

Bachelor Thesis

LAT_EX - Semester thesis Gian

Autumn Term 2022

Declaration of Originality

I hereby declare that the written work I have submitted entitled

Your Project Title

¹ is original work which I alone have authored and which is written in my own words.

Author(s)

First name _____ Last name _____

Student supervisor(s)

First name _____ Last name _____

Committee members(s)

First name _____ Last name _____

Supervising lecturer

Marco Hutter

With the signature I declare that I have been informed regarding normal academic citation rules and that I have read and understood the information on ‘Citation etiquette’ (<https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/main/education/rechtliches-abschluesse/leistungskontrollen/plagiarism-citationetiquette.pdf>). The citation conventions usual to the discipline in question here have been respected.

The above written work may be tested electronically for plagiarism.

Place and date

Signature

¹Co-authored work: The signatures of all authors are required. Each signature attests to the originality of the entire piece of written work in its final form.

Intellectual Property Agreement

The student acted under the supervision of Prof. Hutter and contributed to research of his group. Research results of students outside the scope of an employment contract with ETH Zurich belong to the students themselves. The results of the student within the present thesis shall be exploited by ETH Zurich, possibly together with results of other contributors in the same field. To facilitate and to enable a common exploitation of all combined research results, the student hereby assigns his rights to the research results to ETH Zurich. In exchange, the student shall be treated like an employee of ETH Zurich with respect to any income generated due to the research results.

This agreement regulates the rights to the created research results.

1. Intellectual Property Rights

1. The student assigns his/her rights to the research results, including inventions and works protected by copyright, but not including his moral rights (Urheberpersönlichkeitsrechte), to ETH Zurich. Herewith, he cedes, in particular, all rights for commercial exploitations of research results to ETH Zurich. He is doing this voluntarily and with full awareness, in order to facilitate the commercial exploitation of the created Research Results. The student's moral rights (Urheberpersönlichkeitsrechte) shall not be affected by this assignment.
2. In exchange, the student will be compensated by ETH Zurich in the case of income through the commercial exploitation of research results. Compensation will be made as if the student was an employee of ETH Zurich and according to the guidelines Richtlinien für die wirtschaftliche Verwertung von Forschungsergebnissen der ETH Zürich.
3. The student agrees to keep all research results confidential. This obligation to confidentiality shall persist until he or she is informed by ETH Zurich that the intellectual property rights to the research results have been protected through patent applications or other adequate measures or that no protection is sought, but not longer than 12 months after the collaborator has signed this agreement.
4. If a patent application is filed for an invention based on the research results, the student will duly provide all necessary signatures. He/she also agrees to be available whenever his aid is necessary in the course of the patent application process, e.g. to respond to questions of patent examiners or the like.

2. Settlement of Disagreements

Should disagreements arise out between the parties, the parties will make an effort to settle them between them in good faith. In case of failure of these agreements, Swiss Law shall be applied and the Courts of Zurich shall have exclusive jurisdiction.

Place and date

Signature

Contents

Preface	v
Abstract	vii
Symbols	ix
1 Introduction	1
2 Einige wichtige Hinweise zum Arbeiten mit L ^A T _E X	3
2.1 Gliederungen	3
2.2 Referenzen und Verweise	3
2.3 Aufzählungen	3
2.4 Erstellen einer Tabelle	4
2.5 Einbinden einer Grafik	5
2.6 Mathematische Formeln	5
2.7 Weitere nützliche Befehle	6
Bibliography	7
A Irgendwas	7
B Datasheets	9

Preface

Bla bla ...

Abstract

Hier kommt der Abstact hin ...

Symbols

Symbols

ϕ, θ, ψ	roll, pitch and yaw angle
b	gyroscope bias
Ω_m	3-axis gyroscope measurement

Indices

x	x axis
y	y axis

Acronyms and Abbreviations

ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
EKF	Extended Kalman Filter
IMU	Inertial Measurement Unit
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UKF	Unscented Kalman Filter

Chapter 1

Introduction

Hier kommt die Einleitung

Chapter 2

Einige wichtige Hinweise zum Arbeiten mit LATEX

Nachfolgend wird die Codierung einiger oft verwendeten Elemente kurz beschrieben. Das Einbinden von Bildern ist in LATEX nicht ganz unproblematisch und hängt auch stark vom verwendeten Compiler ab. Typisches Format für Bilder in LATEX ist EPS¹ oder PDF².

2.1 Gliederungen

Ein Text kann mit den Befehlen \chapter{.}, \section{.}, \subsection{.} und \subsubsection{.} gegliedert werden.

2.2 Referenzen und Verweise

Literaturreferenzen werden mit dem Befehl \citep{.} und \citet{.} erzeugt. Beispiele: ein Buch [?], ein Buch und ein Journal Paper [? ?], ein Konferenz Paper mit Erwähnung des Autors: ?].

Zur Erzeugung von Fussnoten wird der Befehl \footnote{.} verwendet. Auch hier ein Beispiel³.

Querverweise im Text werden mit \label{.} verankert und mit \cref{.} erzeugt. Beispiel einer Referenz auf das zweite Kapitel: chapter 2.

2.3 Aufzählungen

Folgendes Beispiel einer Aufzählung ohne Numerierung,

- Punkt 1
- Punkt 2

wurde erzeugt mit:

```
\begin{itemize}
  \item Punkt 1
  \item Punkt 2
\end{itemize}
```

¹Encapsulated Postscript

²Portable Document Format

³Bla bla.

Folgendes Beispiel einer Aufzählung mit Numerierung,

1. Punkt 1

2. Punkt 2

wurde erzeugt mit:

```
\begin{enumerate}
    \item Punkt 1
    \item Punkt 2
\end{enumerate}
```

Folgendes Beispiel einer Auflistung,

P1 Punkt 1

P2 Punkt 2

wurde erzeugt mit:

```
\begin{description}
    \item[P1] Punkt 1
    \item[P2] Punkt 2
\end{description}
```

2.4 Erstellen einer Tabelle

Ein Beispiel einer Tabelle:

Table 2.1: Daten der Fahrzyklen ECE, EU DC, NEFZ.

Kennzahl	Einheit	ECE	EU DC	NEFZ
Dauer	s	780	400	1180
Distanz	km	4.052	6.955	11.007
Durchschnittsgeschwindigkeit	km/h	18.7	62.6	33.6
Leerlaufanteil	%	36	10	27

Die Tabelle wurde erzeugt mit:

```
\begin{table}[h]
\begin{center}
\caption{Daten der Fahrzyklen ECE, EU DC, NEFZ.}\vspace{1ex}
\label{tab:tabnefz}
\begin{tabular}{ll|ccc}
\hline
Kennzahl & Einheit & ECE & EU DC & NEFZ \\
\hline
Dauer & s & 780 & 400 & 1180 \\
Distanz & km & 4.052 & 6.955 & 11.007 \\
Durchschnittsgeschwindigkeit & km/h & 18.7 & 62.6 & 33.6 \\
Leerlaufanteil & \% & 36 & 10 & 27 \\
\hline
\end{tabular}
\end{center}
\end{table}
```

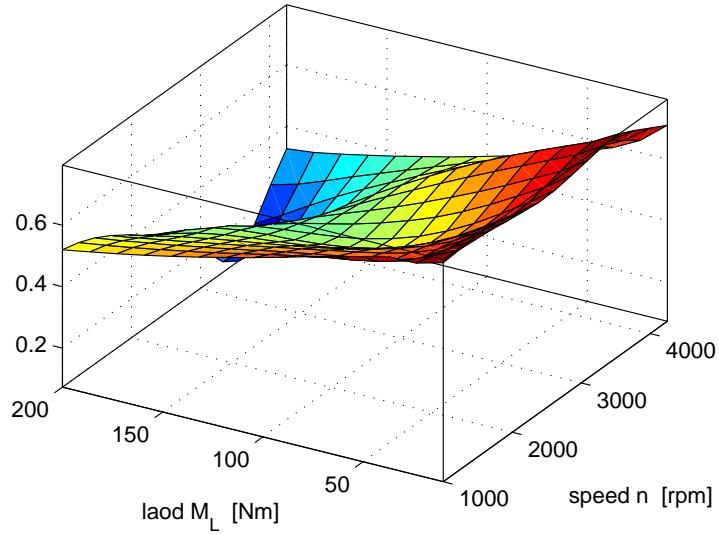


Figure 2.1: Ein Bild

2.5 Einbinden einer Grafik

Das Einbinden von Graphiken kann wie folgt bewerkstelligt werden:

```
\begin{figure}
    \centering
    \includegraphics[width=0.75\textwidth]{images/k_surf.pdf}
    \caption{Ein Bild.}
    \label{fig:k_surf}
\end{figure}
```

oder bei zwei Bildern nebeneinander mit:

```
\begin{figure}
    \begin{minipage}[t]{0.48\textwidth}
        \includegraphics[width = \textwidth]{images/cycle_we.pdf}
    \end{minipage}
    \hfill
    \begin{minipage}[t]{0.48\textwidth}
        \includegraphics[width = \textwidth]{images/cycle_ml.pdf}
    \end{minipage}
    \caption{Zwei Bilder nebeneinander.}
    \label{pics:cycle}
\end{figure}
```

2.6 Mathematische Formeln

Einfache mathematische Formeln werden mit der equation-Umgebung erzeugt:

$$p_{me0f}(T_e, \omega_e) = k_1(T_e) \cdot (k_2 + k_3 S^2 \omega_e^2) \cdot \Pi_{\max} \cdot \sqrt{\frac{k_4}{B}}. \quad (2.1)$$

Der Code dazu lautet:

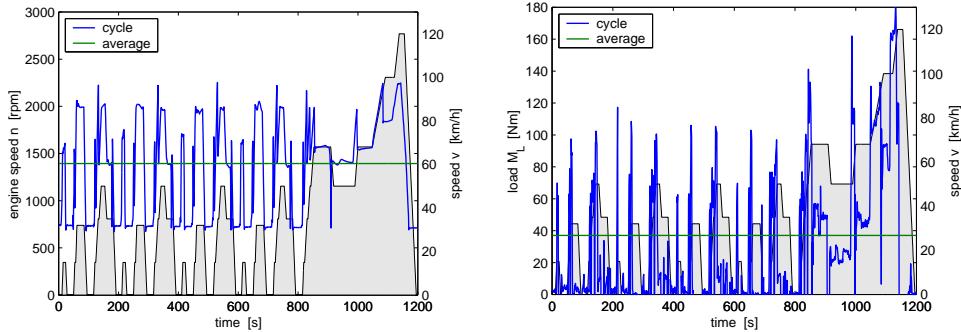


Figure 2.2: Zwei Bilder nebeneinander

```
\begin{equation}
p_{\text{me0f}}(T_e, \omega_e) = k_1(T_e) \cdot (k_2+k_3 S^2 \\
\omega_e^2) \cdot \Pi_{\max} \cdot \sqrt{\frac{k_4}{B}}, .
\end{equation}
```

Mathematische Ausdrücke im Text werden mit \$formel\$ erzeugt (z.B.: $a^2+b^2=c^2$). Vektoren und Matrizen werden mit den Befehlen `\vec{.}` und `\mat{.}` erzeugt (z.B. v , M).

2.7 Weitere nützliche Befehle

Hervorhebungen im Text sehen so aus: *hervorgehoben*. Erzeugt werden sie mit dem `\textbf{epmh}{.}` Befehl.

Einheiten werden mit den Befehlen `\unit[1]{m}` (z.B. 1 m) und `\unitfrac[1]{m}{s}` (z.B. 1 m/s) gesetzt.

Appendix A

Irgendwas

Bla bla . . .

Appendix B

Datasheets

EC-max 30 Ø30 mm, brushless, 60 Watt

Part Numbers

	272762	272763	272764	272765
--	--------	--------	--------	--------

Motor Data

	Values at nominal voltage
1 Nominal voltage	V 12 24 36 48
2 No load speed	rpm 7980 9340 9490 9350
3 No load current	mA 302 191 130 95.4
4 Nominal speed	rpm 6590 8040 8270 8130
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm 63.6 60.7 63.7 64.1
6 Nominal current (max. continuous current)	A 4.72 2.66 1.88 1.4
7 Stall torque	mNm 381 458 522 519
8 Starting current	A 26.8 18.8 14.5 10.7
9 Max. efficiency	% 80 81 82 82
Characteristics	
10 Terminal resistance phase to phase	Ω 0.447 1.27 2.48 4.49
11 Terminal inductance phase to phase	mH 0.049 0.143 0.312 0.573
12 Torque constant	mNm/A 14.2 24.3 35.9 48.6
13 Speed constant	rpm/V 672 393 266 197
14 Speed/torque gradient	rpm/mNm 21.2 20.6 18.4 18.2
15 Mechanical time constant	ms 4.86 4.73 4.21 4.17
16 Rotor inertia	gcm² 21.9 21.9 21.9 21.9

Specifications

Thermal data	Operating Range	Comments
17 Thermal resistance housing-ambient	n [rpm]	Continuous operation
0.5 K/W	15000 rpm	In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.
18 Thermal resistance winding-housing	60 W	= Thermal limit.
0.5 K/W	10000 rpm	
19 Thermal time constant winding	2000 s	
2.76 s	1000 s	
20 Thermal time constant motor	1000 s	
1000 s		
21 Ambient temperature	-40...+100°C	Short term operation
+155°C	+155°C	The motor may be briefly overloaded (recurring).
22 Max. permissible winding temperature	+155°C	
		Assigned power rating
Mechanical data (preloaded ball bearings)		
23 Max. permissible speed	15000 rpm	
24 Axial play at axial load < 6.0 N	0 mm	
> 6.0 N	0.14 mm	
25 Radial play	preloaded	
26 Max. axial load (dynamic)	5 N	
27 Max. force for press fits (static)	98 N	
(static, shaft supported)	1300 N	
28 Max. radial loading, 5 mm from flange	25 N	
Other specifications		
29 Number of pole pairs		
30 Number of phases		
31 Weight of motor		
Values listed in the table are nominal.		
Connection motor (Cable AWG 20)		
red Motor winding 1 Pin 1		
black Motor winding 2 Pin 2		
white Motor winding 3 Pin 3		
N.C. Pin 4		
Connector Part number		
Molex 39-01-2040		
Connection Sensors (Cable AWG 26)		
yellow Hall sensor 1 Pin 1		
brown Hall sensor 2 Pin 2		
grey Hall sensor 3 Pin 3		
blue GND Pin 4		
green V _{hall} 3...24 VDC Pin 5		
N.C. Pin 6		
Connector Part number		
Molex 430-25-0600		
Wiring diagram for Hall sensors see p. 35		

maxon Modular System

Overview on page 20 - 25

- Encoder MR 500/1000 CPT, 3 channels, Page 302
- Encoder HEDL 5540 500 CPT, 3 channels, Page 308
- Brake AB 20 24 VDC, 0.1 Nm, Page 346

Recommended Electronics:

- ESCON 36/3 EC Page 320
- ESCON 50/5, Module 50/5 Page 321
- ESCON 70/10 Page 321
- DECS 50/5 Page 324
- DEC Module 24/2 Page 325
- DEC Module 50/5 Page 325
- EPOS2 24/5, 50/5 Page 331
- EPOS2 P 24/5 Page 334
- EPOS3 70/10 EtherCAT Page 337

Notes

June 2013 edition / subject to change

maxon EC motor 193

