

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



**Lehrstuhl für Informationstechnik
(Schwerpunkt Kommunikationselektronik)**

LIKE

Masterarbeit mit dem Thema:

**Modellfehler in optimierungsbasierter kombinierter
Planung und Regelung für Rennwagen**

Bearbeiter	Weller Sebastian
Matrikelnr.	21777345
Studiengang	Informations und Kommunikationstechnik
Betreuer	Prof. Dr.-Ing. Jörn Thielecke Henrik Bey, M. Sc.
Beginn	08. Januar 2018
Ende	08. Juli 2018

Bestätigung

Erklärung:

Ich versichere, dass ich die Arbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen angefertigt habe und, dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen hat und von dieser als Teil einer Prüfungsleistung angenommen wurde. Alle Ausführungen, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind als solche gekennzeichnet.

Erlangen, den (hier Datum eintragen)_____

Danksagung

Ich möchte mich bei meinen Betreuern und meiner Familie bedanken.....

Thema und Aufgabenstellung

Thema:

Modellfehler in optimierungsbasierter kombinierter Planung und Regelung für Rennwagen

Aufgabenstellung:

Am Lehrstuhl für Informationstechnik mit dem Schwerpunkt Kommunikationselektronik (LIKE)

Die Automatisierung des Fahrens schließt sowohl die Planung als auch die Regelung des Fahrzeugs mit ein. Häufig werden beide Bestandteile hierarchisch voneinander getrennt. Dies ist sinnvoll, solange das kontrollierte Fahrzeug sicher innerhalb der Aktuatorlimitierungen betrieben werden soll, oder wenn die Trennung bereits durch die Problemstellung gegeben ist (Zieltrajektorie bereits vorgegeben) [williams2016aggressive].

In anderen Fällen, z.B. wenn die gewünschte Dynamik wie in einer Rennsituation im Grenzbereich liegt, bietet sich eine kombinierte Planung und Regelung an. In diesem Beispiel würde die Kostenfunktion eine Minimierung der Rundenzeit beinhalten, während gleichzeitig die Beschränkungen des Fahrzeugs berücksichtigt werden.

Für derartige Probleme ist die modellprädiktive Regelung (MPC) bzw. eines ihrer Derivate besonders geeignet. Dabei kommt es immer zu einem sogenannten Modellfehler, der von der Komplexität und Genauigkeit des verwendeten Modells abhängt.

Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Abfall bei der Leistung des Regelungsansatzes durch den Modellfehler zu untersuchen. Dafür soll eine Simulation verwendet werden.

- Auswahl einer passenden Simulationsumgebung und deren Inbetriebnahme
- Implementierung verschiedener (gegebener) Modelle für die Simulation
- Implementierung des MPC-Ansatzes

- Entwicklung einer einfachen Evaluationsmethode um die Leistungsfähigkeit des Reglers zu untersuchen
- Vergleich verschiedener Kombinationen aus Regler- und Simulationsmodellen

Kurzzusammenfassung

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Abstract

.....the Abstract is here..... **Bitte nicht löschen oder auskommentieren - ist obligatorisch!**

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Gliederung	1
1.2	Text formatieren	1
1.3	Umbrüche	2
1.4	Schriftart formatieren	3
1.4.1	Default Fonts	4
2	Grundlagen	5
2.1	Tabellen	5
2.2	Einbindung von Tabellen	5
2.3	Figures	6
2.4	Graphiken	7
2.4.1	Beispiel für Grafiken	7
2.4.2	Einbindung von 2 Grafiken nebeneinander	7
2.4.3	Darstellung von 3 Bildern nebeneinander	8
2.5	Bildunterschriften	8
2.6	Aufzählungen	10
2.7	Farben	11
2.8	Matheumgebung	12
2.9	Formelnummerierung nach section	12
2.10	Nummerierung der Formeln	13
3	Implementierung von xy	14
3.1	Running Header	14
3.2	ich bin der Running Header	14
4	Konzept	15
4.1	Zitate für die Bibliography	15
4.1.1	Beispiel für Zitate	15
5	Ergebnisse	16

6 Diskussion	17
6.1 Test für Abstand der Sektion	17
6.1.1 Test für den Subsectionabstand	17
7 Zusammenfassung	18
A Anhang	19
Abkürzungsverzeichnis	20
Literaturverzeichnis	21

1 Einleitung

1.1 Gliederung

Befehle zum Gliedern von Texten:

Nummeriert und im InhV.:

```
\chapter{Kapitel – Ebene 1 (1 Einleitung)}  
\section{Abschnitt – Ebene 2 (1.1 Gliederung)}  
\subsection{Unterabschnitt – Ebene3 1.1.1....}  
\subsubsection{Unterunterabschnitt – Ebene 4 (nicht sinnvoll)}
```

nicht nummerierte Überschrift

Alles, was nicht ins Inhaltsverzeichnis soll ist mit einem * versehen: -> steht für Kapitel, die nicht nummeriert sind und somit auch nicht im InhVz. stehen

Befehle:

```
\chapter*{Thema und Aufgabenstellung}  
\section* {Sektion/Abschnitt} unnummiert  
\subsection*{Unterabschnitt – Ebene3 }  
\subsubsection*{Unterunterabschnitt – Ebene 4}
```

1.2 Text formatieren

Folgende Befehlen erzeugen einen Zeilenumbruch:

(1ex entspricht der Höhe des Buchstaben „x“ in der aktuellen Schriftart)

```
\\  
\newline  
\\[1ex]
```

Folgende Befehle erzeugen einen neuen Absatz:

```
\par
\par\smallskip
\par\medskip
\par\bigskip
```

Folgende Befehle erzeugen einen zusätzlichen horizontalen Abstand:

<code>\,</code>	% kleiner Abstand
<code>\;</code>	% mittlerer Abstand
<code>\quad</code>	% großer Abstand
<code>\qquad</code>	% sehr großer Abstand
<code>\!</code>	% kleiner negativer Abstand

Folgende Befehle zum Seitenumbruch:

1.3 Umbrüche

Der Text wird normalerweise automatisch umbrochen. Zum expliziten Beenden einer Zeile benutzen Sie

```
\\[abstand] % bzw.
\\[2pt]
```

Beispiel

Wenn man zum Beispiel eine Überschrift

\\in zwei Zeilen umbrechen möchten,

bitte ein

```
\protect
```

benutzen. Zusätzlich kann an einer so beendeten Zeile noch gleichzeitig ein Seitenumbruch verhindert werden, indem man

```
\\*[abstand]
```

eingibt. Wenn man Latex einen Spielraum lassen will: Dafür dient der Befehl

```
\linebreak[zwang]
```

Für die Dringlichkeit des-Befehls können Sie die Zahlen von 0 bis 4 eintragen,wobei 0 eine milde Wunschaußerung darstellt und 4 das Zeilenende erzwingt. Gleichzeitig werden beim Beenden einer Zeile die Wörter gestreckt und dabei gleichmäßig überdie Zeile verteilt.

```
Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab.\\
Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab.\linebreak[4]
Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab.\linebreak[2]
Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab.\linebreak[3]
Sie banden sie mit Bogensehnen zusammen
```

Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab.

Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab.

Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab. Der Zwerg nahm seine Axt und hieb mehrere Äste ab. Sie banden sie mit Bogensehnen zusammen

oder:

```
\nolinebreak[zwang]
```

1.4 Schriftart formatieren

Folgende Befehle für die Schriftgröße:

<code>\tiny</code>	<small>tiny</small>
<code>\scriptsize</code>	<small>scriptsize</small>
<code>\footnotesize</code>	<small>footnotesize</small>
<code>\small</code>	<small>small</small>
<code>\normalsize</code>	<small>normalsize</small>
<code>\large</code>	large
<code>\Large</code>	Large
<code>\LARGE</code>	LARGE
<code>\huge</code>	huge
<code>\Huge</code>	Huge

Folgende Befehle für die Schriftart :

<code>\textrm{}</code>	Textbeispiel
<code>\texttt{}</code>	Textbeispiel
<code>\textbf{}</code>	Textbeispiel
<code>\textit{}</code>	<i>Textbeispiel</i>
<code>\textsc{}</code>	TEXTBEISPIEL
<code>\textsl{}</code>	<i>Textbeispiel</i>

Folgende Befehle zum Hervorheben (Argument):

<code>\emph{}</code>	<i>Textbeispiel</i>
<code>\underline{}</code>	<u>Textbeispiel</u>

1.4.1 Default Fonts

Für das gesamte Dokument wurde eine Schriftart im cls.-File generiert

mittes des Befehls->	<code>\addtokomafont{disposition}{\rmfamily}</code>
und dem Paket Times->	<code>\RequirePackage{times}</code>

2 Grundlagen

2.1 Tabellen

Folgende Befehle für eine Tabelle:

<code>&</code>	<code>% neue Spalte</code>
<code>\\</code>	<code>% neue Zeile</code>
<code>\\[lex]</code>	<code>% neue Zeile mit Abstand lex</code>
<code>\hline</code>	<code>% horizontale Linie</code>

Ein Beispiel: Syntax:

```
\begin{tabular}[Position]{Spalten} ... \end{tabular}
```

Parameter:

Position (optional) b oder t. Spalten eine Spaltendefinition.

Beispiel für eine Tabelle:

Position 1	DM	5.49
Position 2	DM	10.95

```
\begin{tabular}[t]{lrr@{.}l}  
  Position 1 & DM & 5 & 49\\  
  Position 2 & DM & 10 & 95\\  
\end{tabular}
```

2.2 Einbindung von Tabellen

Tabellen und Grafiken werden nach Kapitel nummeriert

Tabelle 2.1: Tabelle

linke Spalte	rechte Spalte
--------------	---------------

```
\begin{table}[h]
  \caption{Tabelle}
  \begin{tabular}{rl}
    linke Spalte & rechte Spalte
  \end{tabular}
\end{table}
```

Mehr dazu :

<http://www.weinelt.de/latex/tabular.html>

<http://www.weinelt.de/latex/index.html>

<http://www.torsten-schuetze.de/tex/tabsatz-2004.pdf>

2.3 Figures

Figures sind Umgebungen mit deren Hilfe man beliebige Objekte wie zum Beispiel Tabellen oder Graphiken im laufenden Text platzieren kann.

```
\begin{figure}[ht!]
  \caption{Bildüberschrift}
  % beliebiges Objekt
\end{figure}
```

Die in eckigen Klammern angegebenen Parameter geben die Positionierung der Figure-Umgebung an

h	% Stelle, an der sich Figure befindet
t	% Anfang der (unter Umständen folgenden) Seite
b	% Ende der Seite
p	% Auf einer extra Seite
!	% Parameter haben Priorität vor Latex-internen Parametern

Mit dem Befehl `\caption{}` vor dem Bild erzeugt man eine Figure-Überschrift, bzw nach dem Objekt eine Figure-Unterschrift

2.4 Grafiken

Um Grafiken einbinden zu können ist das Paket `graphicx` in der Präambel eingebunden:

```
\RequirePackage[dvips]{graphicx}
```

Standardmäßig sollte der Parameter `dvips` verwendet werden, für „PDFLaTeX“ ist `pdftex` empfehlenswert. Der eigentliche Befehl zum Einbinden von Grafiken lautet:

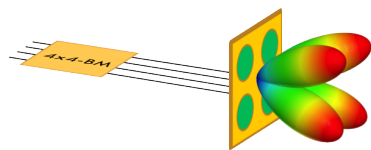
2.4.1 Beispiel für Grafiken

```
\includegraphics[key=values, key=values]{file}
```

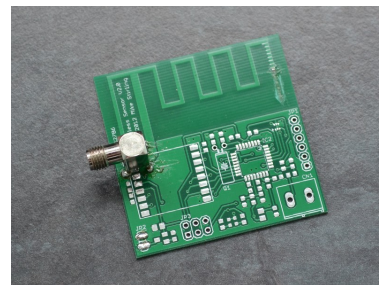
`key` kann dabei die folgenden Parameter annehmen die, mit einem Komma getrennt, beliebig kombiniert werden können:

<code>width</code>	% Breite festlegen
<code>height</code>	% Höhe festlegen
<code>angle</code>	% Rotation gegen den Uhrzeigersinn
<code>scale</code>	% Skalierung

2.4.2 Einbindung von 2 Grafiken nebeneinander



(a) Bezeichnung der linken Grafik



(b) Bezeichnung der rechten Grafik

Abbildung 2.1: Bildunterschrift

2.4.3 Darstellung von 3 Bildern nebeneinander

mit einer Minipage Umgebung

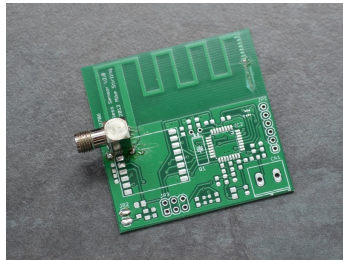


Bild 1

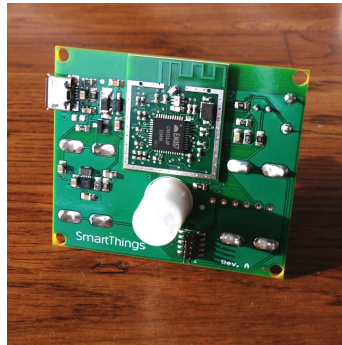


Bild 2

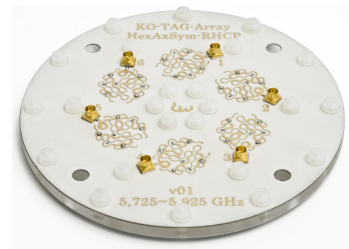


Bild 3

Abbildung 2.2: Bildunterschrift Unterschrift Bild x Die auf die Rotationsfrequenz des Innenzylinders normierten Eigenfrequenzen der gefundenen Grundmoden der Taylor-Strömung für h

2.5 Bildunterschriften

Einbindung Grafik



Abbildung 2.3: Unterschrift Bild x Die auf die Rotationsfrequenz des Innenzylinders normierten Eigenfrequenzen der gefundenen Grundmoden der Taylor-Strömung für h (Die azimutale Wellenzahl ist mit m bezeichnet.)

Mit dem Paket

```
\usepackage{ragged2e}  
\usepackage{caption}
```

sowie den Einstellungen:

```
\captionsetup{format=plain,indentation=2.3cm,font=small,labelfont=bf,  
labelsep=colon,justification=RaggedRight} ->linksbündig mit  
indentation=Einzug
```

Ansonsten: wie hier:

```
\captionsetup{font=small,labelfont=bf}
```

-> Blocksatz

Sollte es wider erwarten zu komischen Trennungen kommen - kann man die Befehle

```
\sloppy % weniger Worttrennungen, größere Wortabstände
```

```
\fussy % viele Worttrennungen, "schönere" Wortabstände
```

einfügen

2.6 Aufzählungen

```

\begin{itemize}
\item test 2. ebene
\item test 2. ebene
\begin{itemize}
\item test 3. ebene
\item test 3. ebene
\begin{itemize}
\item test 4. ebene
\item test 4. ebene
\end{itemize}
\end{itemize}
\end{itemize}
\end{itemize}
\end{itemize}
Nummerierte Listen:
\begin{enumerate}
\item Textbeispiel
\begin{enumerate}
\item Textbeispiel
\item Textbeispiel
\begin{enumerate}
\item Textbeispiel
\item Textbeispiel
\end{enumerate}
\end{enumerate}
\end{enumerate}
\end{enumerate}

```

- 1. Ebene
 - test 2. ebene
 - test 2. ebene
 - test 3. ebene
 - test 3. ebene
 - test 4. ebene
 - test 4. ebene

(alle Ebenen wieder schließen!)

1. Ebene 1
 - a) Ebene 2
 - b) Ebene 2
 - i. Ebene 3
 - ii. Ebene 3
2. Ebene 1

2.7 Farben

Um Farben verwenden zu können muss das Paket `color` Header eingebunden werden.

Folgende Befehle dienen dem Ändern von Farben:

```
\color{color}           % Ändert die Textfarbe ab hier
\color{color}{Text}     % Ändert die Textfarbe von "Text".
\pagecolor{color}       % Ändert die Hintergrundfarbe
\colorbox{color}{Text}  % Unterlegt "Text" mit der gewünschten Farbe
\fcolorbox{color1}{color2}{Text}
% Unterlegt "Text" mit color1 und Rand color2
```

Folgende Farben sind definiert:

```
\definecolor{color0}{rgb}{0,0,0}% black
\definecolor{color1}{rgb}{0.22,0.45,0.70}% light blue
\definecolor{color2}{rgb}{0.45,0.45,0.45}% dark grey
```

2.8 Matheumgebung

Folgende Befehle, um die Matheumgebung einzuschalten:

`$` % Anfang/Ende der Matheumgebung im laufenden Text

`\(` % Anfang der Matheumgebung im laufenden Text

`\)` % Ende der Matheumgebung im laufenden Text

Einzeilig:

`$$` % Anfang/Ende der Matheumgebung abgesetzter Formel

`\[` % Anfang der Matheumgebung in abgesetzter Formel

`\]` % Ende der Matheumgebung in abgesetzter Formel

`\begin{equation}` % Anfang der Matheumgeb. (abges.Formel)

`\end{equation}` % Ende der Matheumgebung in abgesetzter Formel

Mehrzeilig:

`\begin{eqnarray}` % Anfang der Matheumgebung in abgesetzter Formel

`\end{eqnarray}` % Ende der Matheumgebung in abgesetzter Formel

2.9 Formelnummerierung nach section

wer dies ändern möchte :

im cls-file

`\numberwithin{equation}{section} <- section in chapter umändern`

$$x^2 - 5x + 6 = 0 \tag{2.9.1}$$

$$x_1 = \frac{5 + \sqrt{25 - 4 \times 6}}{2} = 3 \tag{2.9.2}$$

2.10 Nummerierung der Formeln

$$E = mc^2 \tag{2.10.1}$$

3 Implementierung von xy

3.1 Running Header

Wenn keine

```
\section
```

angegeben ist, wird als Running Header nur das

```
\chapter
```

ausgegeben Code dafür im cls.-file unter

```
\RequirePackage[headsepline]{scrpage2}  
\pagestyle{scrheadings}  
\automark[chapter]{chapter}  
\clearscrheadfoot
```

Fonts:

```
\setkomafont{pageheadfoot}{%Kopfzeilen in Kapitälchen  
\normalsize\scshape}  
Fußzeile: mittig  
\cfoot[\pagemark]{\pagemark}
```

3.2 ich bin der Running Header

4 Konzept

4.1 Zitate für die Bibliography

Citation of Adler ~\cite{Adler2016}.

Citation of Adler b\cite{Adler2016b}

4.1.1 Beispiel für Zitate

Citation of Adler [Adl16a]. Citation of Adler b[Adl16b]

5 Ergebnisse

communicated with simplicity and charm. And in such a way that the reader will read on. (After all, that's a reader's job: to read, isn't it?) And by the time your readers have reached this point in the finished copy, you will have convinced them that you not only respect their intelligence, but you also unders

6 Diskussion

Text beginnt hier...his, of course, is not the real copy for this advertisement. The real words will be written once you have approved the headline. Rest assured, the words will expand the concept. With clarity. Conviction. And even a little wit. Because in today's competitive marketing environment, the body copy of your advertisement must lead the reader through a series of disarmingly

6.1 Test für Abstand der Sektion

simple thoughts. All your supporting (sup.)arguments must be communicated with simplicity and charm. And in such a way that the reader will read on. (After all, that's a reader's job: to read, isn't it?) And by the time your readers have reached this point in the finished copy, you will have convinced them that you not only respect their intelligence, but you also understand their needs as consumers. As a result of which, your advertis

6.1.1 Test für den Subsectionabstand

simple thoughts. All your supporting arguments must be communicated with simplicity and charm. And in such a way that the reader will read on. (After all, that's a reader's job: to read, isn't it?) And by the time your readers have reached this point in the finished copy, you will have convinced them that you not only respect their intelligence, but you also understand their needs as consumers. As a result of which, your advertis

7 Zusammenfassung und Ausblick (für mehrzeilige Titel)

Texte, die eine Abkürzung (Abk.) enthalten, die nicht im Duden steht, sollten ein Abkürzungsverzeichnis haben. Eine Abk., die nicht verwendet wird, steht auch nicht im Abkürzungsverzeichnis.

A Anhang

Elektronischer Anhang

Inhalt:

1. Beispiel : Entwickeltes MATLAB-Programm
2.

Hier können weiterführende Grafiken, Codefragmente oder Ähnliches eingefügt werden.....

Einbindung Grafik im Anhang



Abbildung A1: Unterschrift Bild x Die auf die Rotationsfrequenz des Innenzylinders normierten Eigenfrequenzen der gefundenen Grundmoden der Taylor-Strömung für h (Die azimutale Wellenzahl ist mit m bezeichnet.)

Abkürzungsverzeichnis

Abk. Abkürzung

sup. supporting

Literaturverzeichnis

- [Adl16a] Stephen L. Adler. A frame-dependent gravitational effective action mimics a cosmological constant, but modifies the black hole horizon. 2016.
- [Adl16b] Stephen L. Adler. Collinearity constraints for on-shell massless particle three-point functions, and implications for allowed-forbidden $n + 1$ -point functions. *Phys. Rev.*, D93(6):065028, 2016.

Albert Einstein

Persönliche Daten

Adresse	An der Kühruh 13 96123 Litzendorf
Mobil	0170 - 9732890
Email	sebastian.weller01@gmail.com
Geburtsdatum	01.04.1992
Staatsangehörigkeit	deutsch

Bachelorarbeit (optionaler Punkt)

01/2016-07/2016	Bachelorarbeit Ich bin das Thema der Bachelorarbeit
-----------------	--

Studium und Schulbildung

01/2016 - 07/2016	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg Hauptfächer Prokrastination und Bummelei
01/2010 - 01/2016	Albert-Einstein-Gymnasium, Erlangen Leistungskurse: Feiern und Relaxen

Berufliche Erfahrungen / Praktika

01/2016 - 07/2016	Wissenschaftlicher Hilfsmitarbeiter am Fraunhofer IIS
01/2016 - 07/2016	Praktikum bei Siemens Erlangen

Zusatzqualifikationen - (optional)

Sprachen	Deutsch (Muttersprache)
	Englisch (fließend in Wort und Schrift)
	Französisch (Grundkenntnisse)
Programmiersprachen	Java

Erlangen, den (Datum eintragen)

Albert Einstein