

Master-Thesis

# Path Planning for Dynamic Maneuvers with Micro Aerial Vehicles

Autumn Term 2013



# Declaration of Originality

I hereby declare that the written work I have submitted entitled

**Path Planning for Dynamic Maneuvers with Micro Aerial Vehicles**

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

## Author(s)

First name

Last name

## Supervising lecturer

First name

Last name

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' ([http://www.ethz.ch/students/exams/plagiarism\\_s\\_en.pdf](http://www.ethz.ch/students/exams/plagiarism_s_en.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

---

<sup>1</sup>Co-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.

# Contents

<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Symbols</b>	<b>v</b>
<b>1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>2 Einige wichtige Hinweise zum Arbeiten mit <math>\text{\LaTeX}</math></b>	<b>3</b>
2.1 Gliederungen . . . . .	3
2.2 Referenzen und Verweise . . . . .	3
2.3 Aufzählungen . . . . .	3
2.4 Erstellen einer Tabelle . . . . .	4
2.5 Einbinden einer EPS-Graphik . . . . .	5
2.6 Mathematische Formeln . . . . .	5
2.7 Weitere nützliche Befehle . . . . .	6
<b>A Irgendwas</b>	<b>7</b>
<b>B Nochmals irgendwas</b>	<b>9</b>
<b>Bibliography</b>	<b>11</b>

# Abstract

Hier kommt der Abstact hin ...



# Symbols

## Symbols

$\phi, \theta, \psi$	roll, pitch and yaw angle
$b$	gyroscope bias
$\Omega_m$	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

A lot of research has been done in the field of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) in the last years leading to a strong improvement in planning [1] as well as in control [[2], [3]].  
and this is new



## Chapter 2

# Einige wichtige Hinweise zum Arbeiten mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Nachfolgend wird die Codierung einiger oft verwendeten Elemente kurz beschrieben. Das Einbinden von Bildern ist in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X nicht ganz unproblematisch und hängt auch stark vom verwendeten Compiler ab. Typisches Format für Bilder in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ist EPS<sup>1</sup>.

### 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 `\cite{.}` erzeugt. Ein Beispiel: [4]. Zur Erzeugung von Fussnoten wird der Befehl `\footnote{.}` verwendet. Auch hier ein Beispiel<sup>2</sup>. Querverweise im Text werden mit `\label{.}` verankert und mit `\ref{.}` erzeugt. Beispiel einer Referenz auf das zweite Kapitel: Kapitel 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}
```

Folgendes Beispiel einer Aufzählung mit Numerierung,

---

<sup>1</sup>Encapsulated Postscript

<sup>2</sup>Bla bla.

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, EUDC, NEFZ.

Kennzahl	Einheit	ECE	EUDC	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, EUDC, NEFZ.}\vspace{1ex}
\label{tab:tabnefz}
\begin{tabular}{ll|ccc}
\hline
Kennzahl & Einheit & ECE & EUDC & 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}
```

## 2.5 Einbinden einer EPS-Graphik

Das Einbinden von Graphiken kann wie folgt bewerkstelligt werden:

```
\begin{figure}[h]
  \centering
  \includegraphics[width=0.75\textwidth]{pics/k_surf.eps}
  \caption{Ein Bild.}
  \label{pics:k_surf}
\end{figure}
```

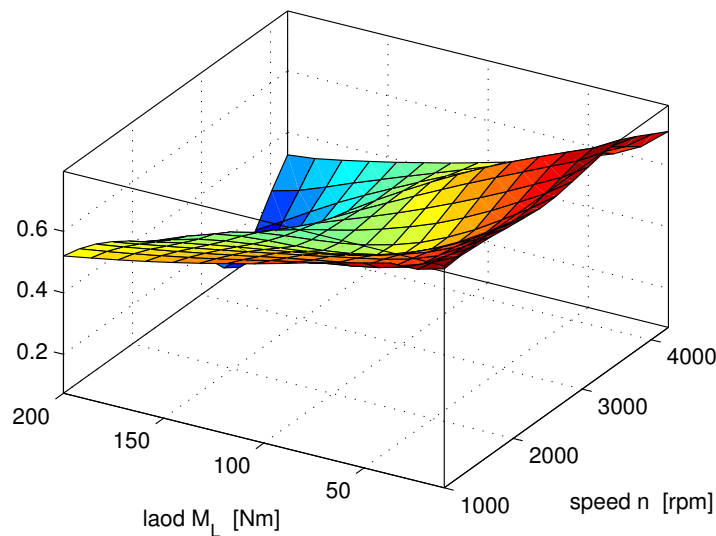


Figure 2.1: Ein Bild.

oder bei zwei Bildern nebeneinander mit:

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

Bemerkung: Ersetzt man den Positionierungsparameter `h` durch `H`, so wird das Gleiten der Abbildung verhindert.

## 2.6 Mathematische Formeln

Einfache mathematische Formeln werden mit der `equation`-Umgebung erzeugt:

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

Der Code dazu lautet:

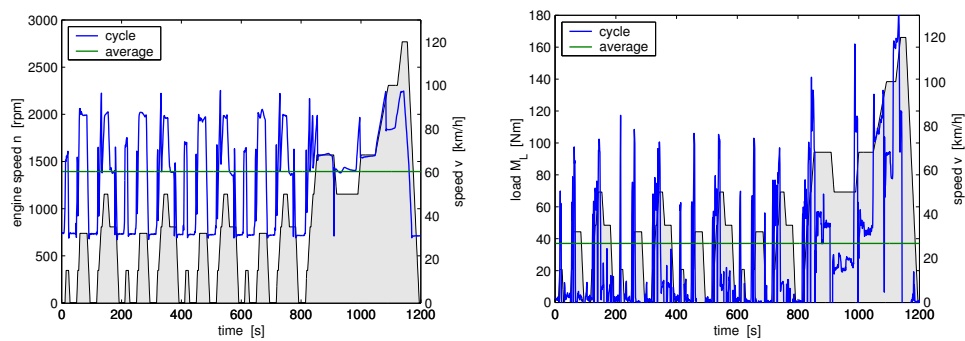


Figure 2.2: Zwei Bilder nebeneinander.

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

Mathematische Ausdrücke im Text werden mit `$formel$` erzeugt (zB:  $a^2 + b^2 = c^2$ ).

## 2.7 Weitere nützliche Befehle

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

# Appendix A

## Irgendwas

Bla bla ...





## Appendix B

# Nochmals irgendwas

Bla bla ...



# Bibliography

- [1] R. HE, A. BACHRACH, M. ACHTELIK, A. GERAMIFARD, D. GURDAN, S. PRENTICE, J. STUMPF, AND N. ROY: *On the design and use of a micro air vehicle to track and avoid adversaries*. The Int. Journal of Robotics Research, vol. 29, pp. 529-546, 2010.
- [2] D. COLLING, O. A. YAKIMENKO, J. F. WHIDBORNE, AND A. K. COOKE: *A prototype of an autonomous controller for a quadrotor UAV*. In Proceedings of the European Control Conference, Kos, Greece, 2007, pp. 1-8.
- [3] S. LUPASHIN, A. SCHOLLIG, M. SHERBACK, AND R. D'ANDREA: *A simple learning strategy for high-speed quadrocopter multi-flips*. In Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Anchorage, AK, May 2010, pp. 1642-1648.
- [4] R. MAHONY, T. HAMEL, J.-M. PFLIMLIN: *Complementary filter design on the special orthogonal group  $SO(3)$* . In 45th Conference on Decision and Control CDC'05, Seville, Spain, 2005.