

# Hinweise für die Erstellung von BA- und MA-Arbeiten

Martin Schlather  
Institut für Mathematik, Universität Mannheim  
A5, 6, D-68131 Mannheim  
schlather@math.uni-mannheim.de

4. Dezember 2017

## 1 Was darf vorausgesetzt werden?

Es gibt keine allgemeingültige Regel dafür, was vorausgesetzt werden kann. Jedoch gibt es zwei konkurrierende Regeln:

1. Auf Grundlagenwissen, wie z. B. der Zentrale Grenzwertsatz für unabhängig identisch verteilte Zufallsvariable sollten Sie nicht mehr eingehen. Auf speziellere Aussagen, auch aus einer Grundvorlesung, können oder sollten Sie in einer BA-Arbeit jedoch eingehen, z. B. auf den Zentralen Grenzwertsatz im Falle nicht identisch verteilter Zufallsvariablen.
2. Sie nehmen in Anspruch zu wissen, was bekannt sein sollte. Achten Sie dann unbedingt darauf, dass Ihre Arbeit konsistent ist. Dieser Weg ergibt sich von selbst, wenn aus dem erarbeiteten Material ausgewählt wird oder ausgewählt werden muss.

## 2 Stil

1. Schreiben Sie Definitionen und Aussagen in Form von *Definition*, *Satz*, *Lemma* auf, führen Sie vollständige Beweise unter *Beweis* durch. Oftmals werden in der Originalliteratur (aus dem angelsächsischen Raum) Definitionen, Interpretationen und Bemerkungen etc. in Sätzen, Lemmata und Fließtexten untergebracht. Vermeiden Sie dies und organisieren Sie Ihr Material entsprechend! Alle in der Literatur vorkommenden Aussagen der Form *it is obvious that...*, *it is easy to see that...*, *it is left to reader to show that...*, *wie man leicht sieht...* dürfen nicht übernommen, sondern müssen ausgeführt werden. (Natürlich von *wirklich offensichtlichen* Sachverhalten abgesehen.)
2. Halten Sie unterschiedliche mathematische Objekte auseinander. Verwenden Sie unterschiedliche Symbole für unterschiedliche Objekte. Z. B. sollte ein Laufindex  $k$  an anderer Stelle der Arbeit nicht eine Funktion sein. Vermischen Sie auch nicht den Begriff einer Funktion — sagen wir  $f$  — mit ihrem Funktionswert  $f(x)$  an einem (generischen) Punkt  $x$  ihres Definitionsbereichs. Ist  $A$  eine Matrix so bezeichnet  $A_{ij}$  nur ein Element, jedoch nicht die Matrix selbst. Hingegen bezeichnet  $(A_{ij})_{i,j=1,\dots,n}$  wieder die Matrix.
3. Im Angelsächsischen steht *we* oft anstelle des unpersönlichen Pronomens. Im Deutschen ist dies weniger üblich.

#### 4. L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X und Verwandtes:

- (a) „Zitate“, d.h. "‘Zitate’", haben genau diese Anführungszeichen im Deutschen.
- (b) Bitte verwenden Sie `bibtex` (`\cite`, `\citep`). Viele bevorzugen die Verwendung von `\usepackage[round]{natbib}`.
- (c) Verwenden Sie z. B. „ $a \times b$ “ (d.h. `$a \times b$`) oder „ $n$  Variablen“ (d.h. `$n$`) und nicht „ $a \times b$ “ oder „ $n$  Variablen“. Weiterhin wird `*` im Allgemeinen nur bei der Faltung verwendet, also „ $2^m n$ “ und nicht „ $2^m * n$ “. Auch ein `\cdot` (`\cdot`) sollte nicht als generell als Multiplikationssymbol verwendet werden.
- (d) Der Term *exp*, d.h. `$exp$`, gibt das Produkt der drei Variablen *e*, *x* und *p* an. Die Exponentialfunktion wird durch `exp`, d.h. `\exp`, angegeben. Ähnliches gilt für alle anderen Funktionen und Operatoren.
- (e) Verwenden Sie  $\top$ , d.h. `\top`, zur Darstellung der Transponierung einer Matrix.
- (f) Achten Sie auf lesbare Abbildungen (Schriftgroesse, Rand, s. `par` in `R`).
- (g) Verwenden Sie `scholar.google` für die Literatursuche und auch um eine Rohversion des Bibtex-Eintrages zu erhalten. Die Rohversion muss im Allgemeinen nachgearbeitet werden.
- (h) In den Anhang kommt, was im eigentlichen Text nicht zwingend benötigt wird, aber den eigentlichen Text sinnvoll ergänzt. Grundsätzlich muss der eigentliche Text lesbar und verständlich bleiben, ohne dass man im Anhang nachschaut.

#### 5. Grundsätzlich keine Fußnoten

### 3 Probleme mit der Literatur (insb. bei Bachelorarbeiten)

1. Im theoretischen Teil einer Abschlussarbeit an meinem Lehrstuhl ist die Hauptaufgabe typischerweise die Ausarbeitung eines Stücks Ihnen gegebener Literatur (oftmals aus dem angelsächsischen Raum, s.o.), manchmal auch eine Modifikation der dort angegebenen Resultate, Methoden etc. Dabei ergibt sich immer wieder folgendes Problem: Der Anfänger betrachtet oftmals ein Buch (hardcover, Hochglanzdruck, *n*-te Auflage, wunderbare Bilder, berühmter Autor etc.) oder einen wissenschaftlichen Artikel (berühmte Zeitschrift mit *impact factor N* etc.) als „unfehlbar“, kommt an eine nicht nachvollziehbare Stelle und gerät in eine gewisse Depression. Leider ist es so, daß die wissenschaftliche Literatur — insbesondere auch in der Mathematik — *durchweg* von Lücken (manche schließbar, andere nicht) und Fehlern (aller Art) durchzogen ist. Ich kenne *kein einziges* Buch, das keine Fehler enthält. Das sollte Ihnen jedoch nicht die Hochachtung vor der wissenschaftlichen Arbeit anderer nehmen.
2. Es ist ein wichtiger Aspekt wissenschaftlicher Arbeit, in der Literatur, die man verwendet, Lücken und Fehler aufzuspüren (die manchmal *sehr* subtil sein können), diese zu füllen bzw. zu korrigieren (und natürlich auch zu dokumentieren), und damit einen Beitrag zur Entwicklung des Gegenstands zu machen. (Und dies sollte Sie auch nicht dazu verführen, daß, wenn Sie eine Stelle nicht nachvollziehen können, dies *sofort* auf einen Fehler des Autors zurückführen. Typischerweise stehen die Chancen nicht schlecht, daß das Problem auf seiten des Lesers ist.) Damit ist dies auch ein wichtiger — manchmal sehr mühseliger und

frustrierender — Aspekt der Arbeit an Ihrer Abschlussarbeit. Dabei kann es vorkommen, daß Sie trotz intensiver Arbeit und langer Diskussionen mit Ihrem Betreuer eine gewisse Lücke nicht schließen oder einen Fehler nicht korrigieren können. Das Wichtigste ist in diesem Fall (wie sonst auch), daß Sie damit *vollkommen aufrichtig* umgehen. Es ist besser, in der Abschlussarbeit explizit festzustellen, daß es in der Literatur einen Punkt gibt, der nicht nachvollziehbar war (solche gibt es ja!), als „drum herum zu schummeln“. Manchmal kann man eine Stelle durch eine kleine Simulation zumindest heuristisch rechtfertigen oder eben auch widerlegen — auch das ist wissenschaftliche Arbeit.

## 4 Spezifisches für angewandte Themen

1. Bitte belegen sie Aussagen statistisch, wann immer es geht. Statt „Der qqplot zeigt eine große Abweichung.“, besser „Das folgende Modell zeigt, dass die Abweichungen im qqplot signifikant sind.“
2. In der Datenanalyse wird mit statistischen oder stochastischen Modellen gearbeitet. Diese Modelle müssen klar ausformuliert und mit Formeln angegeben werden. Analoges gilt für “reine” Programmierarbeiten.

## 5 Zitate

1. Grundsätzlich keine Fußnoten. Zum Beispiel wird Literatur grundsätzlich hinten im Verzeichnis angegeben.
2. Seit der Skandale um Doktorarbeiten von bekannten Politikern gibt es eine Verunsicherung beim Zitieren, die dazu geführt hat, daß man nun in BSc-, MSc- und Doktorarbeiten eine völlig unsinnige Häufung von Fußnoten etc. beobachten kann. In der Mathematik wird ein anderer Usus beim Zitieren gepflegt:
  - (a) Für Selbstverständliches braucht man keine Literaturangabe. Z. B. ist es unnötig ein Zitat für die Aussage, daß eine differenzierbare Funktion stetig ist, anzugeben.
  - (b) Geben Sie am Anfang der Arbeit oder am jeweiligen Anfang des Kapitels einmal an, welche Literatur Sie als Basis benutzen, dies reicht dann für alle Standardbegriffe und -aussagen vollkommen aus.
  - (c) Eine Definition hat im Allgemeinen keine Referenzen, außer es ist wichtig, dass Sie eine ganz bestimmte Version verwenden.
  - (d) Spezifische Sätze und andere Ergebnisse, die benutzt werden, müssen sauber zitiert werden, immer mit einer genauen Literaturangabe. Beispiel: Sie benutzen in einem Beweis die Injektivität der Laplacetransformation oder, daß eine Potenzreihe im Inneren des Konvergenzkreises differenzierbar ist, oder den *Satz von Blackwell* ... (Das kann u.U. eine kleine Literaturrecherche nötig machen.) Dabei ist ggf. das zu zitierende Resultat in eine angemessene, mathematisch-formale Form zu bringen — oftmals reicht ein einfaches, direktes Zitieren der Originalquelle nicht aus (s.o. „Stil“). Insbesondere sollte man darauf achten, daß die Notation vollständig erklärt und mit den anderen Teilen der Arbeit kompatibel ist. Ähnliches gilt auch für den Beweis.Wo keine Referenzen sichtbar sind, erheben Sie implizit den Anspruch, dass der entsprechende Teil von Ihnen stammt.

3. Insbesondere bei angewandten Arbeiten, aber nicht nur dort, ist oft unklar, was näher erklärt werden soll und was nicht. Dies ist schwierig zu entscheiden. Generell gilt aber: ein bisschen erklären ist selten gut. Besser ist es, entweder richtig und präzise zu erklären (inklusive Formeln), oder zu verweisen.

## 6 Simulation und Simulationsergebnisse

1. Wenn Ihnen gegenüber (verbal oder in Skizzen zum Thema Ihrer Arbeit) von *Monte-Carlo-Methoden* (oder Simulationsstudie) die Rede ist, so ist damit typischerweise gemeint, daß Sie eine genügend große Menge von Realisierungen (nicht „Realisationen“) von Zufallsgrößen, z. B. Pfade eines stochastischen Prozesses, erzeugen und dann einen Erwartungswert, der durch diesen stochastischen Prozess (bzw. diese Zufallsvariable) definiert wird, im Sinne des starken Gesetzes der großen Zahlen durch den entsprechenden statistischen Mittelwert der erzeugten Werte annähern.
2. Natürlich hängt die Güte dieser Approximation (u.a.) von der Anzahl der erzeugten Pfade/Werte ab. Grob gesagt, verhält sich der Fehler zwischen „wahrem“ Wert und Approximation typischerweise umgekehrt proportional zur Wurzel der Anzahl der Werte. Beginnen Sie trotzdem zunächst nicht mit allzu großen Anzahlen, um nicht kostbare Zeit mit u.U. sinnlosen Computerrechnungen zu vertun (etwa aufgrund von Programmierfehlern, unkorrekten Algorithmen oder gar Fehlern in der Theorie). Später kann man dann die Anzahl der Pfade/Werte erhöhen.
3. Überlegen Sie sich sorgfältig eine geeignete Darstellung Ihrer Simulationsergebnisse: Oftmals sind graphische Darstellungen das beste Mittel. „Große“ Tabellen, d.h. mit mehr als 12 Einträgen, außerhalb des Anhangs gelten als menschlich grausam. Wenn Sie die Simulationsparameter (etwa Anzahl der erzeugten Pfade/Werte) verändern, ist auch oftmals eine Darstellung des Verhaltens des Fehlers — etwa in einer Graphik — interessant.

## 7 Programmierung

1. Eine gute Möglichkeit, Ihren Code in der Arbeit zu dokumentieren, ist, ihn in einem Anhang wiederzugeben.
2. Codestücke kommen normalerweise nicht zwischen theoretischen Aussagen vor.
3. Pseudocode kann mal wichtig sein, wenn ein merklicher Sprung von der theoretischen Aussage zum Code vorhanden ist.
4. Code wird im Text nur in wenigen Abschlussarbeiten zitiert. Wenn dem so ist, geschieht dies mit `\begin{verbatim}code\end{verbatim}` oder mit `\verb+code+`.
5. Jede Code-Zeile ist maximal 80 Zeichen lang (außer bei langen Zeichenketten).
6. Es sei denn anderes ist vereinbart, sind als Programmiersprachen R oder C zu verwenden.

## 8 Sprache, Grammatik, Rechtschreibung

1. Bitte überlegen Sie sich gut, in welcher Sprache (Deutsch oder Englisch) Sie Ihre Arbeit schreiben wollen — im Zweifelsfall sei Ihnen Deutsch geraten.
2. Auch wenn der eigentliche Inhalt der Arbeit (natürlich) mathematischer Natur ist, sollten Sie auf einen guten Sprachstil und vor allem korrekten Umgang mit Grammatik und Rechtschreibung (und dazu gehört auch die korrekte Benutzung von Satzzeichen) achten.
3. Es wird erwartet, dass Sie die Bedeutung und Verwendung elementarer Begriffe der Mathematik, wie zum Beispiel „Satz“ und „Definition“, beherrschen.
4. Vermeiden Sie Anglizismen. Wenn englische Wörter unvermeidbar sind, sind diese in *Schrägdruck* (d.h. `\emph{Schr}\text{agdruck}`) zu setzen.
5. Bevor Sie die Endversion der Arbeit  $\text{\TeX}$ -en und ausdrucken, lohnt es sich, einen *spell checker* über die Arbeit laufen zu lassen — in vielen  $\text{\TeX}$ -Editoren ist einer eingebaut.

## 9 Abgabe

Bitte im Sekretariat die Arbeit (**doppelseitig, einfacher Zeilenabstand, 10pt oder 11pt**) abgeben. Ansonsten in einem anderen Raum am Lehrstuhl oder einem anderen Sekretariat der Mathematik; bitte teilen Sie mir dann umgehend per Email mit, wo Sie die Arbeit abgegeben haben. Bitte schicken Sie immer auch eine elektronische Version zu oder legen Sie diese auf CD oder Stick bei.

Sollte eine Abgabe der gedruckten Exemplare technisch nicht möglich sein, schicken Sie bitte eine Email mit dem Vermerk „Abgabeversion“ inklusive PDF-Datei termingerecht mir zu. Die elektronische Version muss mit der gedruckten übereinstimmen.

Das Kolloquium zu den BA-Arbeiten besteht aus einem 20 minütigen Vortrag und anschließender Diskussion.

## 10 Vorwort/Danksagung

In der Selbständigkeitserklärung erklären Sie, dass Sie alle Hilfsmittel angegeben haben, also z.B. auch das Korrekturlesen von Dritten mittels Danksagung (im Vorwort).

## 11 Rücksprache

Wenn Sie über irgendetwas unsicher sind, zögern Sie nicht, *rechtzeitig* mit Ihrem Betreuer zu sprechen.

## 12 Letzter Rat (insb. für Bachelorarbeiten)

Unterschätzen Sie bitte nicht die Zeit, die Sie zum sauberen Aufschreiben und  $\text{\LaTeX}$ -en Ihrer Notizen und Ergebnisse brauchen! Meiner Erfahrung nach gelingt es nur einem sehr kleinen Anteil von Studenten, diese Zeit richtig einzuschätzen. Aber die knappe Bearbeitungszeit von Abschlussarbeiten und der definitive Abgabepunkt lassen keine groben Fehler bei dieser Abschätzung zu. Fangen Sie also rechtzeitig (also so nach einem Drittel bis Hälfte der Zeit) an,

diejenigen Teile, die Sie für „stabil“ und „sauber“ halten, in  $\text{\LaTeX}$  umzusetzen — oftmals zeigen sich Lücken oder gar Fehler erst beim definitiven Aufschreiben.

## 13 Danksagung

Ich danke Prof. Potthoff für die Überlassung seines Leitfadens „Allgemeine Hinweise zur BSC-Arbeit“, aus dem ein Großteil entnommen wurde.