

Diplomarbeit

# Elektromotoren im Unterricht

Verständnis und arbeiten mit Gleichstrommotoren

erstellt von

Leonhard Erharder  
(Matteo Juen)



HTBLuVA  
Innsbruck Anichstrasse

Betreuer:  
Philipp Wischounig

2020/21

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder inhaltlich den angegebenen Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Die vorliegende Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Diplomarbeit eingereicht.

Innsbruck, am xx.xx.2021

Verfasser:

---

Leonhard Erharder

## **Projektteam**

**Leonhard Erharder**

Adresse

PLZ Ort

Tel: -

E-Mail: leerharder@tsn.at

## **Betreuer**

**Philipp Wischounig**

Adresse

PLZ Ort

Tel: -

E-Mail: phil-  
ipp.wischounig@htlinn.ac.at

## **Danksagung**

Hier Danksagung einfügen

## **Gendererklärung**

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in dieser Diplomarbeit durchweg die Sprachform des generischen Maskulinums angewendet. An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Sprachform geschlechtsunabhängig verstanden werden soll.

## **Abstract**

Insert English abstract here

...

## **Zusammenfassung**

Zusammenfassung einfügen

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Intro</b>	<b>11</b>
<b>1. Hintergrund</b>	<b>12</b>
1.0.1. Allgemein . . . . .	12
1.0.2. Ziel der Arbeit . . . . .	12
<b>2. Situation</b>	<b>13</b>
2.0.1. Allgemein . . . . .	13
2.0.2. Einfluss von COVID . . . . .	13
2.0.3. Projektteam . . . . .	13
<b>II. Theoretische Grundlagen</b>	<b>14</b>
<b>3. Gleichstrommaschinen</b>	<b>15</b>
3.0.1. Allgemein . . . . .	15
3.0.2. Permanentterregte Gleichstrommaschine . . . . .	15
3.0.3. Nebenschluss Gleichstrommaschine . . . . .	15
3.0.4. Reihenschluss Gleichstrommaschine . . . . .	15
3.0.5. Fremderregte Gleichstrommaschine . . . . .	15
<b>4. Wechselstrommaschinen</b>	<b>16</b>
4.0.1. Allgemein . . . . .	16
4.0.2. Asynchronmaschine . . . . .	16
4.0.3. Synchronmaschine . . . . .	16
<b>III. Arbeitsmittel</b>	<b>17</b>
<b>5. Allgemein</b>	<b>18</b>
<b>6. Arbeitsbereich</b>	<b>19</b>
6.0.1. Allgemein . . . . .	19
6.0.2. Anforderungen an den Arbeitsbereich . . . . .	19
6.0.3. Auswahl der Komponenten . . . . .	19
<b>7. Werkstätte</b>	<b>20</b>
7.0.1. Allgemein . . . . .	20
7.0.2. Verwendete Werkzeuge . . . . .	20
<b>8. Bauteile</b>	<b>21</b>
8.0.1. Allgemein . . . . .	21



## *Inhaltsverzeichnis*

8.0.2. Benötigte Bauteile . . . . .	21
8.0.3. Auswahl der Bauteile . . . . .	21
<b>9. Software</b>	<b>22</b>
9.0.1. Allgemein . . . . .	22
9.0.2. Verwendete Software . . . . .	22
 <b>IV. Vorzeigemodell</b>	 <b>23</b>
<b>10. Allgemein</b>	<b>24</b>
<b>11. Anleitung</b>	<b>25</b>
<b>12. Demonstrations-Vorschläge</b>	<b>26</b>
 <b>V. Versuchsaufbau</b>	 <b>27</b>
<b>13. Allgemein</b>	<b>28</b>
<b>14. Anforderungen</b>	<b>29</b>
14.0.1. Allgemein . . . . .	29
14.0.2. Drehzahlmessung . . . . .	29
14.0.3. Drehmomentmessung . . . . .	29
14.0.4. Bremsen des Motors . . . . .	29
<b>15. Versionen</b>	<b>30</b>
15.0.1. Allgemein . . . . .	30
15.0.2. Provisorischer Aufbau . . . . .	30
15.0.3. Laborfertiger Aufbau . . . . .	30
<b>16. Finalisierung</b>	<b>31</b>
16.0.1. Allgemein . . . . .	31
16.0.2. Gegenkupplung . . . . .	31
16.0.3. Drehzahlmessung . . . . .	31
 <b>VI. Laboruebung</b>	 <b>32</b>
<b>17. Allgemein</b>	<b>33</b>
<b>18. Anforderungen</b>	<b>34</b>
<b>19. Laborübung</b>	<b>35</b>
<b>20. Musterlösung</b>	<b>43</b>

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>VII. Rückblick</b>	<b>44</b>
<b>21. Allgemein</b>	<b>45</b>
<b>22. Aufgabenteilung</b>	<b>46</b>
<b>23. Kommunikation</b>	<b>47</b>
<b>VIII Appendix</b>	<b>48</b>
<b>Zeitaufwand</b>	<b>49</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>50</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>51</b>
<b>Code-Snippet-Verzeichnis</b>	<b>52</b>

**Teil I.**

**Intro**

# **1. Hintergrund**

## **1.0.1. Allgemein**

## **1.0.2. Ziel der Arbeit**

## **2. Situation**

**2.0.1. Allgemein**

**2.0.2. Einfluss von COVID**

**2.0.3. Projektteam**

**Teil II.**

**Theoretische Grundlagen**

## **3. Gleichstrommaschinen**

**3.0.1. Allgemein**

**3.0.2. Permanentterregte Gleichstrommaschine**

**3.0.3. Nebenschluss Gleichstrommaschine**

**3.0.4. Reihenschluss Gleichstrommaschine**

**3.0.5. Fremderregte Gleichstrommaschine**

## **4. Wechselstrommaschinen**

**4.0.1. Allgemein**

**4.0.2. Asynchronmaschine**

**4.0.3. Synchronmaschine**



**Teil III.**

**Arbeitsmittel**

## **5. Allgemein**

## **6. Arbeitsbereich**

**6.0.1. Allgemein**

**6.0.2. Anforderungen an den Arbeitsbereich**

**6.0.3. Auswahl der Komponenten**

## **7. Werkstätte**

### **7.0.1. Allgemein**

### **7.0.2. Verwendete Werkzeuge**

## **8. Bauteile**

### **8.0.1. Allgemein**

### **8.0.2. Benötigte Bauteile**

### **8.0.3. Auswahl der Bauteile**

## **9. Software**

### **9.0.1. Allgemein**

### **9.0.2. Verwendete Software**

**Teil IV.**

## **Vorzeigemodell**

## **10. Allgemein**



## **11. Anleitung**

## **12. Demonstrations-Vorschläge**

**Teil V.**

**Versuchsaufbau**

## **13. Allgemein**

# **14. Anforderungen**

**14.0.1. Allgemein**

**14.0.2. Drehzahlmessung**

**14.0.3. Drehmomentmessung**

**14.0.4. Bremsen des Motors**

# **15. Versionen**

**15.0.1. Allgemein**

**15.0.2. Provisorischer Aufbau**

**15.0.3. Laborfertiger Aufbau**

# **16. Finalisierung**

**16.0.1. Allgemein**

**16.0.2. Gegenkupplung**

**16.0.3. Drehzahlmessung**

**Teil VI.**

**Laboruebung**



## **17. Allgemein**

## **18. Anforderungen**

## **19. Laborübung**

# Laborübung zu Gleichstrommotoren

Erhardter Leonhard

Version 1.3

Letzte Änderung:

07.03.2021

5AHWII – 2020/21

HTBLVA Innsbruck

## Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort .....	3
a.	Ziel der Übung: .....	3
b.	Voraussetzungen:.....	3
c.	Ergebnisse:.....	3
2.	Teil 1.....	4
a.	Aufgabenstellung .....	4
b.	Theoretische Grundlagen.....	4
i.	MAXON DC Motor (231852) .....	4
ii.	Wägezelle .....	4
iii.	Wägezellenverstärker HX711.....	5
c.	Hinweise und Hilfestellung zur Bearbeitung.....	5
d.	Laborbericht .....	5
3.	Teil 2 .....	6
a.	Aufgabenstellung .....	6
b.	Theoretische Grundlagen.....	6
i.	IR-Sensor (TCRT5000) .....	6
ii.	Motorkennlinie.....	6
c.	Hinweise und Hilfestellung zur Bearbeitung.....	7
d.	Laborbericht .....	7

## 1. Vorwort

### a. Ziel der Übung:

Ziel der Laborübung ist es einen Gleichstrommotor mittels des bereitgestellten Versuchsaufbau:

- Anzusteuern
- Zu Bremsen
- Dessen Drehzahl zu messen
- Dessen Drehmoment zu messen

Sowie aus den Messwerten eine Motorkennlinie zu bilden und diese:

- Zu zeichnen
- Zu interpretieren

### b. Voraussetzungen:

Grundlagen zur Durchführung dieser Laborübung sind:

- PC/Laptop mit Internetzugang
- Arduino, sowie Arduino DIE
- Tabellenkalkulationsprogramm (Excel)
- Textbearbeitungsprogramm zur Dokumentation

### c. Ergebnisse:

Nach Abschluss der Laborübung soll der Schüler:

- Gleichstrommotoren verstehen
- Den Versuchsaufbau nachvollziehen
- Die verwendeten Bauteile verstehen und ansteuern
- Sowie das erlernte auf andere Themen übertragen und anwenden können

## 2. Teil 1

### a. Aufgabenstellung

Der erste Teil der Laborübung beschäftigt sich mit der Drehmomentmessung am Gleichstrommotor.

Diese erfolgt mittels einer Vollbrücken Wäge-Zelle und eines HX-711 Verstärkerbausteins. Die Ausmessung der Daten erfolgt durch einen Arduino.

Benötigte aufgabenspezifische Arbeitsmittel sind:

- Vollbrückenwägezelle (5kg)
- HX711
- Objekt mit bekanntem Gewicht zur Kalibrierung

### b. Theoretische Grundlagen

#### i. MAXON DC Motor (231852)

Der Gleichstrommotor mit der Kennnummer 231852 wird von MAXON produziert und ist von den Abmessungen beinahe baugleich mit der Motorserie 273752. Es handelt sich um einen permanenten Motor mit Graphitbürsten.



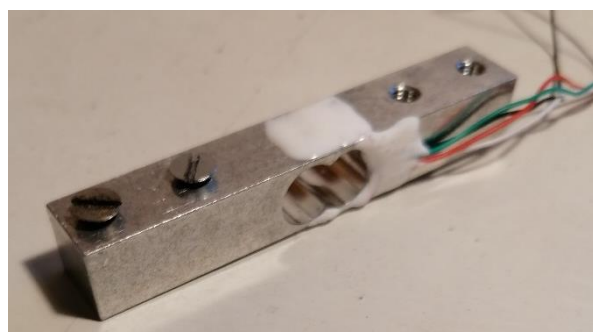
Genauere Informationen über den exakten Motor sind nicht erhältlich, da es sich hierbei um eine individuelle Anfertigung handelt.

Für die Dauer der durchzuführenden Versuche und Messungen ist dieser mit 20 Volt zu betreiben.

#### ii. Wägezelle

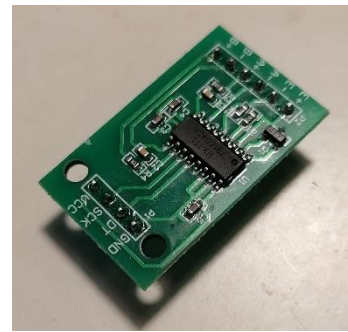
Hierbei handelt es sich um einen Doppelbiegebalken-Federkörper mit einem maximalen Gewicht von 5kg.

Bei leichter Verformung verändert sich der Widerstand der im Balken verbauten DMS (Dehnungsmessstreifen), und hierdurch entsteht eine Spannungsdifferenz im mV Bereich zwischen den beiden Ausgängen.



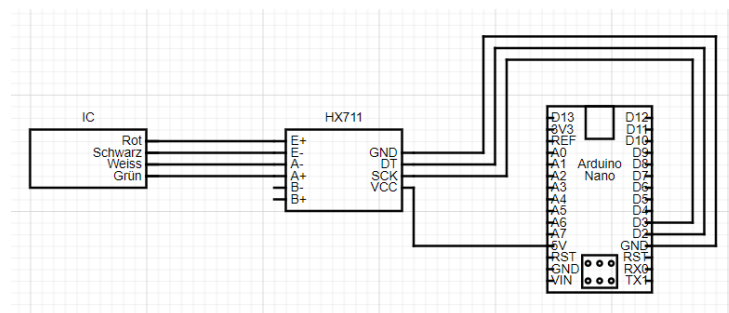
### iii. Wägezellenverstärker HX711

Der Wägezellenverstärker, in unserem Fall HX711, dient dazu das Ausgangssignal in mV der Wägezelle mit hoher Präzision auf einen für uns brauchbaren Spannungsbereich aufzuspannen.



### c. Hinweise und Hilfestellung zur Bearbeitung

Die Verkabelung der Wägezelle erfolgt wie folgt:



Weiters ist es sinnvoll die Nummer der verwendeten Bauteile zu notieren, um die Kalibrierung der Wägezelle nur einmalig durchführen zu müssen.

### d. Laborbericht

In der Dokumentation der Laborübung ist zu behandeln:

- Einsatzbereich der verwendeten Gleichstrommotoren sowie Vor- und Nachteile.
- Warum kann mit 20V gearbeitet werden, obwohl die nominale Spannung niedriger ist?
- Schreibt ein Programm mit welchem die Wägezelle kalibriert werden kann.
- Folgend schreibt ein Programm welcher die kalibrierte Wägezelle nutzt, um die Kraft auf das Ende der Zelle zu messen.
- Dokumentiert diesen Code.
- Testet die Wägezelle mit euch bekannten Gewichten:
  - Wie akkurat sind die Messungen?
  - Gibt es Abweichungen?
  - Wenn Ja. Was könnte der Grund dafür sein?



### 3. Teil 2

#### a. Aufgabenstellung

Der zweite Teil der Laborübung beschäftigt sich mit der Drehzahlmessung des Gleichstrommotors.

Dafür wird ein IR-Sensor verwendet.

Im Anschluss soll dies mit der Drehmomentmessung des letzten Teils kombiniert werden, um eine Ausgabe beim Bremsen des Elektromotors zu ermöglichen.

Mit den ermittelten Daten soll schlussendlich die Motorkennlinie gezeichnet werden.

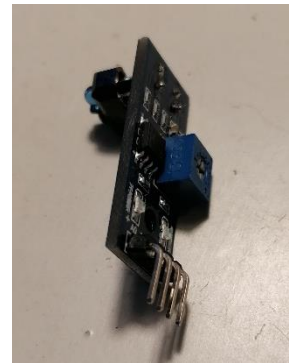
#### b. Theoretische Grundlagen

##### i. IR-Sensor (TCRT5000)

Hierbei handelt es sich um einen Infrarotsensor welchem es anhand des reflektierten Lichts möglich ist zu bestimmen wie weit ein Objekt entfernt ist. Dies ist allerdings nicht sehr zuverlässig, da verschiedene Oberflächenfarben als auch Beschaffenheiten diesen Wert stark beeinflussen.

Die für unseren Zweck sinnvollere Funktion ist der binäre Ausgang welcher, basierend auf der Einstellung des Potentiometers auf der Platine, entweder 1 oder 0 als Ausgang liefert.

Durch das Potentiometer kann eingestellt werden bei welchem Anteil an zurückreflektiertem Licht dieser Eingang 1 ist.



##### ii. Motorkennlinie

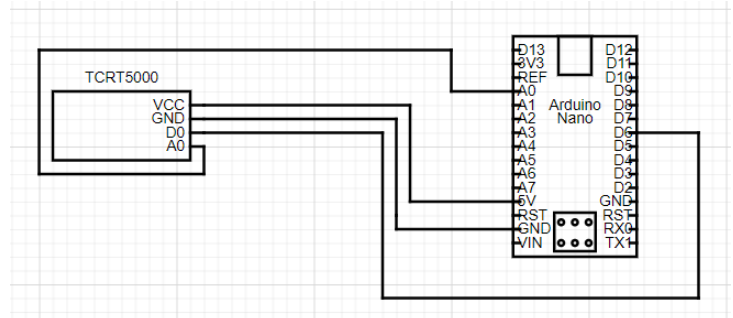
Eine Motorkennlinie beschreibt den Zusammenhang zwischen Drehmoment und Drehzahl des Motors.

### c. Hinweise und Hilfestellung zur Bearbeitung

Der Anschluss des IR-Sensors erfolgt wie auf dem Plan zu sehen.

Die Länge des Stabes von der Mitte des Motors bis zur Wägezelle beträgt 10 cm.

Die Messwerte in der Outline können mit einem Tabulator [„\t“] getrennt werden, um das Einfügen in eine Tabelle zu erleichtern.



### d. Laborbericht

In der Dokumentation der Laborübung ist zu behandeln:

- Schreibt ein Programm mit welchem die Drehzahl des Motors gemessen werden kann.
- Kombiniert jenes mit dem Programm zum Messen des Drehmoments, welches im vorherigen Teil behandelt wurde.
- Führt eine Messung bei Bremsen des Motors durch.
- Stellt mit den gewonnenen Daten die Motorkennlinie dar und interpretiert diese.
- Kam es bei der Durchführung der Messung zu Fehlern? Wenn ja:
  - Welche? Wie könnte man diese vermeiden.

## 20. Musterlösung

**Teil VII.**

**Rückblick**

## **21. Allgemein**

## **22. Aufgabenteilung**

## **23. Kommunikation**

**Teil VIII.**

**Appendix**



## **Zeitaufwand**

# Literaturverzeichnis

- [1] D. Binosi, J. Collins, C. Kaufhold, and L. Theussl. JaxoDraw: A Graphical user interface for drawing Feynman diagrams. Version 2.0 release notes. *Computer Physics Communications*, 180:1709–1715, 2009.
- [2] D. Binosi and L. Theussl. JaxoDraw: A Graphical user interface for drawing Feynman diagrams. *Computer Physics Communications*, 161:76–86, 2004.
- [3] Joshua Ellis. TikZ-Feynman: Feynman diagrams with TikZ. 2016.
- [4] R. P. Feynman. Space-time approach to quantum electrodynamics. *Phys. Rev.*, 76:769–789, Sep 1949.
- [5] Yifan Hu. Efficient, high-quality force-directed graph drawing. *Mathematica Journal*, 10(1):37–71, 2005.
- [6] Thorsten Ohl. Drawing Feynman diagrams with LaTeX and Metafont. *Computer Physics Communications*, 90:340–354, 1995.
- [7] Eades Peter and Sugiyama Kozo. How to draw a directed graph. *Journal of Information Processing*, 13(4):424–437, 1991.
- [8] Jannis Pohlmann. *Configurable graph drawing algorithms for the TikZ graphics description language*. PhD thesis, Institute of Theoretical Computer Science, Universität zu Lübeck, Lübeck, Germany, 2011.
- [9] Till Tantau. The TikZ and PGF packages, 2015.
- [10] J.A.M. Vermaseren. Axodraw. *Computer Physics Communications*, 83(1):45 – 58, 1994.

## **Abbildungsverzeichnis**

## List of Codes