 1, n=900rpm')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('U_{Gen} [V], P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Generator
plot(Motor1_900rpm(:,2), PelGen_900M1G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pelektrisch Motor
plot(Motor1_900rpm(:,2), PelMot_900M1G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor1_900rpm(:,2), Pwelle_900M1G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('U/I-Kennlinie', 'P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor1_900rpm(:,2), Mwelle_900M1G, Motor1_900rpm(:,2), etaGen_900M1G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on');
set(h2, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2), 'Ylabel'), 'String', '\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe5-motor2-900rpm.png'];
print('-dpng', filename);

%% Darstellung Aufgabe 6 und Aufgabe 7 (Drehzahlen)
% Motor 1 als Generator 20V und 40V
figure

subplot(1,2,1)
% Drehzahl in Abhängigkeit von Mi (Aufgabe 6)
plot(Mi_20V_M1G, hz2rpm(nMi_20V_M1G), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 1, 20V und 40V')
xlabel('M_{i} [Nm]')
ylabel('n [rpm]')
hold all
plot(Mi_40V_M1G, hz2rpm(nMi_40V_M1G), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('U_{A} = 20V', 'U_{A} = 40V', 'Location', 'East')
grid on

subplot(1,2,2)
% Drehzahl in Abhängigkeit von Mwelle (Aufgabe 7)
plot(Mwelle_20V_M1G, hz2rpm(nMi_20V_M1G), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 1, 20V und 40V')
xlabel('M_{Welle} [Nm]')
ylabel('n [rpm]')
hold all
plot(Mwelle_40V_M1G, hz2rpm(nMi_40V_M1G), 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('U_{A} = 20V', 'U_{A} = 40V', 'Location', 'East')
grid on

filename = ['plots/aufgabe6-motor1.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 1 als Generator 20V und 40V
figure

subplot(1,2,1)
% Drehzahl in Abhängigkeit von Mi (Aufgabe 6)

```

```

plot(Mi_20V_M2G,hz2rpm(nMi_20V_M2G), 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 2, 20V und 40V')
xlabel('M_{i} [Nm]')
ylabel('n [rpm]')
hold all
plot(Mi_40V_M2G,hz2rpm(nMi_40V_M2G), 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
legend('U_{A} = 20V', 'U_{A} = 40V', 'Location', 'East')
grid on

subplot(1,2,2)
% Drehzahl in Abhängigkeit von MWelle (Aufgabe 7)
plot(Mwelle_20V_M2G,hz2rpm(nMi_20V_M2G), 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 2, 20V und 40V')
xlabel('M_{Welle} [Nm]')
ylabel('n [rpm]')
hold all
plot(Mwelle_40V_M2G,hz2rpm(nMi_40V_M2G), 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
legend('U_{A} = 20V', 'U_{A} = 40V', 'Location', 'East')
grid on

filename = ['plots/aufgabe6-motor2.png'];
print('-dpng', filename);

%% Darstellung Aufgabe 7
% Motor 1 als Generator 20V
figure
subplot(1,2,1)

% Pelektrisch Generator
plot(Motor1_20V(:,2),PelGen_20V_M1G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 1, 20V')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Motor
plot(Motor1_20V(:,2),PelMot_20V_M1G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor1_20V(:,2),Pwelle_20V_M1G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
legend('P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor1_20V(:,2),Mwelle_20V_M1G, Motor1_20V(:,2),etaGen_20V_M1G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
set(h2,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe7-motor2-20V.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 1 als Generator 40V
figure
subplot(1,2,1)

% Pelektrisch Generator
plot(Motor1_40V(:,2),PelGen_40V_M1G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 1, 40V')

```

```

xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Motor
plot(Motor1_40V(:,2),Pe1Mot_40V_M1G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor1_40V(:,2),Pwelle_40V_M1G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
legend('P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor1_40V(:,2),Mwelle_40V_M1G, Motor1_40V(:,2),etaGen_40V_M1G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
set(h2,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe7-motor2-40V.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 2 als Generator 20V
figure
subplot(1,2,1)

% Pelektrisch Generator
plot(Motor2_20V(:,4),Pe1Gen_20V_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 2, 20V')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Motor
plot(Motor2_20V(:,4),Pe1Mot_20V_M2G, 'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor2_20V(:,4),Pwelle_20V_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
legend('P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor2_20V(:,4),Mwelle_20V_M2G, Motor2_20V(:,4),etaGen_20V_M2G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
set(h2,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe7-motor1-20V.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 2 als Generator 40V
figure
subplot(1,2,1)

% Pelektrisch Generator
plot(Motor2_40V(:,4),Pe1Gen_40V_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')

```

```

title('Generator: Motor 2, 40V')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Motor
plot(Motor2_40V(:,4),PelMot_40V_M2G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor2_40V(:,4),Pwelle_40V_M2G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor2_40V(:,4),Mwelle_40V_M2G, Motor2_40V(:,4),etaGen_40V_M2G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
set(h2,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe7-motor1-40V.png'];
print('-dpng', filename);

%% Darstellung Aufgabe 8
% Motor 2 als Anreger, Rv = 100hm
figure
subplot(1,2,1)

% Pelektrisch Generator
plot(Motor1_100hm(:,4),PelGen_100hm_M1G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 2, mit Vorwiderstand')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Motor
plot(Motor1_100hm(:,4),PelMot_100hm_M1G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor1_100hm(:,4),Pwelle_100hm_M1G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
% Pvorwiderstand
plot(Motor1_100hm(:,4),PelRes_100hm_M1G,'LineWidth', 2, 'LineSmoothing', 'on')
legend('P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'P_{Rvor}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor1_100hm(:,4),Mwelle_100hm_M1G, Motor1_100hm(:,4),etaGen_100hm_M1G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
set(h2,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe8-motor1-100hm.png'];
print('-dpng', filename);

% Motor 1 als Anreger, Rv = 100hm

```

```

figure
subplot(1,2,1)

% Pelektrisch Generator
plot(Motor2_100hm(:,2),PelGen_100hm_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
title('Generator: Motor 1, mit Vorwiderstand')
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('P [W]')
hold all
grid on
% Pelektrisch Motor
plot(Motor2_100hm(:,2),PelMot_100hm_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
% Pwelle
plot(Motor2_100hm(:,2),Pwelle_100hm_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
% Pvorwiderstand
plot(Motor2_100hm(:,2),PelRes_100hm_M2G, 'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on')
legend('P_{el.Gen}', 'P_{el.Mot}', 'P_{Welle}', 'P_{Rvor}', 'Location', 'NorthWest')

subplot(1,2,2)
% Mwelle und etawelle
[AX,h1,h2] = plotyy(Motor2_100hm(:,2),Mwelle_100hm_M2G, Motor2_100hm(:,2),etaGen_100hm_M2G);
title('Moment und Wirkungsgrad');
set(h1,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
set(h2,'LineWidth', 2,'LineSmoothing', 'on');
xlabel('I_{Gen} [A]')
ylabel('M [Nm]');
set(get(AX(2),'Ylabel'),'String','\eta')
grid on
legend('M_{Welle}', '\eta_{Welle}')

filename = ['plots/aufgabe8-motor2-100hm.png'];
print('-dpng', filename);

%% Darstellung Aufgabe 9
% Motor 1 als Generator, 40V und beim höchsten Strom:

disp('Berechnung Summe Eisen- und mechanische Verluste')
PEisenMech_Summe = (1-etaGen_40V_M1G(end))*PelMot_40V_M1G(end);
disp(['P_{e+m} = ' num2str(PEisenMech_Summe) ' W']);

```

## **D. Aufgabenstellung Praktikum**

# Versuch Gleichstrommaschine

In diesem Versuch wird ein Gleichstrommotor und ein Gleichstromgenerator ausgemessen.

## Material

- permanenterregter Gleichstrommotor
- permanenterregter Gleichstromgenerator
- Tachogenerator
- Spannungsquelle
- Lastwiderstand
- Vorwiderstand
- 5 Multimeter (Burgdorf)

## einzuhaltende Grenzwerte (Burgdorf)

- Drehzahl 4000 rpm
- Ankerstrom SCT 3.5 A / Maxon 2 A

## (Biel)

- 4000 rpm
- 3.3 A

## Aufgabenstellung

1. Schema zeichnen für die Versuche 4,5,7,8.
2. Messung des Ankerwiderstandes von Motor und Generator, drehen Sie dazu den Rotor (warum ?), messen Sie aber nur im Stillstand (warum ?). Vergleichen Sie den Wert mit dem aus der Aufgabe 5 ableitbaren Wert (Steigung der Kurve  $U_A(I_A)$ ) und verwenden Sie für die Schlussbetrachtungen (Fragen 9, 10) den richtigen.
3. Verdrahten und durch Dozent/Assistent kontrollieren lassen.
4. Messung von  $c\Phi$ .
5. Messung der Generatorkennlinien  $U_A(I_A)$  für konstante Drehzahlen (1800 rpm und 900 rpm). Der Strom soll dabei zwischen 0 und maximal zulässigem Strom variieren (Variation durch Veränderung des Lastwiderstandes). Protokollieren sie  $U_A$  und  $I_A$  beider Maschinen sowie die Drehzahl. Stellen Sie graphisch  $U_{A\text{Gen}}(I_{A\text{Gen}})$ ,  $P_{\text{elektrGen}}(I_{A\text{Gen}})$ ,  $P_{\text{elektrMot}}(I_{A\text{Gen}})$ ,  $P_{\text{welle}}(I_{A\text{Gen}})$ ,  $M_{\text{welle}}(I_{A\text{Gen}})$ ,  $\eta_{\text{Gen}}(I_{A\text{Gen}})$  dar.
6. Berechnen Sie  $n(M_i)$  für die zwei Spannungen der Aufgabe 7 und stellen sie den Verlauf gemeinsam mit den in 7. verlangten Kurven dar.
7. Messung der Motorkennlinien  $n(M_{\text{welle}})$  für konstante Speisespannung (20 V und 40 V in Burgdorf, 15 V und 30 V in Biel). Der Strom soll dabei zwischen 0 und maximal zulässigem Strom variieren (Variation durch Veränderung des Lastwiderstandes). Protokollieren sie  $U_A$  und  $I_A$  beider Maschinen sowie die Drehzahl. Stellen Sie graphisch  $n(M_{\text{welle}})$ ,  $P_{\text{elektrMot}}(I_{A\text{Mot}})$ ,  $P_{\text{elektrGen}}(I_{A\text{Mot}})$ ,  $P_{\text{welle}}(I_{A\text{Mot}})$ ,  $M_{\text{welle}}(I_{A\text{Mot}})$ ,  $\eta_{\text{Mot}}(I_{A\text{Mot}})$  dar. Verwenden Sie denselben Massstab wie in 5.
8. Messen Sie wie in 7. (nur 40 V) mit einem Vorwiderstand von  $10 \Omega$  im Motorkreis. Protokollieren Sie dieselben Grössen sowie  $P_{\text{widerstand}}(I_{A\text{Mot}})$  und verwenden Sie dieselben Massstäbe.
9. Bestimmen Sie für den Motor bei einem Betriebspunkt aus 7. mit maximaler Spannung und grossem Strom die Summe der Eisen- und mechanischen Verluste.
10. Messen Sie nochmals analog zu 2. den Ankerwiderstand von Motor und Generator und erklären Sie den Unterschied.