

# **Bachelorarbeit**

## **Anleitung zum Schreiben einer Bachelorarbeit**

Max Glembock (überarbeitet von Angela Kunoth)

14. März 2018

Mathematisches Institut  
Universität zu Köln

Betreuung: Prof. Dr. Angela Kunoth

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Aufbau und Inhalt der Bachelorarbeit</b>	<b>1</b>
2.1. Das Deckblatt . . . . .	2
2.2. Die Danksagung . . . . .	2
2.3. Inhaltsverzeichnis & Gliederung . . . . .	2
2.4. Die Arbeit an sich . . . . .	2
2.4.1. Die Einleitung . . . . .	3
2.4.2. Der Hauptteil . . . . .	3
2.4.3. Der Schlussteil . . . . .	4
2.5. Der Anhang . . . . .	4
2.6. Das Literaturverzeichnis . . . . .	5
2.7. Die Eigenständigkeitserklärung . . . . .	7
<b>3. Gestaltung der Bachelorarbeit</b>	<b>7</b>
3.1. Umgang mit Abbildungen und Formeln . . . . .	7
5.1. Zeitschritte und Diskretisierung im Raum . . . . .	9
3.2. Zitate, Quellenangaben und Labels . . . . .	11
3.3. Äußere Form der Arbeit . . . . .	11
3.4. Mathematische Form der Arbeit . . . . .	12
<b>4. Sonstiges</b>	<b>15</b>
4.1. Der Druck . . . . .	15
4.2. Das Kolloquium . . . . .	15
4.3. Überarbeiten & Korrigieren . . . . .	15
4.4. Literaturrecherche . . . . .	16
4.5. Kriterien der Benotung . . . . .	16
4.6. Tipps für das Arbeiten mit $\text{\LaTeX}$ . . . . .	17
4.6.1. Eigene Kommandos . . . . .	17
4.6.2. Strukturierung des Codes . . . . .	18
4.6.3. Hilfreiche Pakete . . . . .	18
4.7. Nach der Bachelorarbeit . . . . .	18
<b>A. Notationsverzeichnis</b>	<b>19</b>
<b>B. Programmcode</b>	<b>19</b>
<b>Literatur</b>	<b>20</b>

# 1. Einleitung

Die Bachelorarbeit ist für viele Studenten die Abschlussleistung ihres Grundstudiums. Die Arbeit soll der Nachweis sein, dass der Studierende in der Lage ist, eine wissenschaftliche Arbeit unter Betreuung eines Hochschullehrers selbstständig zu verfassen. Erfahrungsgemäß fällt das Erstellen einer solchen ersten Arbeit vielen Absolventen nicht leicht. Mit diesem Dokument möchte ich eine Hilfestellung geben, worauf bei der Erstellung einer Bachelorarbeit zu achten ist. Dabei konzentriere ich mich auf Bachelorarbeiten aus dem Studiengang (Wirtschafts-)Mathematik, insbesondere aus dem Fachbereich Numerik unter Betreuung der AG Kunoth. Bei der Anfertigung dieser Anleitung habe ich mich an den Quellen [Ke, Kl, Mo, PO, UB, UF, UP] und [W] orientiert.

Für das Verfassen der Bachelorarbeit soll das Softwarepaket  $\text{\LaTeX}$  benutzt werden.  $\text{\LaTeX}$  ist aufgrund seines exzellenten Formelsatzes sowie weiterer Spezifika an vielen Universitäten und Hochschulen weltweit das Standardsystem für das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten in der Mathematik und verwandten Disziplinen. Aus diesem Grund bieten die meisten Universitäten Kurse zum Erwerb des Umgangs mit  $\text{\LaTeX}$  sowie entsprechende Anleitungen an. In den folgenden Kapiteln werde ich mich oft auf die Anwendung mit  $\text{\LaTeX}$  beziehen (siehe Kapitel 4.6), und es werden Hilfen in Bezug auf bestimmte Formatierungen und Darstellungen gegeben. In Word geschriebene Arbeiten werden in der AG Kunoth nicht akzeptiert.

Eine ausreichende englischsprachige  $\text{\LaTeX}$ -Dokumentation von Wikibooks findet sich unter <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX>. Achten Sie darauf, dass Sie die Include-Funktion von  $\text{\LaTeX}$  nicht übermäßig gebrauchen und Ihre Arbeit in so wenig  $\text{\LaTeX}$ -Unterfiles wie möglich aufteilen. Es ist nicht notwendig, für jedes Unterkapitel ein separates File zu erstellen.

Sie können Ihre Bachelorarbeit sowohl in deutscher als auch in englischer Sprache verfassen. In beiden Fällen ist es essenziell, dass Sie die entsprechende Sprache fehlerfrei und grammatikalisch korrekt beherrschen. Es wird eine absolut korrekte Schreibweise und Zeichensetzung erwartet. Rechtschreib- und Grammatikfehler führen zu Abwertungen in der Benotung (siehe Kapitel 4.5).

Der Aufbau, Stil und das Layout dieser Anleitung soll Ihnen als Vorlage für Ihre Bachelorarbeit dienen. Das zugrundeliegende  $\text{\LaTeX}$ -File wird Ihnen ebenfalls zur Verfügung gestellt. Lesen Sie diese Anleitung daher sorgfältig.

Es sei betont, dass dieser Text kein Ersatz zur Prüfungsordnung Ihres Studiengangs an der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln ist. Informieren Sie sich zuerst über die aktuellen Formalitäten und Richtlinien in den offiziellen Dokumenten, die auf der Internetseite des Mathematischen Instituts veröffentlicht werden.

# 2. Aufbau und Inhalt der Bachelorarbeit

Erstes und wichtigstes Thema sind die Struktur des Aufbaus und des Inhalts einer Bachelorarbeit. Die nachfolgenden Abschnitte werden in der Reihenfolge besprochen, wie sie auch in Ihrer Bachelorarbeit vorkommen sollten.

## 2.1. Das Deckblatt

Das Deckblatt Ihrer Bachelorarbeit ist entsprechend dem Deckblatt dieser Anleitung zu gestaltet. Aus Gründen des Datenschutzes soll weder Ihre Adresse noch Ihre E-Mail-Adresse noch Ihre Matrikelnummer auf dem Deckblatt angegeben werden. Optional können Sie das Logo der Universität zu Köln über den Text einfügen. Wichtig ist, dass Sie neben dem Titel Ihrer Bachelorarbeit, Ihrem eigenen Namen sowie dem Datum der Abgabe auch die Betreuerin Ihrer Bachelorarbeit nennen.

## 2.2. Die Danksagung

In der Danksagung sollten Sie den Menschen danken, die Ihnen bei der Erstellung Ihrer Arbeit durch Verständnis, Form und Motivation geholfen haben. Hierzu gehören neben Ihrer betreuenden Professorin auch weitere Betreuer, wie die Assistenz des Professors oder kontaktierte Sachverständige. Ebenfalls sind die Personen zu nennen, mit denen Sie bei der Erstellung der Arbeit zusammen gearbeitet oder deren Programme, Beweise oder sonstige Hilfsmittel Sie bezogen haben. Auch Kommilitonen, die Ihre Arbeit Korrektur gelesen haben, sind zu bedenken. Abschließend können Sie Personen aus Ihrem persönlichen Umfeld wie Familienangehörigen oder Freunden danken, die Sie während des Arbeitsprozesses unterstützt haben. Eine Danksagung kann für diese Anleitung wie folgt aussehen:

Ganz herzlich bedanke ich mich bei Frau Prof. Dr. Angela Kunoth für die Anstellung als wissenschaftliche Hilfskraft in ihrer Arbeitsgruppe und die gute inhaltliche Betreuung.
--

Max Glembock
--------------

## 2.3. Inhaltsverzeichnis & Gliederung

Im Inhaltsverzeichnis gibt der Verfasser eine Übersicht über die vom ihm gesetzten und in der Arbeit behandelten Schwerpunkte. Diese Schwerpunkte sollen so strukturiert und angeordnet sein, dass sich ein logischer Gedankenfluss ergibt und der Leser dem Verlauf der Arbeit gut folgen kann. Entsprechend ist es wichtig, dass Sie den einzelnen Kapiteln und Abschnitten zu ihrem Inhalt passende Überschriften geben. Man kann eine Gliederung als gelungen ansehen, wenn ein Leser, der nicht über das Thema der Arbeit informiert ist, anhand der Anordnung und den Überschriften der Kapitel problemfrei auf den Inhalt und Verlauf der Arbeit schließen kann.

Die Gliederung erfolgt entsprechend der numerischen Klassifikation mit arabischen Ziffern. Es sollte jedoch eine zu starke Untergliederung vermieden werden, da dies zu Unübersichtlichkeit führt und der Lesefluss behindert werden kann. Beschränken Sie sich daher auf drei Gliederungsstufen. Ferner muss jede Gliederungsstufe bei weiterer Untergliederung mindestens zwei Unterpunkte enthalten. Ein Beispiel für die anzuwendende numerische Klassifikation ist die Nummerierung des Inhaltsverzeichnisses dieser Anleitung. In  $\text{\LaTeX}$  wird das Inhaltsverzeichnis durch den Befehl `\tableofcontents` automatisch erzeugt.

## 2.4. Die Arbeit an sich

Ihre Bachelorarbeit soll aus drei Dokumentteilen bestehen; der Einleitung, dem Hauptteil und dem Schlussteil. Alle drei Teile haben ihre eigene Wichtigkeit und sollen sich in der Gesamtbetrachtung ergänzen.

Bei allen drei Abschnitten ist neben korrekter Grammatik und Rechtschreibung ein angenehmer Lesefluss zu gewährleisten. Unnötige Verschachtelungen sowie Sätze, die sich über mehrere Zeilen erstrecken, erschweren die Lesbarkeit des Textes und sollten vermieden werden. Füllwörter, wie „doch“, „schon“, „halt“ oder „auch“ sind ebenfalls zu vermeiden. Verwenden Sie keine Umgangssprache wie „Hier sieht man nämlich...“ sowie überflüssige Metaphern oder sonstige stilistische Mittel wie „Dieses Erkenntnis schlug ein wie eine Bombe...“. Schreiben Sie (wenn möglich) in der Aktivform, um die Lebendigkeit Ihres Textes zu erhöhen.

Grammatikalisch kann man sowohl in der ersten Person Singular als auch in der ersten Person Plural schreiben, sofern dieser Stil nicht überhand nimmt und an passenden Stellen verwendet wird. Neben Einleitung und Schlussteil eignen sich kleine Zwischenergebnisse („Wir haben gesehen, dass...“) oder kurze Kapiteleinleitungen („Im Folgenden betrachten wir...“) für einen solchen Schreibstil. Persönliche Entscheidungen („Dieses Beispiel habe ich gewählt, weil...“) kann man ebenfalls in der ersten Person Singular begründen.

### 2.4.1. Die Einleitung

Die Einleitung Ihrer Bachelorarbeit ist der Part, in dem Sie es schaffen sollten, Ihr Werk so spannend und interessant wie möglich darzustellen. Eine Einleitung soll Anreize für den Leser enthalten und die Bedeutung des behandelten Themas hervorheben. Es soll klar werden, warum Sie genau dieses Thema als Thema für Ihre Qualifizierungsarbeit gewählt haben und was die Motivation hinter dieser Wahl ist. Zum Ende der Einleitung soll der Leser wirkliches Interesse daran entwickelt haben, Ihre Arbeit lesen zu wollen — vor allem, wenn Sie mathematisch technisch aufwendig ist. Sie sollten als Zielgruppe der Einleitung nicht nur die Spezialisten auf dem Gebiet Ihrer Arbeit erreichen wollen, sondern auch Familie, Freunde und spätere Arbeitgeber.

Essenziell ist, dass Sie in der Einleitung die Fragestellung Ihrer Bachelorarbeit nennen und diese begründen. Ein wesentlicher Abschnitt der Einleitung sollte mit den Worten „Ziel dieser Arbeit ist es, ...“ beginnen. Dennoch sollte die Einleitung nicht der wissenschaftlichste Teil Ihrer Arbeit sein und kann etwa die Geschichte der behandelten Fragestellung, Beispiele für die praktische Anwendung sowie die Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext erläutern. Ferner sollte der Leser erfahren, mit welchen Themen sich die einzelnen Abschnitte befassen und was das Ziel der Untersuchungen ist. Beachten Sie, dass eine Einleitung **keine Zusammenfassung** ist und es ausreicht, wenn Sie zum Ende der Einleitung die Themen kurz umreißen.

Letztlich können Sie darauf eingehen, wie Sie sich mit dem Thema auseinander gesetzt haben (beispielsweise durch eigene Programmierung oder Simulationen). Sollte der Arbeit eine Hauptreferenz zugrunde liegen, ist diese in der Einleitung zu nennen.

### 2.4.2. Der Hauptteil

Der Hauptteil bildet das Kernstück Ihrer Bachelorarbeit. Er enthält die wissenschaftlichen Ausführungen und Untersuchungen der Arbeit und sollte daher sowohl formal als auch inhaltlich logisch strukturiert sein. Der Aufbau und Inhalt kann vom Autor selbst festgelegt werden, jedoch empfiehlt es sich (gerade in mathematischen Ausarbeitungen) mit den essenziellen und für das Verständnis notwendigen Grundlagen zu beginnen. Diese Grundlagen sollten sich jedoch auf das Thema der Arbeit beziehen und nicht allgemeiner Natur sein. Allgemeine mathematische Grundlagen aus der Analysis oder Linearen Algebra können zur gedanklichen Auffrischung des

Lesers und zur Abrundung der mathematischen Theorie in den Anhang eingefügt werden.

Wie in Absatz 2.3 bereits erwähnt, ist eine schlüssige Gliederung unabdingbar für eine hochwertige Bachelorarbeit. Nach jeder Kapitelüberschrift sollte ein kurzer Einleitungstext folgen, bevor ein neues Unterkapitel beginnt. In diesem Text können Sie die genauere Struktur des jeweiligen Kapitels erörtern, um so den roten Faden stärker herauszuarbeiten.

Der Hauptteil soll sich durch Prägnanz, Logik und Sachlichkeit auszeichnen. Exkurse oder Beispiele sind entsprechend zu kennzeichnen. Eine wertungsfreie Darstellung wird vorausgesetzt und beschreibende Wörter wie „groß“ oder „viele“ sind immer in ihrem jeweiligen Sachzusammenhang klar verständlich zu machen. Eine inhaltliche Unterteilung des Textes in mehrere Absätze macht den Text zudem übersichtlicher.

### **2.4.3. Der Schlussteil**

Der Schlussteil dient der Abrundung Ihrer Bachelorarbeit und sollte neben einer kurzen Zusammenfassung die Schlussfolgerungen enthalten, die Sie aus den Untersuchungen Ihrer Arbeit gewinnen konnten. Hinterfragen Sie diese Schlussfolgerungen kritisch und vergleichen Sie sie gegebenenfalls. Haben Sie in Ihrer Einleitung eine explizite Fragestellung formuliert, so ist diese aufzugreifen und zu beantworten. Im Schlussteil sind keine neuen Daten oder Fakten Ihrerseits vorzustellen. Wenn möglich, geben Sie einen Ausblick auf die zukünftige Entwicklung des behandelten Themas oder nennen Sie weiterführende Literatur.

## **2.5. Der Anhang**

Der Anhang beinhaltet all das, was nicht zwingend zum Verständnis des Textes notwendig ist und/oder den Lesefluss in grobem Maße beeinträchtigen würde. Der Anhang ist mit Großbuchstaben durchnummerieren. In einer mathematischen Bachelorarbeit können folgende Ausführungen optional im Anhang enthalten sein:

- Mathematische Grundlagen (zur gedanklichen Auffrischung),
- längerer Programmiercode (eine Seite oder mehr),
- Beispiele (nur relevant, wenn diese der Verdeutlichung der Arbeit dienen, sonst im Hauptteil oder in der Einleitung),
- Simulationen,
- Beweise (eine Seite oder länger, es sei denn, sie sind wesentliches Ergebnis der Arbeit),
- Tabellen,
- andere Übersichten und Schaubilder.

Ein Notationsverzeichnis ist obligatorisch zu erstellen. Dieses hat alle Symbole und Variablen in der Reihenfolge zu enthalten, wie sie in der Arbeit auftreten. Bei einem längeren Notationsverzeichnis empfiehlt es sich, dieses aus Gründen der Übersichtlichkeit nach den Kapiteln Ihrer Arbeit zu unterteilen. Es ist hilfreich, wenn Sie das Notationsverzeichnis parallel zu Ihrer Bachelorarbeit erstellen. So merken Sie, ob eine Variable bereits belegt ist und können gegebenenfalls Umbenennungen vornehmen, um Mehrdeutigkeiten zu vermeiden. Ein exemplarisches

Notationsverzeichnis ist am Ende dieser Anleitung eingefügt (siehe Anhang A).

In L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kann ein Anhang durch den Befehl `\appendix` begonnen werden. Die Nummerierung der Kapitel mit Großbuchstaben erfolgt dabei automatisch.

## 2.6. Das Literaturverzeichnis

Das Literaturverzeichnis soll alle in der Arbeit nachweislich berücksichtigten Titel enthalten. Jeder Titel ist mit den wesentlichen bibliographischen Angaben (Name der Autoren, Titel der Veröffentlichung, Auflage, Erscheinungsort und Erscheinungsdatum/-jahr) in alphabetischer Reihenfolge aufzulisten. Die Auflistung der Titel hat in einem einheitlichen Format zu erfolgen.

Es können sowohl Monographien als auch Aufsätze, Zeitschriftenartikel und Internetfundstellen als Literaturquellen verwendet werden. Bei Zeitschriftenartikeln sind zusätzlich die Seitenzahlen sowie die Ausgabennummer anzugeben. Bei Internetseiten ist neben dem Erscheinungsdatum auch das Datum des letzten Aufrufs sowie der entsprechende Link anzugeben. Mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X ist das Einpflegen eines Links durch Einbinden des Pakets `url` über das Kommando `\url{...}` möglich. Bei Dokumenten von Universitäten oder Hochschulen wie Bachelorarbeiten oder Skripten ist das entsprechende Institut respektive die Fakultät anzugeben. Falls es nicht möglich ist, den Autor eines Artikels zu ermitteln, so ist diese Literaturquelle mit dem Namen „o.V.“ („ohne Verfasser“) zu kennzeichnen. Jede verwendete Form von Literatur ist im Text zu erwähnen.

In L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X sollte das Literaturverzeichnis mit der bereits integrierten Umgebung `thebibliography` am Ende des Hauptfiles angelegt werden. Die Verwendung von BibTeX oder ähnlichen Verwaltungsprogrammen ist nicht notwendig. Eine beispielhafte Codierung ist im Folgenden angegeben.

Beispiel eines Literaturverzeichnisses (Code):

```
\begin{thebibliography}{999}

\bibitem[BM]{BM} A. Bilgin, M.W. Marcellin, {\em JPEG2000 for Digital Cinema},
University of Arizona, College of Engineering, heruntergeladen am 28.7.2014
unter \url{http://www2.engr.arizona.edu/~bilgin/publications/ISCAS2006.pdf}.

\bibitem[CDF]{CDF} A. Cohen, I. Daubechies, J.-C. Feauveau, {\em Biorthogonal
bases of compactly supported wavelets}, Comm. Pure and Appl. Math.
\textbf{45}, pp. 485-560, 1992.

\bibitem[DKU]{DKU} W. Dahmen, A. Kunoth, K. Urban, {\em Biorthogonal Spline
Wavelets on the Interval - Stability and Moment Conditions}, Applied and
Computational Harmonic Analysis \textbf{6}, pp. 132-196, 1999.

\bibitem[H]{H} N.J. Higham, {\em Accuracy and Stability of Numerical
Algorithms}, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia,
2002.

\bibitem[M]{M} C. Mollet, {\em Excitonic Eigenstates in Disordered
Semiconductor Quantum Wires: Adaptive Calculation of Eigenvalues for the
```

Electronic Schrödinger Equation based on Wavelets}, Diplomarbeit, Institut für Mathematik, Universität Paderborn, Shaker-Verlag, August 2011.

\bibitem[PH]{PH} G. Plonka-Hoch, {\em Skript zur Vorlesung Anwendungsorientierte Fourieranalysis}, Kapitel 8, WS 2008/09, Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Mathematik, heruntergeladen am 20.6.2013 unter \url{https://www.uni-due.de/~hm0029/Fourieranalysis/Fourieranalysis.html}.

\bibitem[T]{T} M. Tieves, {\em Multi-Skalen-Analyse}, Ausarbeitung zum Vortrag im Seminar Signalverarbeitung und Wavelets, WS 2008/09, Institut für Geometrie & Praktische Mathematik, RWTH Aachen, heruntergeladen am 21.6.2014 unter \url{http://www.igpm.rwth-aachen.de/SeminarSignalverarbeitung}.

\end{thebibliography}

Beispiel eines Literaturverzeichnisses (Ausgabe):

## Literatur

- [BM] A. Bilgin, M.W. Marcellin, *JPEG2000 for Digital Cinema*, University of Arizona, College of Engineering, heruntergeladen am 28.7.2014 unter <http://www2.engr.arizona.edu/~bilgin/publications/ISCAS2006.pdf>.
- [CDF] A. Cohen, I. Daubechies, J.-C. Feauveau, *Biorthogonal bases of compactly supported wavelets*, Comm. Pure and Appl. Math. **45**, pp. 485-560, 1992.
- [DKU] W. Dahmen, A. Kunoth, K. Urban, *Biorthogonal Spline Wavelets on the Interval - Stability and Moment Conditions*, Applied and Computational Harmonic Analysis **6**, pp. 132-196, 1999.
- [H] N.J. Higham, *Accuracy and Stability of Numerical Algorithms*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, 2002.
- [M] C. Mollet, *Excitonic Eigenstates in Disordered Semiconductor Quantum Wires: Adaptive Calculation of Eigenvalues for the Electronic Schrödinger Equation based on Wavelets*, Diplomarbeit, Institut für Mathematik, Universität Paderborn, Shaker-Verlag, August 2011.
- [PH] G. Plonka-Hoch, *Skript zur Vorlesung Anwendungsorientierte Fourieranalysis*, Kapitel 8, WS 2008/09, Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Mathematik, heruntergeladen am 20.6.2013 unter <https://www.uni-due.de/~hm0029/Fourieranalysis/Fourieranalysis.html>.
- [T] M. Tieves, *Multi-Skalen-Analyse*, Ausarbeitung zum Vortrag im Seminar Signalverarbeitung und Wavelets, WS 2008/09, Institut für Geometrie & Praktische Mathematik, RWTH Aachen, heruntergeladen am 21.6.2014 unter <http://www.igpm.rwth-aachen.de/SeminarSignalverarbeitung>.



Beachten Sie, dass Sie das Literaturverzeichnis manuell in das Inhaltsverzeichnis einbinden müssen. Dies kann über den Befehl `\addcontentsline{toc}{section}{Literatur}` erfolgen. Zur automatisierten Setzung der korrekten Labels ist es notwendig, dass Sie Ihr L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-File zweimal kompilieren.

## 2.7. Die Eigenständigkeitserklärung

Die letzte Seite Ihrer Bachelorarbeit hat aus der Eigenständigkeitserklärung zu bestehen. In dieser versichern Sie, dass Sie Ihre Arbeit selbstständig und ohne die Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt haben. Die Eigenständigkeitserklärung muss unterschrieben und mit dem Datum der Abgabe der Bachelorarbeit eingereicht werden.

Die Erklärung muss auch dann in deutscher Sprache abgegeben werden, wenn Ihre Arbeit in englischer Sprache verfasst wurde. Eine Zuwiderhandlung gegen die in der Eigenständigkeitserklärung versicherten Aussagen kann nachträglich die Aberkennung des Bachelorgrades zur Folge haben.

Eine exemplarische Eigenständigkeitserklärung kann wie folgt aussehen:

Hiermit versichere ich, Max Glembock, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, dass alle Stellen der Arbeit, die wörtlich oder sinngemäß aus anderen Quellen übernommen wurden, als solche kenntlich gemacht worden sind, und dass die Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt wurde. Ich versichere, dass die eingereichte elektronische Fassung der eingereichten Druckfassung vollständig entspricht.

Köln, den 14. März 2018

Max Glembock

**Achtung:** Dieser Text ist kein Ersatz zur Prüfungsordnung Ihres Studienganges an der Universität zu Köln. Informieren Sie sich immer zuerst über die aktuellen Formalitäten und Richtlinien in den offiziellen Dokumenten, die auf der Internetseite des Mathematischen Instituts veröffentlicht werden.

## 3. Gestaltung der Bachelorarbeit

Die Gestaltung einer wissenschaftlichen Arbeit ist nicht weniger wichtig als der Inhalt, den sie enthält. Eine vernünftige Gestaltung soll das Lesen der Arbeit vereinfachen und durch eine konsequente Darstellung Seriosität vermitteln. Welche Dinge Sie hierbei im Besonderen beachten sollten, erläutere ich im Folgenden.

### 3.1. Umgang mit Abbildungen und Formeln

L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X bietet dem Anwender beim Umgang mit Abbildungen und Formeln große Freiheiten. Neben einer exakten Formatierung wird die Möglichkeit einer benutzerdefinierten Nummerierung geboten. Alle Abbildungen sind entsprechend der Reihenfolge ihres Erscheinens fortlaufend zu

nummerieren. Formeln gilt es aufgrund ihrer Häufigkeit nur dann zu nummerieren, wenn innerhalb der Arbeit auf diese verwiesen wird (siehe Kapitel 3.2). Die Nummerierung sollte sich an der Nummerierung des entsprechenden Überkapitels orientieren. Wird also in Kapitel 2.3 eine Formel verwendet, so erhält diese die Nummer (2.3.1). Folgt im selben Abschnitt eine Abbildung, so erhält diese die Nummer (2.3.2) und so weiter. In der Präambel des L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Dokuments sollte für die Verwendung dieser Nummerierung folgender Code eingefügt werden:

```
% Undefinierung des Zählers der equation-Umgebung
\renewcommand{\theequation}{\thesection.\arabic{equation}}
\renewcommand{\thefigure}{\thesection.\arabic{equation}}
```

Im obigen Code-Abschnitt orientiert sich die Nummerierung an den Kapiteln der ersten Ebene. Soll die Nummerierung auf zweiter Ebene erfolgen, gilt es `\thesection` durch `\thesubsection` zu ersetzen. Beachten Sie, dass Sie nach Beginn jedes neuen (Unter-)Kapitels den Zähler für Formeln zurücksetzen müssen. Dies können Sie mittels des Befehls `\setcounter{equation}{0}` machen. Ein Beispiel ist im Folgenden angegeben.

Beispiel für eine Formel mit Label und Verweis im Text (Code):

```
\subsection{Zeitschritte und Diskretisierung im Raum}
\setcounter{equation}{0}

Sei  $k = T/M$  ein Zeitschritt mit  $M \in \mathbb{N}$ . Wir bezeichnen mit  $U^m$ ,  $m=0,1,\dots,M$ , die Lösung der folgenden impliziten Euler-Diskretisierung von \eqref{loc1}--\eqref{loc2}:

\begin{align}
& ( \underline{\partial} U^m, v - U^{m+1} )_{L^2(\Omega_R)} + a(U^{m+1}, v - U^{m+1}) \geq - a(\Gamma, v - U^{m+1}) \quad \text{\label{er1}} \\
& \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \text{f.ü. in } (0,T), \quad \text{für alle} \\
& \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad v \in V \cap \mathcal{K}_0, \quad \text{\label{er2}} \\
& U^0 = 0. \quad \text{\label{er2}}
\end{align}

 $\underline{\partial}$  bezeichne hierbei den Finite-Differenzen-Operator
 $\underline{\partial} U^m := (U^{m+1} - U^m) / k$ .

Die Folge von Ungleichung \eqref{er1}--\eqref{er2} sind elliptische Variationsungleichungen und können durch eine Einschränkung von  $V$  auf einen endlich-dimensionalen Unterraum  $V_N$  zu einer Folge von endlich-dimensionalen linearen Komplementaritätsproblemen vereinfacht werden.
```

Beispiel für eine Formel mit Label und Verweis im Text (Ausgabe):

### 5.1. Zeitschritte und Diskretisierung im Raum

Sei  $k = T/M$  ein Zeitschritt mit  $M \in \mathbb{N}$ . Wir bezeichnen mit  $U^m, m = 0, 1, \dots, M$ , die Lösung der folgenden impliziten Euler-Diskretisierung von (4.3.1)–(4.3.2):

$$(\partial U^m, v - U^{m+1})_{L^2(\Omega_R)} + a(U^{m+1}, v - U^{m+1}) \geq -a(\Gamma, v - U^{m+1}) \quad (5.1.1)$$

f.ü. in  $(0, T)$ , für alle  $v \in V \cap \mathcal{K}_0$ ,

$$U^0 = 0. \quad (5.1.2)$$

$\partial$  bezeichne hierbei den Finite-Differenzen-Operator  $\partial U^m := (U^{m+1} - U^m)/k$ .

Die Folge von Ungleichung (5.1.1)–(5.1.2) sind elliptische Variationsungleichungen und können durch eine Einschränkung von  $V$  auf einen endlich-dimensionalen Unterraum  $V_N$  zu einer Folge von endlich-dimensionalen *linearen Komplementaritätsproblemen* vereinfacht werden.

Abbildungen können Sie mit der Umgebung `figure` einbinden. Pflegen Sie jede Abbildung in möglichst hoher Auflösung zentral ein und achten Sie darauf, dass jedes Textstück innerhalb der Abbildung gut lesbar ist. Beschriften Sie jede Abbildung. In  $\text{\LaTeX}$  wird eine Beschriftung innerhalb der `figure`-Umgebung durch das Kommando `\caption{...}` möglich gemacht. Eine beispielhafte Codierung ist im Folgenden angegeben.

Beispiel für die Einbindung einer Abbildung (Code):

```
\begin{figure}
\addtocounter{equation}{1}
\centering
\includegraphics[height=6.5cm]{Trend_Grad1.jpg}
\caption{Darstellung des Trendpolynoms  $p_1(t)$  aus (4.9) zum Datensatz
 $\mathbb{D}_1$ .}
\end{figure}
```

Beispiel für die Einbindung einer Abbildung (Ausgabe):

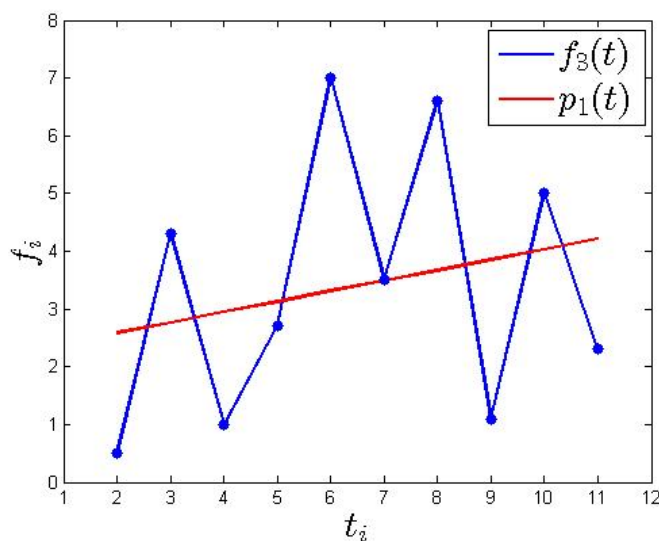


Abbildung 3.1.1: Darstellung des Trendpolynoms  $p_1(t)$  aus (4.9) zum Datensatz  $\mathbb{D}_1$ .

Durch die Zeile `\addtocounter{equation}{1}` wird sicher gestellt, dass sich der Zähler um Eins erhöht. So werden Abbildungen wie Formeln durchnummeriert. Haben Sie die Abbildung nicht selbst erstellt, ist eine Quellenangabe unbedingt erforderlich. Diese kann ebenfalls in der Caption untergebracht werden.

Sollten Abbildungen verwendet werden, die mithilfe von Matlab erstellt wurden, so ist sowohl die Achsenbeschriftung als auch die Legende in  $\text{\LaTeX}$ -Formatierung darzustellen. Die Übersichtlichkeit der Abbildungen kann durch Verwendung entsprechender Farbschemata sowie diverser weiterer Einstellungen von Matlab verstärkt werden (verstärkte Linewidth bei 2D-Plots, Bullet-points bei Messdatenauswertungen,...).

Möchten Sie kommutative Diagramme oder Schaltkreisdarstellungen in Ihre Arbeit einbinden, so können Sie diese durch das Paket `xy` selbst erstellen. Das Einpflegen von separaten Abbildungen ist in diesen Fällen also nicht notwendig. Für die Anwendung des Pakets informieren Sie sich bitte in einer entsprechenden Dokumentation.

Für einzeilige Formeln kann die Umgebung `equation` verwendet werden, für mehrzeilige Formeln die Umgebung `align`. Bei beiden Umgebungen erfolgt eine (zeilenweise) Nummerierung automatisch, wobei man durch den Gebrauch des Kommandos `\notag` die Nummerierung in der entsprechenden Zeile unterdrücken kann. Sollten Sie eine Formel nicht nummerieren wollen, so können Sie die Umgebungen `equation*` beziehungsweise `align*` verwenden.

### 3.2. Zitate, Quellenangaben und Labels

Die Verwendung fremder Gedanken und Ausführungen ist grundsätzlich durch eine genaue Quellenangabe kenntlich zu machen. In mathematischen Arbeiten hat diese Kenntlichmachung aufgrund der allgemeinen Gültigkeit der Aussagen auf eine andere Art zu erfolgen, als man sie vielleicht in der Schule kennen gelernt hat. Eine besondere Bedeutung kommt dabei dem Label-System von  $\text{\LaTeX}$  zu.

Es ist unüblich, in mathematischen Arbeiten Zitate zu verwenden. Sollte ein Zitat als stilistisches Mittel verwendet werden (beispielsweise eine Aussage Fermats in der Einleitung), so ist die Darstellung der Kenntlichmachung dem Autor freigestellt.

Anders ist es bei Definitionen, Sätzen oder Beweisen, die nicht zu den Grundlagen der Mathematik gehören. Für diese ist stets eine Quellenangabe mit Seitenzahl zu nennen. Da Sie alle Ihre Quellen im Literaturverzeichnis angeben, erlaubt  $\text{\LaTeX}$  einen Aufruf des entsprechenden Quellenkürzels durch das Kommando `\cite{...}`. Bei Beweisen ist es manchmal ausreichend, diese nicht vollständig einzupflegen, sondern auf die entsprechende Arbeit zu verweisen. Sollten Sie Beweise in Ihrer Arbeit einbringen (beispielsweise weil sie zum Verständnis notwendig sind), die Sie nicht selbst entwickelt haben, so ist die Quelle zu nennen. Haben Sie Beweise selbst geführt oder ausführlicher dargestellt als in der Literatur, ist dies hervorzuheben.

Sollten Sie innerhalb Ihrer Arbeit auf Formeln, Kapitel, Definitionen oder andere nummerierte Objekte verweisen wollen, so dient das Label-System von  $\text{\LaTeX}$  als wichtiges Hilfsmittel. In der zu verweisenden Umgebung können Sie mit dem Kommando `\label{...}` eine Marke setzen, welche die dazugehörige Nummerierung dauerhaft speichert. Möchten Sie diese nun aufrufen, so können Sie das durch den Befehl `\ref{...}` tun (bei Formeln durch `\eqref{...}`).

Möchten Sie Ihre eingesetzten Labels im PDF-File angezeigt bekommen, so kann dies mit dem Paket `showkeys` geschehen. Denken Sie jedoch daran, dass diese Sichtbarmachung lediglich dem Erstellungsprozess der Arbeit dient und vor dem Druck beziehungsweise der finalen Abgabe entfernt werden muss.

### 3.3. Äußere Form der Arbeit

Die äußere Form der Arbeit ist ein sehr wichtiger Punkt, da Sie das Erste ist, was der Leser (noch vor dem eigentlichen Inhalt) zu Gesicht bekommt und womit er sich beschäftigt.  $\text{\LaTeX}$  bietet für die Formatierung des Textes eine große Bandbreite an Befehlen, besitzt jedoch auch schon genügend Voreinstellungen. Im Folgenden werden die formalen Richtlinien aufgelistet, die Sie beim Verfassen Ihrer Arbeit erfüllen müssen:

- Verwenden Sie die Dokumentklasse `scrartcl` mit einer Schriftgröße von 11pt. Der Seitenspiegel sollte maximal 15.5cm breit und 22cm hoch sein.
- Verfassen Sie Ihre Arbeit in Blocksatz (in  $\text{\LaTeX}$  ist dieser bereits voreingestellt).
- Vermeiden Sie Abkürzungen wie „bzw.“ oder „z.B.“. Schreiben Sie die Wörter aus.
- Schreiben Sie nicht über die Seitenränder Ihrer Arbeit hinaus. Bei der Verwendung von Formeln im Text kann es gelegentlich zu diesem Problem kommen (In  $\text{\LaTeX}$  wird dies beim Kompilieren durch `Overfull boxes` angezeigt). Fügen Sie entsprechend Zeilenumbrüche ein.

- Ein einzelner Satz rechtfertigt keinen eigenen Abschnitt.
- Schreiben Sie grammatikalisch korrekt. Beispielsweise heißt es korrekt „Der Beweis des Lemmas folgt...“ anstatt „Der Beweis von dem / vom Lemma folgt...“.

Der Umfang Ihrer Bachelorarbeit sollte zwischen 30 und 50 Seiten betragen (ohne Anhang, Deckblatt und Sonstiges), damit die Qualität Ihrer Qualifizierungsarbeit nicht von der Restriktion eines festgelegten Umfangs eingeschränkt wird.

Für die Seitennummerierung Ihrer Bachelorarbeit gilt die allgemeine Regelung:

- |  |  |
|--|--|
| 1. Titelblatt sowie Leerseiten:  | keine Nummerierung                                       |
| 2. Danksagung und Inhaltsverzeichnis:                                    | durchlaufende römische Nummerierung<br>(Kleinbuchstaben) |
| 3. Text, Anhang, Literaturverzeichnis und<br>Eigenständigkeitserklärung: | durchlaufende arabische Nummerierung                     |

Sie können in  $\text{\LaTeX}$  die Seitennummerierung einer Seite über den Befehl `\thispagestyle{empty}` unterdrücken. Die Seitenzahlen können Sie über den Befehl `\setcounter{page}{number}` beeinflussen, wobei Sie für `number` die gewünschte Seitenzahl eintragen. Die Zahldarstellung können Sie über den Befehl `\pagenumbering{style}` ändern. Sie können für `style` die Argumente `roman` beziehungsweise `Roman` oder `arabic` verwenden, je nachdem, ob Sie kleine beziehungsweise große römische Ziffern oder eine arabische Nummerierung verwenden möchten. Beachten Sie, dass durch die Verwendung von `\pagenumbering` die Seitenzählung automatisch auf „1“ zurückgesetzt wird.

### 3.4. Mathematische Form der Arbeit

Die mathematische Form der Bachelorarbeit ist erfahrungsgemäß der Teil, der am anfälligsten für Fehler ist. Dies ist darin begründet, dass in mathematischen Arbeiten eine ganz andere Form einzuhalten ist, als zum Beispiel in Vorlesungen und Skripten vermittelt wird. Die wichtigsten Formalien lauten wie folgt:

- Im Fließtext gilt es, alle verwendeten Variablen oder sonstigen mathematischen Symbole im Formelsatz  $\$... \$$  zu formatieren. Anstelle von „Sei  $n$  die Anzahl...“ ist also „Sei  $n$  die Anzahl...“ zu schreiben.
- Sätze werden mit einem Punkt beendet, auch wenn das Satzende eine Formel ist. Dies gilt ebenfalls für abgesetzte Formeln.
- Vermeiden Sie Unterklammern oder Oberklammern (under-, overbraces). Das sieht nie gut aus, auch wenn es in einer Tafelvorlesung passend ist.
- Vermeiden Sie die Quantoren  $\forall$  („für alle“) und  $\exists$  („es gibt“) im Text und in Formeln. Es gibt nur seltene Ausnahmen, in denen Formeln typographisch besser dastehen, wenn diese Symbole genutzt werden.
- Vermeiden Sie es, übermäßig lange Gleichungen einzubinden. Die gepflegten Gleichungen sollten nicht über mehr als drei Zeilen reichen. Fügen Sie stattdessen Zwischenabsätze ein, in denen Sie Ihre Schritte erläutern. Die Schritte sollten in dem Maß erklärt werden, das ein kenntnisreicher Leser braucht, um die logische Abfolge zu verstehen.

- Schreiben Sie mathematische Funktionen mit Eigennamen stets aufrecht und nicht kursiv. Im Formelsatz von L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X sind standardmäßig Kommandos wie `\sin`, `\cos`, `\min`, `\max`, ... eingespeichert, die die entsprechenden Funktionen aufrecht darstellen. Sie können durch das Kommando `\textup{...}` im Formelsatz weitere Begriffe in die gewünschte Form bringen.
- Verwenden Sie in mathematischen Formeln anstatt der Variable  $l$  stets die Variable  $\ell$ , da es sonst leicht zu Verwechslungen mit der Zahl 1 kommen kann. Sie können dieses Symbol über den Befehl `\ell` einfügen.
- Wenn Sie Auslassungspunkte verwenden, benutzen in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X den Befehl `\ldots` (...) und geben Sie nicht drei Punkte (...) ein.
- Passen Sie bei der Klammerung von Formeln die Klammergröße an den größten Term innerhalb der Formel an. Anstatt  $(\frac{1}{2})$  zu schreiben, verwenden Sie also  $(\frac{1}{2})$ . Sie können die Klammergröße über den Befehl `\left( ... \right)` beziehungsweise über die Größenabstufungen `\big`, `\bigg`, `\Big` und `\Bigg` anpassen.
- Wenn es vermeidbar ist, verwenden Sie im Exponenten keine Bruchstriche, sondern den Backslash-Operator. Anstatt  $e^{\frac{1}{2}}$  zu schreiben, schreiben Sie also  $e^{1/2}$  oder  $\exp\left(\frac{1}{2}\right)$ .
- Verwenden Sie die üblichen mathematischen Notationen und beschreiben Sie Variablen und Indizes mit den gängigen mathematischen Bezeichnungen. Verwenden Sie als Variablen für Matrizen Großbuchstaben.

Eine weitere wichtige Formalie bei der Erstellung mathematischer Arbeiten ist die Gestaltung von separaten Umgebungen für Definitionen, Sätze, Theoreme, Beispiele und sonstige mathematische Abtrennungen. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X bietet bereits vorgefertigte Umgebungen an, doch erfolgt die Nummerierung bei diesen fortlaufend, was schnell zu Unübersichtlichkeit führt. Eine eigene Erstellung erfolgt über das Kommando `\newtheorem{Name}[Zählung]{Bezeichnung}[Gliederung]`, wobei **Bezeichnung** durch „Definition“, „Lemma“ oder andere Bezeichnungen ersetzt werden soll. Unter **Gliederung** können Sie den Namen eines Gliederungszählers wie `\thesection` oder `\thesubsection` einfügen, je nachdem auf welcher Ebene Sie mit Ihrer Zählung beginnen möchten. Unter **Zählung** können Sie den Namen einer bereits definierten Theoremumgebung eintragen, von der die Zählung dann entsprechend fortgeführt wird.

Beispiel für den Gebrauch von Umgebungen (Code):

```
\newtheorem{defi}{Definition}[subsection]
\newtheorem{satz}[defi]{Satz}

\begin{defi}[\textsc{Lebesgue}-Raum]
Der \emph{\textsc{Lebesgue}-Raum}  $L_2(\Omega)$  mit  $\Omega \subseteq \mathbb{R}$  ist ein Vektorraum, der durch
\begin{equation}
L_2(\Omega) := L_2 := \left\{ f: \Omega \rightarrow \mathbb{R} : \int_{\Omega} |f|^2 < \infty \right\}
\end{equation}
definiert ist. Der Raum  $L_2(\Omega)$  beschreibt also die Menge aller
```

```

quadratintegrierbaren Funktionen auf  $\Omega$ .
\end{defi}

\begin{satz}[ $L_2$ -Skalarprodukt]
Seien  $f, g: \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  zwei Abbildungen mit  $\Omega \subseteq \mathbb{R}$ . Dann definiert die Abbildung
\begin{equation}
\langle f, g \rangle_{L_2(\Omega)} := \langle f, g \rangle_{L_2} := \int_{\Omega} f(x) g(x) dx
\end{equation}
ein Skalarprodukt, welches auch  $L_2$ -Skalarprodukt genannt wird.
\end{satz}

```

Beispiel für den Gebrauch von Umgebungen (Ausgabe):

**Definition 3.4.1** (LEBESGUE-Raum). Der LEBESGUE-Raum  $L_2(\Omega)$  mit  $\Omega \subseteq \mathbb{R}$  ist ein Vektorraum, der durch

$$L_2(\Omega) := L_2 := \left\{ f : \Omega \rightarrow \mathbb{R} : \|f\|_{L_2(\Omega)} < \infty \right\} \quad (3.4.1)$$

definiert ist. Der Raum  $L_2(\Omega)$  beschreibt also die Menge aller quadratintegrierbaren Funktionen auf  $\Omega$ .

**Satz 3.4.2** ( $L_2$ -Skalarprodukt). Seien  $f, g : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  zwei Abbildungen mit  $\Omega \subseteq \mathbb{R}$ . Dann definiert die Abbildung

$$\langle f, g \rangle_{L_2(\Omega)} := \langle f, g \rangle_{L_2} := \int_{\Omega} f(x) g(x) dx \quad (3.4.2)$$

ein Skalarprodukt, welches auch  $L_2$ -Skalarprodukt genannt wird.

Eine Umgebung für Beweise ist in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X bereits enthalten und kann über `\begin{proof} ... \end{proof}` aufgerufen werden. Diese Umgebung nutzt das leere Quadrat  $\square$  zur Kenntlichmachung des Beweisendes.



## 4. Sonstiges

In diesem Abschnitt erläutern wir weitere Punkte, die Ihnen beim Erstellen Ihrer Bachelorarbeit hilfreich sein können.

### 4.1. Der Druck

Reichen Sie Ihre Bachelorarbeit nach Fertigstellung in dreifacher Form im Geschäftszimmer ein (Binden Sie das Exemplar für Frau Kunoth in Ringbuchbindung/Spiralbindung). Als Front verwenden Sie eine klare Plastikfolie und als Dokumentrücken eine Pappe in einer Farbe Ihrer Wahl (schwarz, blau, ...). Bedrucken Sie die Seiten Ihrer Arbeit doppelseitig mit Ausnahme des Deckblatts, der Danksagung und des Inhaltsverzeichnisses. Die Einleitung sollte auf einem eigenen Blatt beginnen. Beachten Sie, dass Sie das Document-File Ihrer Bachelorarbeit entsprechend für den Druck anpassen müssen, da es sonst zu unerwünschten Fehldrucken kommen kann. Fügen Sie also dort Leerseiten ein, wo Sie auch in Ihrem gedruckten Exemplar Leerseiten haben möchten. Verwenden Sie Druckerpapier der Stärke  $90g/m^2$  oder  $100g/m^2$ .

### 4.2. Das Kolloquium

Zum Abschluss Ihrer Bachelorarbeit im Studienfach (Wirtschafts-)Mathematik ist an der Universität zu Köln ein Kolloquium vorgesehen. Vereinbaren Sie hierfür rechtzeitig einen Termin mit Ihrem Prüfer. Laden Sie zu Ihrem Kolloquium den Arbeitskreis ein, der Sie bei der Erstellung Ihrer Arbeit unterstützt hat. Weitere Gäste sowie Familie und Freunde können Sie zudem einladen.

Beschränken Sie Ihren Kolloquiumsvortrag auf 30 Minuten und orientieren Sie sich an einer Anzahl von maximal 15 Folien. Die Absicht eines Kolloquiumsvortrags ist es **nicht**, dass Sie 100% Ihrer Qualifizierungsarbeit wiedergeben. Es soll anstelle dessen deutlich werden, dass Sie wirklich die Arbeit verfasst haben (und kein Ghostwriter). Gestalten Sie Ihren Vortrag so, dass auch Zuhörer, die in dem Bereich Ihrer Bachelorarbeit nicht so versiert sind wie Sie, gut zuhören und einen roten Faden finden können. Beschränken Sie sich gegebenenfalls auf die Kernpunkte Ihrer Arbeit und geben Sie (wenn möglich) Beispiele, die das Verständnis vereinfachen.

Sofern Sie Ihre Folien korrigiert haben möchten, bringen Sie bitte zum Kolloquium eine ausgedruckte Version davon mit. Es kann vorkommen, dass Unternehmen oder andere mögliche zukünftige Arbeitgeber sich im Zuge von Praktika für Ihre Bachelorarbeit interessieren. Durch einen gut gestalteten, verständlichen Kolloquiumsvortrag, den Sie dann nochmals halten könnten, können Sie an dieser Stelle punkten.

### 4.3. Überarbeiten & Korrigieren

Es ist wichtig, dass Sie in der Zeitplanung für das Verfassen Ihrer Qualifizierungsarbeit ausreichend Zeit für Überarbeitung und Korrektur einplanen. Der zeitliche Aufwand, der für diese Arbeit anfällt, wird oft unterschätzt. Gerade beim Verfassen der ersten wissenschaftlichen Arbeit kann der Autor leicht blind für die eigenen Fehler werden. Fehler in Rechtschreibung, Grammatik und Form führen bei der Bewertung Ihrer Arbeit zu Punktabzügen (siehe Kapitel 4.5). Korrigieren Sie Ihre Arbeit daher in regelmäßigen Abständen vollständig.

Es ist empfehlenswert, eine Fehlerkorrektur nicht nur auf dem Computerbildschirm durchzuführen, sondern sich die Arbeit auszudrucken und „klassisch“ mit Rotstift zu korrigieren. Lassen Sie Freunde oder Kommilitonen Ihre Arbeit Korrektur lesen (diese können Sie beispielsweise durch einen Eintrag in der Danksagung locken ;-)). Es ist weiter hilfreich (gerade für die Endphase Ihrer Arbeit), sich ein paar Tage der Erholung zu verordnen, in der Sie Ihre Arbeit ruhen lassen. Wenn Sie nach dieser Schaffenspause Ihre Arbeit erneut betrachten, fallen Ihnen mit größerer Wahrscheinlichkeit noch zu überarbeitende Stellen auf.

Achten Sie bei der Korrektur besonders auf die Eliminierung von Füllwörtern sowie die Entschachtelung von Sätzen. Streichen Sie redundante Informationen sowie Wiederholungen. Achten Sie auf vollständige Quellenangaben, korrekte Interpunktion sowie die mathematische Form. In diesen Bereichen befinden sich die größten Fehlerquellen.

Es ist hilfreich, einen  $\text{\LaTeX}$ -Editor mit Rechtschreibkorrektur zu verwenden. Für die meisten Editoren werden mittlerweile Plug-Ins für die deutsche Sprache angeboten, die eine solche Korrektur ermöglichen.

#### **4.4. Literaturrecherche**

Bei Ihrer Literaturrecherche können Sie sowohl digitale Quellen als auch klassische Portale wie die Bibliothek Ihrer Universität verwenden. Die meisten Universitäten bieten heutzutage den Service einer Online-Bibliothek an, durch die Sie Zugang zu digitalisierten Büchern sowie Artikeln aus wissenschaftlichen Zeitschriften und Journalen erhalten. Bei der Universität zu Köln können Sie sich zusätzlich über einen VPN-Tunnel in das Netzwerk der Universität einloggen und so von Ihrem Heimgerät auf das digitale Angebot der Bibliothek zugreifen. Eine entsprechende Anleitung zur Einrichtung des VPN-Tunnels finden Sie unter <http://rrzk.uni-koeln.de/vpn.html?&L=0>.

Bitte beachten Sie, dass sowohl Foren als auch Wikipedia im Allgemeinen nicht als Quelle gewertet werden. Bei Wikipedia können Sie jedoch über die am Seitenende angegebenen Literaturangaben, Einzelnachweise und Weblinks Zugang zu weiteren Informationswegen erhalten, die Sie für Ihre Arbeit verwenden können.

#### **4.5. Kriterien der Benotung**

Idealerweise fertigen Sie eine Bachelorarbeit an, die allen Ansprüchen genügt. Bei der Benotung kommt es jedoch in folgenden Fällen zu Punktabzügen:

- Punktabzüge bei fehlerhafter (mathematischer) Form,
- Punktabzüge bei fehlerhaftem mathematischen Inhalt,
- Punktabzüge bei Verfehlung der Aufgabenstellung,
- Punktabzüge bei Inkohärenz der einzelnen Kapitel beziehungsweise der Kapitel und der Aufgabenstellung,
- Punktabzüge bei falschem sachlichen Inhalt von Einleitung, Hauptteil und/oder Schlussteil,
- Punktabzüge bei fehlerhafter Rechtschreibung und Grammatik,

- Punktabzüge bei fehlerhaftem oder unvollständigem Notations- und Literaturverzeichnis.

## 4.6. Tipps für das Arbeiten mit $\text{\LaTeX}$

Neben den bereits im Verlauf dieser Anleitung genannten Tipps für das Arbeiten mit  $\text{\LaTeX}$  sollen nun weitere Möglichkeiten vorgestellt werden, die Ihnen den Umgang mit  $\text{\LaTeX}$  vereinfachen. Ich verweise zudem nochmal ausdrücklich auf die Erläuterungen zur Verwendung des Label-Systems in Kapitel 3.2 sowie zur Erstellung eigener Umgebungen in Kapitel 3.4.

### 4.6.1. Eigene Kommandos

Ein weiterer großer Vorteil bei der Verwendung von  $\text{\LaTeX}$  ist das Anlegen eigener Kommandos durch den Befehl `\newcommand{\Name}[Anzahl]{Definition}`. Hierbei setzen Sie für **Name** den Namen Ihres eigenen Befehls, für **Anzahl** die Anzahl der zu verwendenden Argumente und für **Definition** die Definition Ihres Befehls ein. Sollte ein Kommando bereits belegt sein und Sie möchten dieses überschreiben, verwenden Sie anstelle von `newcommand` einfach `renewcommand`. Alle Kommandos sollten aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Präambel ihres  $\text{\LaTeX}$ -Files vor `\begin{document}` deklariert werden. Klassischerweise werden in mathematischen Ausarbeitungen mittels `newcommand` Kurzbefehle für die am häufigsten verwendeten Variablen definiert, sofern diese eine ausführlichere Formatierung benötigen. Ein Beispiel sind die Kurzbefehle für die verschiedenen Zahlkörper  $\mathbb{N}$ ,  $\mathbb{Z}$ ,  $\mathbb{Q}$ ,  $\mathbb{R}$  und  $\mathbb{C}$ .

```
\newcommand{\N}{\mathbb{N}}
\newcommand{\Z}{\mathbb{Z}}
\newcommand{\Q}{\mathbb{Q}}
\newcommand{\R}{\mathbb{R}}
\newcommand{\C}{\mathbb{C}}
Dies sind die Zahlkörper:  $\N$ ,  $\Z$ ,  $\Q$ ,  $\R$  und  $\C$ .
```

Dies sind die Zahlkörper:  $\mathbb{N}$ ,  $\mathbb{Z}$ ,  $\mathbb{Q}$ ,  $\mathbb{R}$  und  $\mathbb{C}$ .

Ebenso werden auch die Befehle für das Beginnen und Beenden von Umgebungen abgekürzt.

```
\newcommand{\beqn}{\begin{equation}}
\newcommand{\eeqn}{\end{equation}}
\beqn
a^2 + b^2 = c^2
\eeqn
```

$$a^2 + b^2 = c^2 \tag{4.6.3}$$

Verwenden Sie eigene Kommandos nicht übermäßig, da es sonst bei der Weiterverarbeitung Ihrer Bachelorarbeit (siehe Kapitel 4.7) zu Problemen kommen kann. Verwenden Sie nur eigene Kommandos für Variablen und Definitionen, die wiederholt gebraucht werden.

### 4.6.2. Strukturierung des Codes

Es ist weiter empfehlenswert, dass Sie Ihren  $\text{\LaTeX}$ -Code gut erkennbar strukturieren. Sie können zum Beispiel einen Kapitelwechsel im Code durch Kommentarzeilen sichtbar machen:

```
%-----  
% Kapitel 4.6  
%-----
```

Dies hat den Vorteil, dass nicht nur Sie sich in Ihrem Code besser zurecht finden, sondern auch Dritte, die sich für die Weiterverwendung Ihrer Bachelorarbeit interessieren (siehe Kapitel 4.7).

### 4.6.3. Hilfreiche Pakete

$\text{\LaTeX}$  bietet durch sein Paketsystem diverse Möglichkeiten zur Erweiterung seines Gestaltungsrahmens. Wichtige Pakete, die Sie verwenden sollten, wenn Sie Ihre Bachelorarbeit in deutscher Sprache verfassen, sind das Paket **fontenc** mit der Option **T1** und das Paket **inputenc** mit der Option **utf8**. Diese Pakete dienen der Ein- und Ausgabe für westeuropäische und lateinische Buchstaben und Symbole und erlauben Ihnen den Gebrauch von Umlauten in Ihrem Dokument.

Ein weiteres wichtiges Paket ist das Paket **babel** mit der Option **ngerman**. Dieses Paket passt die innerhalb von  $\text{\LaTeX}$  verwendeten Begriffe an die deutsche Sprache an. Außerdem wird das automatische Datumformat auf den europäischen Standard umgestellt.

Zusätzlich ist es empfehlenswert, das Paket **lmodern** einzubinden. Dieses ändert die vergleichsweise pixelige Standardschriftart von  $\text{\LaTeX}$  auf ein flüssigeres Pendant um. Die Umstellung macht sich insbesondere bei der Darstellung in PDF-Dokumenten bemerkbar. Die Suchfunktion Ihres PDF-Betrachters wird zudem verbessert.

Weitere wichtige Pakete sind **amsmath** und **amssymb** (für die Verwendung von mathematischen Umgebungen und Symbolen), das Paket **enumerate** (für die Verwendung von Nummerierungen) und das Paket **graphicx** (für die Einbindung von Graphiken).

## 4.7. Nach der Bachelorarbeit

Die AG Kunothe sammelt seit einiger Zeit die originalen  $\text{\LaTeX}$ -Dateien von Qualifizierungsarbeiten für den Fall, dass das Thema von einer anderen Person weiter bearbeitet oder untersucht werden soll. Dabei bleiben diese Daten allein in der AG Kunothe. Zum Teil profitieren Sie bereits davon beim Verfassen Ihrer Arbeit.

Falls Sie der Möglichkeit zur Weiterverarbeitung Ihrer Daten zustimmen, packen Sie bitte das originale  $\text{\LaTeX}$ -File beziehungsweise die originalen  $\text{\LaTeX}$ -Files sowie ein kompiliertes PDF-Dokument und die in Ihrer Arbeit verwendeten Abbildungen und Programme zu einem **.zip**- oder **.tar**-Paket zusammen und senden Sie dieses an [kunothe@math.uni-koeln.de](mailto:kunothe@math.uni-koeln.de). Packen Sie keine weiteren Dateien mit, die beispielsweise beim Kompilieren des  $\text{\LaTeX}$ -Files angelegt werden. Achten Sie auf eine aussagekräftige Beschriftung der Dateien, wie zum Beispiel **Mustermann\_Bachelorarbeit.pdf** oder **FastWaveletTransformation.m**.

Verwenden Sie in Ihren Dateinamen keine Leerzeichen, sondern Bindestriche (-) und/oder Unterstriche (\_).

## A. Notationsverzeichnis

In der folgenden Übersicht werden die gebräuchlichsten Zeichen und Variablen, die in dieser Ausarbeitung verwendet werden, kurz erläutert.

### Kapitel 2 – Grundlagen der Optionsbewertungstheorie:

$K$	Strike oder Ausübungszeitpunkt
$[0, T]$	Intervall der Ausübungszeitpunkte einer amerikanischen Option
$t$	Ausübungszeitpunkt aus $[0, T]$
$S(t), S$	Zeitwert des Underlyings zum Zeitpunkt $t$
$\mathcal{H}(S)$	Payoff einer Option zum Underlying-Zeitwert $S$
$V(t, S)$	Wert einer Option zum Zeitpunkt $t$ auch Underlying-Zeitwert $S$
$R$	Rendite

### Kapitel 3 – Lévy-Prozesse:

$(X_t)_{t \in \mathcal{T}}$	Stochastischer Prozess
$(\Omega, \mathcal{A}, P)$	Wahrscheinlichkeitsraum
$(E, \mathcal{E})$	Messraum
$(\mathcal{F}_{t \in \mathcal{T}})$	Filtrierung
$(\Omega, \mathcal{A}, (\mathcal{F}_{t \in \mathcal{T}}), P)$	gefilterter Wahrscheinlichkeitsraum
$\mathcal{B}(\mathbb{R}^d)$	Menge aller Borel-Mengen auf $\mathbb{R}^d$
$\nu(A)$	Lévy-Maß auf Borel-Menge $A \in \mathcal{B}(\mathbb{R}^d)$
$k(\cdot)$	Lévy-Dichte

### Kapitel 4 – Preisbestimmung Amerikanischer Optionen:

$\sigma$	Streuungsparameter
$\bar{x}$	Logarithmischer Zeitwert des Underlyings, also $\bar{x} := \ln(S)$
$\tau$	Zeitspanne bis zum Fälligkeitsdatum, also $\tau := T - t$
$u$	Transponierte Funktion zur Darstellung des Optionswertes, also $u(\tau, \bar{x}) := V(T - \tau, e^{\bar{x}})$
$\Gamma$	Transponierter Payoff, also $\Gamma(x) = g(e^{\bar{x}})$
$\eta(\cdot)$	Gewichtsfunktion für Sobolevräume $H_\eta^j(\mathbb{R})$
$a^\eta(\cdot, \cdot)$	Bilinearform zum Operator $\mathcal{A} = \mathcal{A}_{B-S} + \mathcal{A}_{jump}$ auf $H_\eta^1(\mathbb{R}) \times H_\eta^1(\mathbb{R})$
$\mathcal{K}_\Gamma$	Konvexe konische Hülle der zulässigen Lösungen der Variationsformulierung
$\Omega_R$	beschränktes Gebiet, d.h. $\Omega_R = (-R, R)$
$U$	„Excess-to-Payoff“-Funktion, d.h. $U = u - \Gamma$
$a(\cdot, \cdot)$	Bilinearform auf $H_0^1(\Omega_R) \times H_0^1(\Omega_R)$

## B. Programmcode

...

## Literatur

- [Ke] A. Kempf, *Anleitung für die Anfertigung wissenschaftlicher Arbeiten*, November 2011, Seminar für ABWL und Finanzierungslehre, Universität zu Köln, heruntergeladen am 17.11.2014 unter [http://www.finance.uni-koeln.de/fileadmin/wiso\\_fak/finanzierungslehre/documents/studium/Anleitung\\_fuer\\_wissenschaftliches\\_Arbeiten\\_11\\_11.pdf](http://www.finance.uni-koeln.de/fileadmin/wiso_fak/finanzierungslehre/documents/studium/Anleitung_fuer_wissenschaftliches_Arbeiten_11_11.pdf).
- [Kl] A. Klenke, *Anleitung zum Verfassen einer Bachelorarbeit in Mathematik*, 10.07.2009, Mainz, heruntergeladen am 19.10.2014 unter <http://joguinf.informatik.uni-mainz.de/~klenke/Anleitung-Bachelorarbeit.html>.
- [Mo] D. Möller, *Anleitung zur Abfassung einer Bachelorarbeit / Diplomarbeit / Master-Thesis*, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Universität Kassel, heruntergeladen am 19.10.2014 unter [http://www.uni-kassel.de/fb11agrar/fileadmin/datas/fb11/Betriebswirtschaft/Dokumente/Anleitung\\_Wiss\\_Arbeiten\\_FG-BWL.pdf](http://www.uni-kassel.de/fb11agrar/fileadmin/datas/fb11/Betriebswirtschaft/Dokumente/Anleitung_Wiss_Arbeiten_FG-BWL.pdf).
- [PO] o.V., *Prüfungsordnung für den Bachelor-Studiengang Wirtschaftsmathematik der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln*, 27.08.2007, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, Universität zu Köln, heruntergeladen am 20.10.2014 unter [http://www.mi.uni-koeln.de/Math-Net/Studiengaenge/Ordnungen/Pruefungsordnungen/Wirtschaftsmathematik/Bachelor\\_Pruefungsordnung.pdf](http://www.mi.uni-koeln.de/Math-Net/Studiengaenge/Ordnungen/Pruefungsordnungen/Wirtschaftsmathematik/Bachelor_Pruefungsordnung.pdf).
- [UB] o.V., *Ein kleiner Leitfaden zu Bachelorarbeiten im Fach Mathematik*, 09.12.2009, Universität Bremen, heruntergeladen am 19.10.2014 unter <http://www.math.uni-bremen.de/zetem/cms/media.php/210/bscarbeiten-leitfaden-20091209.pdf>.
- [UF] o.V., *Die Bachelorarbeit in Biologie an der Universität Freiburg*, Universität Freiburg, heruntergeladen am 19.10.2014 unter <http://portal.uni-freiburg.de/fsbio/infos/infos-zur-bachelor-arbeit>.
- [UP] o.V., *Leitfaden für eine Bachelorarbeit in Mathematik an der Universität Potsdam*, Universität Potsdam, heruntergeladen am 19.10.2014 unter <http://www.math.uni-potsdam.de/Studium/LeitfadenBachelor.pdf>.
- [W] P. Wentges, *Vorgaben zur Erstellung einer wissenschaftlichen Arbeit am Institut für Controlling*, April 2011, Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften, Universität Ulm, heruntergeladen am 19.10.2014 unter [https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website\\_uni\\_ulm/mawi.inst.040/Wissenschaftliche\\_Arbeiten/Leitfaden\\_wissenschaftliche\\_Arbeiten\\_April\\_2011.pdf](https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/mawi.inst.040/Wissenschaftliche_Arbeiten/Leitfaden_wissenschaftliche_Arbeiten_April_2011.pdf).