

---

# Titel der Arbeit

---

Bachelorarbeit von Name des Autors (Matrikelnummer: 0123456)

Tag der Einreichung: 6. Februar 2022

1. Gutachten: Betreuer

2. Gutachten: Zweiter Gutachter

Darmstadt



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Fachbereich Mathematik

Arbeitsgruppe des Betreuers

---

## Inhaltsverzeichnis

---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Einleitung</b>   | <b>3</b>  |
| <b>1 Hinweise</b>   | <b>5</b>  |
| 1.1 Möglichkeiten Mathematik mit $\LaTeX$ zu setzen                         | 5         |
| 1.1.1 Inline Math Modus   | 5         |
| 1.1.2 Display Math Modus  | 5         |
| 1.2 Definitionen, Lemmata, Sätze etc.                                       | 6         |
| 1.2.1 $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\LaTeX$ und theorem-Umgebungen | 6         |
| 1.2.2 Eine theorem-Umgebung definieren                                      | 6         |
| 1.2.3 Anleitung zur Definition einer theorem-Umgebung                       | 6         |
| 1.2.4 Kein Satz ohne Beweis: Die proof-Umgebung                             | 7         |
| 1.2.5 Beispiel für den Einsatz von theorem-Umgebungen                       | 7         |
| 1.3 Abbildungen   | 8         |
| 1.4 Literaturverzeichnis anlegen  | 8         |
| 1.4.1 Grundlegendes zu Bib $\TeX$   | 9         |
| 1.4.2 Quellen in BIB-Datei eintragen  | 9         |
| 1.4.3 Beispiel für Literaturverzeichnis                                     | 9         |
| 1.4.4 Hinweis: Zitationsweisen  | 10        |
| 1.5 Titelseite und weitere Verzeichnisse                                    | 10        |
| 1.5.1 Titelseite  | 10        |
| 1.5.2 Inhaltsverzeichnis  | 10        |
| 1.5.3 Stichwortverzeichnis  | 11        |
| 1.5.4 Einbindung mit $\LaTeX$   | 11        |
| 1.5.5 Einträge im Stichwortverzeichnis erstellen                            | 11        |
| 1.5.6 Sonstige Verzeichnisse  | 11        |
| 1.6 Verweise  | 11        |
| 1.7 Aufschreiben von Mathematik   | 11        |
| 1.7.1 Regeln  | 12        |
| 1.7.2 Unterschiede zwischen Satz, Proposition, Lemma und Korollar           | 14        |
| 1.7.3 Struktur der Abschlussarbeit  | 14        |
| 1.8 Nützliche Links   | 14        |
| <b>Literaturverzeichnis</b>   | <b>15</b> |
| <b>Erklärung zur Abschlussarbeit</b>  | <b>16</b> |
| <b>Stichwortverzeichnis</b>   | <b>16</b> |

---

## Einleitung

---

Hier wird die Einleitung stehen. Dabei sollten Sie einen Kurzüberblick des Inhalts Ihrer Arbeit geben. Es ist sinnvoll, eingangs die bearbeitete Fragestellung zu erläutern, welches Ziel Sie und Ihr Betreuer hatten und welche Ergebnisse Sie schließlich erzielt haben.

Es ist hilfreich, auf die Struktur Ihrer Arbeit einzugehen, zum Beispiel indem Sie die einzelnen Kapitel kurz zusammenfassen. Stellen Sie auch klar heraus, welche Resultate schon aus der Literatur bekannt sind und welche Ergebnisse eigene Beiträge darstellen.

---

## Danksagung

---

Sie sind dazu verpflichtet (vgl. auch die Erklärung auf Seite 17), alle verwendeten Quellen und Hilfsmittel zu nennen. Viele dieser Quellen werden üblicherweise im Literaturverzeichnis aufgelistet, vgl. Seite 15. Zu den Quellen Ihrer Arbeit gehört zumindest auch der Betreuer, weil er nicht nur das Thema vergibt (in der Regel basierend auf seiner Idee), sondern Sie auch inhaltlich bei der Bearbeitung unterstützt. Die Danksagung stellt den natürlichen Rahmen dafür dar, den Betreuer namentlich zu erwähnen.

Außerdem kann es auch sein, dass ein wissenschaftlicher Mitarbeiter Sie (mit)betreut. In diesem Sinne ist dies auch eine Quelle oder ein Hilfsmittel für Ihre Arbeit. Daher sollten alle an der Betreuung beteiligten Personen erwähnt werden.

Es steht Ihnen frei, noch weitere Personen zu nennen:

- Kommilitonen, mit denen Sie über das Thema diskutieren konnten;
- Freunde, welche die Arbeit Korrektur gelesen haben.

---

## Benutzung der Vorlage

---

Die Vorlage setzt voraus, dass das TU Design und die entsprechenden Schriftarten installiert sind. Das TU Design ist auf den Rechnern am Fachbereich installiert. Möchte man auch privat das TU Design benutzen, so findet man die benötigten Pakete unter folgendem Link:

[https://www.tu-darmstadt.de/kommunikation\\_und\\_medien/corporate\\_design\\_1/schriften\\_und\\_vorlagen/index.de.jsp#text\\_\\_opt\\_\\_m\\_\\_bild\\_\\_6](https://www.tu-darmstadt.de/kommunikation_und_medien/corporate_design_1/schriften_und_vorlagen/index.de.jsp#text__opt__m__bild__6)

Um die Installation auf dem privaten Rechner muss man sich eigenständig kümmern. Dabei kann ein Blick auf folgende Seite helfen:

<http://exp1.fkp.physik.tu-darmstadt.de/tuddesign/>

1. Der gesamte Inhalt von `VorlageTUDDesign.rar` sollte in einen Ordner extrahiert werden.
2. In der Datei `thesistuddeisgn.tex` werden alle notwendigen Dateien eingebunden und das Format festgelegt. Sie können dabei in `pakete.tex` und `befehle.tex` Änderungen vornehmen.
3. Alle inhaltlichen Kapitel werden separat per `\include{}` eingebunden und für jedes Kapitel erstellen Sie eine Datei `kapitel1.tex` usw.
4. In `titel.tex` ändern Sie an den entsprechenden Stellen die Titelseite.
5. In `einleitung.tex` verfassen Sie die Einleitung inklusive Danksagung.
6. Im Anschluss binden Sie Ihre Kapitel ein. In dieser Vorlage sind es die Kapiteldateien `benutzung.tex` und `hinweise.tex`.

---

## 1 Hinweise

---

In diesem Kapitel fassen wir grundlegende Hinweise zum Verfassen mathematischer Texte mit Hilfe von  $\text{\LaTeX}$  zusammen. Dies sollte alles schon in der Veranstaltung „Arbeitstechniken in der Mathematik“ behandelt worden seien. Haben Sie diese Veranstaltung nicht belegt oder wenig bis gar keine Erfahrung im Umgang mit  $\text{\LaTeX}$ , so stellt [Stu09] (siehe Literaturverzeichnis) eine gute Einführung in  $\text{\LaTeX}$  dar. Will man sowohl stilistisch als in  $\text{\LaTeX}$ -Fragen beraten werden, so wird man in dem Buch „Wie man mathematisch schreibt“ von Burkhard Kümmerer (Mathematik-Professor an der TU Darmstadt) fündig; siehe dazu [Küm16].

---

### 1.1 Möglichkeiten Mathematik mit $\text{\LaTeX}$ zu setzen

---

Der Zweck dieses Abschnitts ist das Erinnern an die wichtigsten Mathematikmodi in  $\text{\LaTeX}$ .

---

#### 1.1.1 Inline Math Modus

---

Will man Formeln und mathematische Symbole fließend innerhalb eines Textes setzen, so kann man dafür den sogenannten „Inline Math Modus“ benutzen. Dieser kann auf folgende Arten aufgerufen werden, wobei es noch mehr Möglichkeiten gibt:

1. `$ Formel $`

2. `\( Formel \)`

**Beispiel 1.1.** • Formel und ihr  $\text{\LaTeX}$ -Code: Es gilt  $a^2 + b^2 = c^2$ .

Es gilt `$a^2+b^2=c^2$`.

• Weitere Formel und ihr  $\text{\LaTeX}$ -Code: Es gilt  $g^n g^m = g^{m+n}$ .

Es gilt `\(g^ng^m=g^{m+n}\)`.

---

#### 1.1.2 Display Math Modus

---

Ist man daran interessiert Formeln oder Gleichungen besonders hervorzuheben, zum Beispiel in dem diese in einer eigenen Zeile stehen, so sollte man den „Display Math Modus“ benutzen. Außerdem hat man hier auch die Möglichkeit, Gleichungen zu markieren, damit man später auf diese verweisen kann. Dazu später mehr in Abschnitt 1.6.

Es gibt folgende Möglichkeiten, diesen Modus zu benutzen:

1. Eckige Klammern: Setzt die Formel in eine eigene Zeile und man hat die Möglichkeit, durch den Befehl `\tag{}` die Formel mit einem Symbol zu versehen.

`\[ Formel \tag{optional}\]`

2. `equation`-Umgebung: Setzt die Formel in eine eigene Zeile und die Formel wird automatisch nummeriert.

```
\begin{equation}
Formel
\end{equation}
```

3. `equation*`-Umgebung: Setzt die Formel in eine eigene Zeile, ohne die Formel zu nummerieren.

```
\begin{equation*}
Formel
\end{equation*}
```

- 
4. align-Umgebung: Erlaubt es, Formeln über mehrere Zeilen ausgerichtet darzustellen. Dabei wird jede Zeile nummeriert. Zeilenumbrüche werden mit `\\` durchgeführt und die Formeln werden so ausgerichtet, dass die direkt auf `&` folgenden Zeichen untereinander stehen. Möchte man, dass eine Zeile nicht nummeriert wird, so schreibt man am Ende der Zeile `\nonumber`

```
\begin{align}
  Formel1 &= Formel2\\
  &= Formel3
\end{align}
```

5. align\*-Umgebung: Funktioniert genauso wie die align-Umgebung. Es werden jedoch gar keine Zeilen nummeriert.

```
\begin{align*}
  Formel1 &= Formel2\\
  &= Formel3
\end{align*}
```

---

## 1.2 Definitionen, Lemmata, Sätze etc.

---

Mathematische Texte werden üblicherweise durch spezielle Absätze wie Definitionen, Lemmata, Propositionen, Sätze, Korollare, Beweise, etc. strukturiert. In  $\LaTeX$  gibt es entsprechende Umgebungen, die das leisten.

---

### 1.2.1 $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\LaTeX$ und theorem-Umgebungen

---

Das Paket `amsthm` in  $\mathcal{A}\mathcal{M}\mathcal{S}$ - $\LaTeX$  liefert ein mächtiges Werkzeug zum Anlegen der eben erwähnten Umgebungen. Es handelt sich um sogenannte *theorem-Umgebungen*. Wir erläutern kurz deren Struktur:

1. Im Kopfteil des  $\LaTeX$ -Dokumentes muss zunächst das *Paket* `amsthm` geladen werden, das in jeder bekannten  $\LaTeX$ -Distribution installiert ist. In dieser Vorlage wird das Paket in der eingebundenen Datei `pakete.tex` geladen.
2. Anschließend sucht man sich einen der drei Stile aus (unterscheidet Formatierung für Aussagen, Definitionen oder Bemerkungen) und ruft diesen im Kopfteil auf. In dieser Vorlage geschieht dieser Teil in der Datei `befehle.tex`.
3. Schließlich kann man direkt danach eine Umgebung definieren. Wie das genau funktioniert, sehen wir gleich.

---

### 1.2.2 Eine theorem-Umgebung definieren

---

In `amsthm` werden folgende *Stile* unterschieden:

- Durch Verwendung von `\theoremstyle{plain}` im Kopfteil wird der Stil für *Aussagen* geladen (Satz, Korollar, Lemma, Proposition).
- Mit `\theoremstyle{definition}` wird der Stil für *Definition* aufgerufen. Auch *Beispiele* können hier untergeordnet werden.
- Mit dem Befehl `\theoremstyle{remark}` werden *Bemerkungen* aufgerufen. Auch *Beispiele* kann man diesem Stil unterordnen.

Man kann auch eigene Stile definieren, aber benutzen Sie bitte für die Standardumgebungen auch die vordefinierten Stile.

---

### 1.2.3 Anleitung zur Definition einer theorem-Umgebung

---

1. Legen Sie im Kopfteil den Stil fest durch `\theoremstyle{Stil}`.
2. Durch `\newtheorem{Umgebung1}{Name1}[Option]` definiert man eine *nummerierte* theorem-Umgebung. Dabei kann man optional entscheiden, ob der Zähler für `Umgebung1` – zum Beispiel nach jedem Aufrufen von `\chapter{}` oder `\section{}` – auf 0 gesetzt wird. Dafür trägt man als Option `chapter` oder `section` ein.

3. Legt man eine weitere theorem-Umgebung an, so kann die Nummerierung vererbt werden:

```
\newtheorem{Umgebung2}[Umgebung1]{Name2}
```

4. Mit `\newtheorem*{Umgebung3}{Name3}` wird keine Nummerierung erzeugt.

---

### 1.2.4 Kein Satz ohne Beweis: Die proof-Umgebung

---

In `amsthm` ist bereits eine `proof`-Umgebung vordefiniert, welche – abhängig von der verwendeten Sprache – durch „Beweis.“ oder „Proof.“ eingeleitet wird und auf  $\square$  endet.

```
\begin{proof}
```

```
\end{proof}
```

In manchen Fällen möchte man gerne statt „Beweis.“ eine andere Bezeichnung benutzen. Dies geht wie folgt:

```
\begin{proof}[Eigener Name]
```

```
\end{proof}
```

Endet ein Beweis auf eine im Display Math Modus gesetzte Formel, so wird das QED-Symbol  $\square$  eine Zeile unter der Formel gesetzt, was nicht schön aussieht:

*Beweis.* Es folgt

$$a^2 = b^2 + c^2.$$

$\square$

```
\begin{proof}Es folgt  
\[a^2=b^2+c^2\mbox{.}\  
\end{proof}
```

Der Befehl `\qedhere` ist eine Lösung für dieses Problem:

*Beweis.* Es folgt

$$a^2 = b^2 + c^2.$$

$\square$

```
\begin{proof}Es folgt  
\[a^2=b^2+c^2\mbox{.}\qedhere\  
\end{proof}
```

---

### 1.2.5 Beispiel für den Einsatz von theorem-Umgebungen

---

Folgendes Beispiel illustriert den Einsatz der `theorem`-Umgebungen. Den Quelltext können Sie sich in der Datei `hinweise.tex` anschauen.

Der Bairesche Kategoriensatz aus der Topologie ist das grundlegende Hilfsmittel dieses Kapitels und darüberhinaus hat er noch interessante Anwendungen, wie zum Beispiel eine Aussage über stetige und nirgends differenzierbare Funktionen:

**Satz 1.1** (Bairescher Kategoriensatz). *Es sei  $(X, d)$  ein vollständiger metrischer Raum. Für alle  $n \in \mathbb{N}$  sei  $O_n$  offen und dicht in  $X$ . Dann ist  $O := \bigcap_{n \in \mathbb{N}} O_n$  dicht in  $X$ .*

*Bemerkung.* Die Aussage des Satzes bleibt bestehen, wenn man den vollständigen metrischen Raum  $(X, d)$  durch einen kompakten Hausdorff-Raum  $(X, \mathcal{T})$  ersetzt. Siehe dazu [Mun00, Theorem 48.2].

Wir illustrieren den Satz an einem Beispiel bevor wir ihn beweisen:

---

**Beispiel 1.2.** Sei  $A \subseteq \mathbb{R}$  abzählbar, d.h.  $A = \{a_n : n \in \mathbb{N}\}$  für eine Folge  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  in  $\mathbb{R}$ . Dann ist  $O_n := \mathbb{R} \setminus \{a_n\}$  dicht in  $\mathbb{R}$  und somit ist  $A^c = \bigcap_{n \in \mathbb{N}} O_n$  dicht in  $\mathbb{R}$ . Im Fall  $A = \mathbb{Q}$  sieht man hiermit ein, dass die Menge der irrationalen Zahlen dicht in  $\mathbb{R}$  liegt.

Folgende Variante des Satzes werden wir benötigen:

**Korollar 1.1.** Sei  $(X, d)$  ein vollständiger metrischer Raum und  $A_n$  abgeschlossen sowie  $A := \bigcup_{n \in \mathbb{N}} A_n$ . Enthält  $A$  einen inneren Punkt, dann existiert  $n_0$ , so dass  $A_{n_0}$  einen inneren Punkt enthält.

*Beweis.* Angenommen für alle  $n \in \mathbb{N}$  besäße  $A_n$  keinen inneren Punkt. Dann wäre für alle  $n \in \mathbb{N}$  die Menge  $O_n := A_n^c$  offen und dicht in  $X$ . Dann müsste aber auch

$$O := \bigcap_{n \in \mathbb{N}} O_n = \bigcap_{n \in \mathbb{N}} A_n^c = \left( \bigcup_{n \in \mathbb{N}} A_n \right)^c = A^c$$

dicht in  $X$  liegen, im Widerspruch dazu, dass  $A$  einen inneren Punkt enthält. □

*Beweis des Satzes 1.1.* In diesem Beispiel lassen wir den Beweis lieber aus. Man findet einen Beweis in [Mun00, Theorem 48.2]. □

---

### 1.3 Abbildungen

---

Zum Einbinden von Abbildungen sollten Sie die figure-Umgebung benutzen:

```
\begin{figure}
\includegraphics[width=\columnwidth]{filename}
\caption{Bildunterschrift}
\label{Verweismarke}
\end{figure}
```

Dabei können Sie mit `\includegraphics` folgende Dateitypen einbinden:

- Verwenden Sie `latex` zum Kompilieren, so können Sie EPS-Dateien einbinden.
- Verwenden Sie `pdflatex` zu Kompilieren, so können Sie die Grafiktypen PDF, JPG und PNG einbinden.

Als Beispiel binden wir hier das Logo der TU Darmstadt ein.

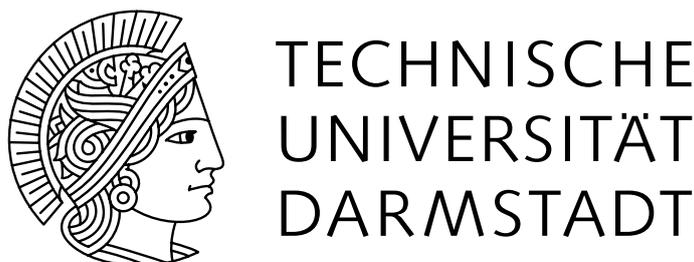


Abbildung 1: Logo der Technischen Universität Darmstadt

---

### 1.4 Literaturverzeichnis anlegen

---

Es gibt im Wesentlichen zwei Möglichkeiten, ein Literaturverzeichnis anzulegen:

1. Die Literaturquellen können direkt in den Text eingefügt werden. Dieser Weg ist aufwendiger, vor allem wenn man häufig die gleiche Literatur zitiert, und wird deshalb hier *nicht* vorgestellt.
2. Die Benutzung von Bib $\TeX$  erlaubt eine systematischere und flexiblere Lösung, und diese Möglichkeit werden wir in diesem Abschnitt erläutern.

---

### 1.4.1 Grundlegendes zu BibTeX

---

Grundlegend müssen Sie bei der Benutzung von BibTeX wie folgt vorgehen:

1. Erstellen Sie eine BIB-Datei im Verzeichnis des L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Quelltextes. In dieser Datei werden alle Quellen eingetragen. Je nach Quellentyp gibt es verschiedene Pflichtfelder und optionale Felder, aber dazu mehr in Abschnitt 1.4.2. Bearbeiten Sie diese Datei am besten in dem benutzten L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Editor.
2. Legen Sie im L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Quelltext den *Stil* für das Literaturverzeichnis fest: Dies geschieht durch das Laden einer BST-Datei.  
In der Vorlage erfolgt dies in der Datei `literaturverzeichnis.tex` via  
`\bibliographystyle{Stil}`.
3. Gehört die BST-Datei nicht zur L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Distribution, so müssen Sie diese im Verzeichnis des L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Quelltextes abspeichern (oder als Stil in der L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Distribution installieren).  
In dieser Vorlage benutzen wir den Stil `alphadin`.
4. Binden Sie die BIB-Datei in den L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Quelltext ein.  
In dieser Vorlage geschieht dies in der Datei `literaturverzeichnis.tex` durch `\bibliography{thesis}`.
5. Kompilieren Sie die BIB-Datei mit BibTeX. Bei den meisten Editoren wird BibTeX automatisch aufgerufen, wenn Sie den L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Quelltext kompilieren.
6. Durch das Kompilieren mit BibTeX wird eine BBL-Datei erstellt. Es ist wichtig, dass diese BBL-Datei den gleichen Namen trägt wie das zu kompilierende L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Dokument.

---

### 1.4.2 Quellen in BIB-Datei eintragen

---

Öffnen Sie zum Beispiel TeXnicCenter und wählen Sie beim Speichern das Dateiformat BibTeX aus. Darin schreiben Sie solche Einträge:

```
@TYP{label,  
feld1 = {feld1inhalt},  
.  
.  
feldn = {feldninhalt}  
}
```

Beachten Sie folgende Hinweise zu den Einträgen:

1. Das Label muss eindeutig sein.
2. Alle Felder müssen durch Kommata getrennt werden.
3. Eine Übersicht aller Typen mit Angabe von erforderlichen und optionalen Feldern ist hier zu finden: <http://de.wikipedia.org/wiki/> (unter Punkt 3, den Literaturtypen)

---

### 1.4.3 Beispiel für Literaturverzeichnis

---

In dieser Vorlage haben wir auch ein Literaturverzeichnis angelegt, welches Sie sich als Beispiel für die Benutzung von BibTeX anschauen sollten:

- In der Datei `literaturverzeichnis.tex` wird der Stil festgelegt und die BIB-Datei `thesis.bib` geladen.
- In `thesis.bib` sehen Sie, wie Quellen eingetragen werden können.

---

#### 1.4.4 Hinweis: Zitationsweisen

---

Reicht man einen Artikel bei einer Fachzeitschrift ein, so wird von dieser penibel vorgeschrieben, wie

- das Literaturverzeichnis zu gestalten und zu ordnen ist,
- auf welche Weise Literaturverweise im Text stattfinden.

(Leider bei jeder Zeitschrift anders ...)

Für Abschlussarbeiten gibt es prinzipiell mehr Freiheiten, wobei üblicherweise eines der beiden folgenden Zitationssysteme verwendet wird:

- Harvard-Zitation, oder
- Referenznummernsystem.

Sie sollten daher Ihren Betreuer nach dem bevorzugten Zitationssystem fragen, welches Sie in Ihrer Abschlussarbeit benutzen sollen.

---

### 1.5 Titelseite und weitere Verzeichnisse

---

In diesem Abschnitt gehen wir nicht auf die Details ein, sondern erläutern nur, wie Sie in dieser Vorlage Änderungen vornehmen können.

---

#### 1.5.1 Titelseite

---

Es gibt im Grunde zwei Arten, in  $\LaTeX$  die Titelseite zu gestalten:

1. Eine Klasse hat schon eine vorgefertigte Titelseite, nur noch die Inhalte (Titel, Autor, Datum etc.) müssen eingefügt werden.
2. Man gestaltet die Titelseite individuell.

In dieser Vorlage wurde die Titelseite individuell gestaltet und Sie können sich den Quelltext dazu in der Datei `titel.tex` anschauen. Sie können an den entsprechenden Stellen Ihre Daten eintragen (Typ der Arbeit, Titel der Arbeit, Name, Datum der Abgabe, Name des Betreuers und Name des zweiten Gutachters).

---

#### 1.5.2 Inhaltsverzeichnis

---

Das Inhaltsverzeichnis funktioniert prinzipiell wie folgt:

- Alle automatisch nummerierten Überschriftarten werden zum Inhaltsverzeichnis hinzugefügt.
- Man kann entscheiden dieses Inhaltsverzeichnis anzuzeigen oder nicht.
- Man kann die Darstellungstiefe, d.h. bis zu welchem Hierarchielevel Überschriften hinzugefügt werden, auch einstellen.

In dieser Vorlage wird die Klasse `report` benutzt, so dass folgende Überschriftarten automatisch nummeriert werden und im Inhaltsverzeichnis angezeigt werden:

- `\chapter{Kapitel}`,
- `\section{Abschnitt}`,
- `\subsection{Unterabschnitt}`.

Der Überschriftentyp `\subsubsection{Unter-Unterabschnitt}` wird nicht automatisch nummeriert und im Inhaltsverzeichnis angezeigt, kann aber dazu genutzt werden den Text besser zu gliedern.

---

### 1.5.3 Stichwortverzeichnis

---

In jeder Abschlussarbeit sollte auch ein Stichwortverzeichnis enthalten sein. Dieses enthält alphabetisch sortierte Stichwörter mit zugehöriger Seitenzahl und ermöglicht somit ein gezieltes Nachschlagen einzelner Begriffe.

Bereits beim Verfassen Ihrer Arbeit sollten Sie die Begriffswahl planen. Sie können nach folgenden Fragen vorgehen:

- Ist der Begriff von zentraler Bedeutung?
- Wurde der Begriff ausführlich behandelt?

---

### 1.5.4 Einbindung mit L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

---

In L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X gibt es das Paket `makeidx`. In dieser Vorlage wird `makeidx` in der Datei `pakete.tex` geladen, und die Anweisung `\makeindex` gegeben, um die Indexeinträge zu sammeln.

---

### 1.5.5 Einträge im Stichwortverzeichnis erstellen

---

Der Befehl `\index{Schluesselwort}` erzeugt einen Eintrag im Stichwortverzeichnis mit der Bezeichnung „Schluesselwort“ und verweist auf die aktuelle Seite. Beachten Sie:

- Der Befehl wird in der Regel hinter das Wort geschrieben, welches im Stichwortverzeichnis erscheinen soll.
- Benutzen Sie auf der gleichen Seite mehrmals den gleichen Befehl, so wird es nur einen Eintrag geben.
- Benutzen Sie auf verschiedenen Seiten mehrmals den gleichen Befehl, so werden alle zugehörigen Seitenzahlen im Stichwortverzeichnis eingetragen.
- Man kann auch Untereinträge benutzen um das Stichwortverzeichnis zu strukturieren:

```
\index{Haupteintrag!Untereintrag!Unter-Untereintrag}
```

---

### 1.5.6 Sonstige Verzeichnisse

---

Manchmal ist es auch nützlich, separate Verzeichnisse für Abbildungen, Tabellen oder auch für die verwendete Notation zu benutzen. Sie sollten mit Ihrem Betreuer klären, ob dies erwünscht ist.

---

## 1.6 Verweise

---

In L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X werden Sätze etc. automatisch nummeriert (man kann die Nummerierung auch unterdrücken). Gleiches gilt für Kapitel usw. Beim Verweisen kann man sich dies zu Nutze machen. Dabei sollte man die folgenden Punkte beachten:

- `\label{Verweismarke}` definiert eine Verweismarke. Der Übersicht halber definiert man die Verweismarke am besten innerhalb einer Gleichung im Display Math Modus, innerhalb einer theorem-Umgebung oder direkt nach dem `chapter`-Befehl etc.
- Es gibt verschiedene Möglichkeiten, sich auf eine Verweismarke zu beziehen:
  1. `\ref{Verweismarke}` setzt die Nummer des markierten Objektes.
  2. `\eqref{Verweismarke}` setzt die Gleichungsnummer in runde Klammern.
  3. `\pageref{Verweismarke}` setzt die Nummer der Seite, auf welcher die Verweismarke definiert wurde.
- Mit `\cite[Option]{Verweismarke}` verweist man auf Literatur.

---

## 1.7 Aufschreiben von Mathematik

---

Es gibt ein paar Fein- und Besonderheiten, die man beim Aufschreiben von Mathematik beachten sollte.

---

## 1.7.1 Regeln

---

Wir haben hier – auch unter Benutzung von [SHSD81] und [KLR89] – einige „Regeln“ zur mathematischen Prosa zusammengefasst.

**Regel 1.** Fangen Sie keinen (Neben-)Satz mit einem Symbol an.

**Regelbeispiel.** • Böse:  $x^n - a$  hat  $n$  komplexe Nullstellen.

- Gut: Das Polynom  $x^n - a$  hat  $n$  komplexe Nullstellen.

**Regel 2.** Verwenden Sie verbale Formulierungen anstelle von vielen aufeinander folgenden logischen Symbolen, zum Beispiel  $\implies$ ,  $\forall$ ,  $\exists$  oder  $\ni$ , sofern es sich nicht um eine Arbeit in der Logik handelt.

**Regelbeispiel.** • Böse:  $\forall \varepsilon > 0 \exists n_0 \in \mathbb{N} \forall n \geq n_0: |a_n - a| < \varepsilon$ .

- Gut: Für jedes  $\varepsilon > 0$  existiert ein  $n_0 \in \mathbb{N}$ , so dass  $|a_n - a| < \varepsilon$  für alle  $n \geq n_0$  gilt.
- Böse: Daraus folgt  $a = 0 \wedge b = 1$ .
- Gut: Daraus folgt  $a = 0$  und  $b = 1$ .

**Regel 3.** Trennen Sie mathematische Symbole aus verschiedenen Formeln durch Wörter.

**Regelbeispiel.** • Böse: Es gilt für alle  $n \in \mathbb{N} \sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2}$ .

- Gut: Für alle  $n \in \mathbb{N}$  gilt  $\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2}$ .
- Gut: Es gilt für alle  $n \in \mathbb{N}$  die Identität  $\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2}$ .

**Regel 4.** Mathematik sollte lesbar sein.

**Regelbeispiel.** • Böse: Sei  $k > 0$  eine ganze Zahl.

- Gut: Sei  $k$  eine positive ganze Zahl.
- Gut: Betrachte eine ganze Zahl mit  $k > 0$ .
- Böse: Sei  $f: \mathbb{R}^n \supseteq D \rightarrow \mathbb{R}^m$  differenzierbar.
- Gut: Sei  $D$  in  $\mathbb{R}^n$  offen und  $f: D \rightarrow \mathbb{R}^m$  differenzierbar.

**Regel 5.** Führen Sie keine unnötigen Bezeichnungen ein.

**Regelbeispiel.** • Böse: Jede differenzierbare Funktion  $f$  ist stetig.

- Gut: Jede differenzierbare Funktion ist stetig.

**Regel 6.** 1. Nummerieren Sie keine Gleichung oder geben Sie ihr einen Namen mit dem tag-Befehl, sofern Sie sich später nicht auf die Gleichung mit der Gleichungsnummer oder dem Namen beziehen.

2. Verweisen Sie niemals auf eine Gleichungsnummer oder einen Gleichungsnamen, bevor die Gleichung überhaupt im Text auftaucht.

**Regel 7.** Lassen Sie die bloße Aneinanderreihung von Gleichungen und Formeln sein und führen Sie stattdessen die Konzepte durch fortlaufende Kommentare zusammen.

**Regelbeispiel.** • Böse:

$$X^2 - 2X + 2 = 0$$

$$(X - 1)^2 + 1 = 0$$

$$(X - 1)^2 = -1$$

$$X - 1 = \pm i$$

$$X = 1 \pm i$$

- Gut: Wir wollen die komplexen Nullstellen des Polynoms  $X^2 - 2X + 2$  bestimmen. Durch quadratische Ergänzung führt dies auf die Gleichung

$$(X - 1)^2 + 1 = 0,$$

oder, äquivalent dazu, auf

$$(X - 1)^2 = -1.$$

Davon sind die Lösungen bekannt, nämlich  $X - 1$  ist gleich  $i$  oder  $-i$ . Damit ist  $X = 1 + i$  oder  $X = 1 - i$ .

**Regel 8.** *Vermeiden Sie Irrelevantes und beachten Sie Trivialfälle.*

**Regelbeispiel.** Sei  $R$  ein einfacher kommutativer Ring mit Eins und seien  $x$  und  $y$  in  $R$ . Dann gilt  $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$ .

*Bemerkung.* Der aufmerksame Leser wird sich fragen, was eine Eins oder die Tatsache, dass  $R$  einfach ist, mit  $x^2 - y^2 = (x + y)(x - y)$  zu tun hat. Hier wurden *irrelevante* Informationen zu einer trivialen Aussage hinzugefügt und rufen nur Verwirrung hervor.

**Regelbeispiel.** Jede komplexe Zahl ist das Produkt einer positiven Zahl und einer Zahl von Betrag eins.

*Bemerkung.* Hier wurde einfach der Spezialfall 0 nicht erwähnt: Diese komplexe Zahl kann nicht so dargestellt werden! Dies führt zu Misstrauen beim Leser, wenn es häufig passiert.

**Regel 9.** *Verwenden Sie für verschiedene mathematische Objekte nicht dieselbe Notation. Umgekehrt sollten Sie in Ihrer Notation bei gleichen mathematischen Objekten konsistent sein.*

**Regel 10.** *Verwenden Sie „wir“, wenn man es auch durch „der Autor und der Leser“ ersetzen kann und vermeiden Sie Passiv-Formulierungen.*

**Regel 11.** *Für einen Gedankenstrich benutzen Sie -- und nicht -, d.h. – und nicht -.*

**Regel 12.** *Verwenden Sie `\DeclareMathOperator{\Befehl}{Ausdruck}`, um einen Befehl für mathematische Operatoren zu definieren, und in keinem Fall die Variante `\newcommand{\Befehl}{Definition}`. Benutzen Sie auch die vordefinierten Operatoren wie `\sin` und `\exp` für bestimmte Funktionen usw.*

**Regelbeispiel.** Definition des Befehls für Realteil: In der Datei `befehle.tex` machen wir dies durch `\DeclareMathOperator{\Ret}{Re}` (guter Realteil) und dann durch `\newcommand{\Rett}{Re}` (schlechter Realteil). Im ersten Fall erhalten wir  $\operatorname{Re}(z)$  und mit der zweiten Möglichkeit ist das Resultat  $\operatorname{Re}(z)$ .

*Bemerkung.* An diesem Beispiel sieht man, dass ohne `\DeclareMathOperator` der Operator kursiv gesetzt wird. Wollen Sie Text in einem Mathematikmodus schreiben, so benutzen Sie bitte `\text{}` oder `\mbox{}`.

**Regel 13.** 1. *Leiten Sie einen Satz oder eine Definition immer durch eine Erklärung ein. Diese Erklärung muss auf einen Punkt oder einen Doppelpunkt enden.*

2. *Beweise sollen nach der Aussage kommen.*

**Regelbeispiel.** Wir erhalten somit

**Satz 1.2.** *Hängender Satz.*

**Regel 14.** *Achten Sie auf die Rechtschreibregeln – auch mathematische Texte müssen diesen genügen. Beachten Sie, dass Punkte und Kommata auch dann gesetzt werden müssen, wenn ein Satz auf eine abgesetzte Formel endet. In dem Fall setzen Sie den Punkt oder das Komma innerhalb der benutzten Mathematikumgebung.*

**Regelbeispiel.** • Böse: Wir erhalten somit

$$|f(x) - f(x_0)| < \varepsilon$$

.

- Gut: Wir erhalten somit

$$|f(x) - f(x_0)| < \varepsilon.$$

---

## 1.7.2 Unterschiede zwischen Satz, Proposition, Lemma und Korollar

---

Die Begriffe Satz, Proposition, Lemma und Korollar sind Ihnen wohl bekannt und Sie wissen auch, wie Sie diese mit  $\LaTeX$  einbinden können. Doch inwiefern unterscheiden sich diese Begriffe?

| Begriff     | Nutzung   |
|-------------|---|
| Satz        | Ein Satz ist ein Hauptergebnis, welches von unabhängigem Interesse ist.   |
| Proposition | Nicht alles, was bewiesen wird, ist ein Satz. Für kleinere und nützliche Ergebnisse, die auch von unabhängigem Interesse sind, verwendet man zur Abgrenzung zum Satz auch den Begriff Proposition.      |
| Lemma       | Ein Lemma ist ein Ergebnis, das ein Hilfsmittel für einen Satz oder eine Proposition darstellt, aber weniger von eigenständigem Interesse ist. Ein Lemma beinhaltet meist eine eher technische Aussage. |
| Korollar    | Ein Korollar stellt eine unmittelbare Folgerung aus einem Satz oder einer Proposition dar, welche keinen oder lediglich einen kurzen Beweis erfordert.  |

---

## 1.7.3 Struktur der Abschlussarbeit

---

Bei der Struktur Ihrer Abschlussarbeit können Sie sich an folgenden Punkten orientieren:

- Die Abschlussarbeit enthält eine Einleitung inklusive Danksagung wie in dieser Vorlage erläutert.
- Im ersten Kapitel sollten Sie die Arbeit mathematisch vorbereiten, indem Sie zentrale Begriffe aus weiterführenden Vorlesungen wiederholen und deren Notation fixieren sowie alle nötigen Begriffe und Sätze zu über Vorlesungen hinausgehenden Themen zusammenstellen. Es ist sinnvoll, mit dem Betreuer abzusprechen, wie dies genau auszusehen hat.
- Sie sollten die Arbeit inhaltlich mit einem resümierenden Kapitel abschließen, in welchem Sie auch auf offene und weiterführende Fragen eingehen sollten.
- Müssen Sie in Ihrer Abschlussarbeit Rechnungen oder technische Beweise über mehrere Seiten durchführen, so ist es für den Lesefluss förderlich, wenn Sie diese in einen Anhang auslagern und darauf im Text verweisen.
- Ein Inhalts-, Literatur- und Stichwortverzeichnis wird erwartet.

---

## 1.8 Nützliche Links

---

- Short Math Guide von AMS, welcher das Setzen mathematischer Formeln und Symbole kompakt zusammenstellt:  
<ftp://ftp.ams.org/ams/doc/amsmath/short-math-guide.pdf>
- Ausführliche Dokumentation zum `amsthm` Paket:  
<ftp://ftp.ams.org/ams/doc/amscs/amsthdoc.pdf>
- Dokumentation von AMS zum Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten und Monographien, welche indirekt auch nützliche Tipps zum Verfassen von Abschlussarbeiten enthält:  
<ftp://ftp.ams.org/pub/author-info/documentation/amslatex/instr-1.pdf>
- Unter folgendem Link finden Sie nicht nur eine kurze Einführung in  $\LaTeX$ , sondern auch Dokumentationen zu den Paketen:  
<http://www.ctan.org/>

---

## Literatur

---

- [KLR89] KNUTH, Donald E. ; LARRABEE, Tracy ; ROBERTS, Paul M.: *Mathematical Writing*. The Mathematical Association of America, 1989. – Ein Klassiker, der auf einer Vorlesung von Donald E. Knuth – dem „Erfinder“ von  $\text{\TeX}$  – basiert.
- [Küm16] KÜMMERER, Burkhard: *Wie man mathematisch schreibt*. 1. Auflage. Springer Spektrum, 2016. – Ein allumfassendes Buch, welches ausführlich erklärt, wie man mathematisch schreibt – stilistisch und dies in  $\text{\LaTeX}$  umgesetzt. Sehr empfehlenswert, egal ob man nun im 3. Semester ist oder bereits ein erfahrener Mathematiker.
- [Mun00] MUNKRES, James R.: *Topology*. Prentice Hall, 2000
- [SHSD81] STEENROD, Norman E. ; HALMOS, Paul R. ; SCHIFFER, Menahem M. ; DIEUDONNÉ, Jean A.: *How To Write Mathematics*. American Mathematical Society, 1981. – Vor allem der Artikel von Paul R. Halmos ist sehr lesenswert.
- [Stu09] STURM, Thomas F.:  *$\text{\LaTeX}$  – Einführung in das Textsatzsystem*. 7. Auflage. RRZN Handbuch, 2009. – Diese Einführung ist beim HRZ erhältlich und kostet lediglich 6 Euro.
- [SW99] STRUNK, jr. W. ; WHITE, E. R.: *The Elements Of Style*. 4. Auflage. Longman, 1999. – Ein gutes und günstiges Stilbuch in englischer Sprache.

---

## **Erklärung zur Abschlussarbeit gemäß §22 Abs. 7 APB der TU Darmstadt**

---

Hiermit versichere ich, Muster Mustermann, die vorliegende Master-Thesis / Bachelor-Thesis ohne Hilfe Dritter und nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht worden. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Mir ist bekannt, dass im Falle eines Plagiats (§38 Abs.2 APB) ein Täuschungsversuch vorliegt, der dazu führt, dass die Arbeit mit 5,0 bewertet und damit ein Prüfungsversuch verbraucht wird. Abschlussarbeiten dürfen nur einmal wiederholt werden.

Bei der abgegebenen Thesis stimmen die schriftliche und die zur Archivierung eingereichte elektronische Fassung überein.

---

## **Thesis Statement pursuant to §22 paragraph 7 of APB TU Darmstadt**

---

I herewith formally declare that I, Muster Mustermann, have written the submitted thesis independently. I did not use any outside support except for the quoted literature and other sources mentioned in the paper. I clearly marked and separately listed all of the literature and all of the other sources which I employed when producing this academic work, either literally or in content. This thesis has not been handed in or published before in the same or similar form.

I am aware, that in case of an attempt at deception based on plagiarism (§38 Abs. 2 APB), the thesis would be graded with 5,0 and counted as one failed examination attempt. The thesis may only be repeated once.

In the submitted thesis the written copies and the electronic version for archiving are identical in content.

Ort/Place, Datum/Date

Unterschrift des Autors/Signature of author