



# Hinweise zu schriftlichen Ausarbeitungen

Eine (Pro-) Seminararbeit stellt für viele von Ihnen den *ersten eigenverantwortlich erarbeiteten und verfassten wissenschaftlichen Text* dar, gleiches gilt für den zugehörigen Vortrag. In diesem Leitfaden geben wir zahlreiche konstruktive Hinweise, wie wissenschaftliche Texte idealerweise verfasst werden, welche typischen Fehler dabei vermieden werden sollten, und welche Tipps und Tricks dabei helfen können.

Natürlich entspricht die Darstellung dem Anspruch am Lehrstuhl CMCS des IANS. Bis auf kleinere Details ist dies jedoch durchaus identisch zum Konsens innerhalb des Fachbereichs Mathematik der Universität Stuttgart, und dem fachübergreifenden Verständnis im SimTech-Studiengang. Die Ansprüche gelten querbeet für alle schriftlichen Ausarbeitungen, von (Pro-) Seminaren über Bachelor- und Masterarbeiten bis hin zu Dissertationen.

Wichtig für Sie als unvoreingenommene Leserin und Leser ist: Die früh im Studium anhand dieses Leitfadens in einer Seminararbeit und im Vortrag eingeübte Vorgehensweise wird sich bei der Bachelorarbeit und bei schriftlichen Arbeiten und Vorträgen im weiteren Studium erfahrungsgemäß stark auszahlen!

## Strukturierung der schriftlichen Ausarbeitung

Die wesentlichen Punkte bei der Strukturierung jeder schriftlichen Arbeit sind:

- Die schriftliche Ausarbeitung erfordert eine gewisse Struktur, d.h. einen klar erkennbaren „roten Faden“. Es ist eine weit verbreitete „Unsitte“, Einleitung, Hauptteil und Zusammenfassung nach dem folgenden Muster zu gestalten:
  - Einleitung: In Kapitel 2 werde ich den Algorithmus xyz vorstellen.
  - Kapitel 2: Der Algorithmus xyz sieht wie folgt aus.
  - Zusammenfassung: In Kapitel 2 wurde der Algorithmus xyz vorgestellt.
- Durch die folgende Vorgehensweise erhält die Arbeit automatisch einen inhaltlichen Rahmen: Zu Beginn der Ausarbeitung sollte in einem **Einleitungskapitel** kurz das bearbeitete Thema motiviert und insbesondere ein Gesamtkontext hergestellt werden, d.h. das Thema sollte in größere Zusammenhänge eingeordnet werden.
  - Da jedem Thema typischerweise eine oder wenige *primäre* Literaturquellen zugrundeliegen, sollten diese auch in der Einleitung als solche erwähnt werden.
  - Sehr wichtig ist es zu skizzieren, welche Frage(n) die Arbeit beantworten soll, falls die Arbeit dieses Ziel verfolgt. Wenn beispielsweise zwei Algorithmen miteinander verglichen werden, sollten hier bereits die Kriterien skizziert werden, anhand derer später der Vergleich durchgeführt wird.

- 
- Ferner ist es für die Leserin / den Leser hilfreich, wenn die grobe Struktur der Ausarbeitung skizziert wird, d.h. man erfährt beispielsweise, dass zwei alternative Algorithmen in Kapitel 2 vorgestellt werden und dass numerische Vergleichsrechnungen in Kapitel 3 gezeigt werden.
  - Die folgenden Kapitel hängen stark vom jeweiligen Thema bzw. Fokus der Arbeit ab, konkrete Hinweise geben Ihre Betreuer am Lehrstuhl. Allgemeine Hinweise sind:
    - Ein Grundlagenkapitel kann den Stand von mathematischem Lehrbuchwissen (Vorlesungsstoff) knapp und präzise zusammenfassen. Hier kann man zentrale Begrifflichkeiten definieren und über das Einleitungskapitel hinausgehende Voraussetzungen schaffen. Wichtig ist die inhaltliche Geschlossenheit der Arbeit, d.h. es sollen und müssen genau die Grundlagen gelegt werden, die für das Verständnis der weiteren Arbeit nötig sind.
    - Überflüssig und für die Leserin / den Leser i.d.R. lästig ist das von Shewchuk als „grandmothering“<sup>1</sup> bezeichnete ausufernde Beschreiben, was in den letzten 100 Jahren auf diesem Gebiet alles passiert ist: Grundlagen sollten kurz, knackig und präzise dargestellt werden; und an Grundlagenwissen kann und muss typischerweise genau das vorausgesetzt werden, was Sie selbst aus diversen bereits besuchten Lehrveranstaltungen mitbringen.
    - In einigen Arbeiten bietet sich darüber hinaus der klassische „Zweisprung“ aus einem Modellierungskapitel und einem Numerikkapitel an, ggf. erweitert zu einem „Dreisprung“, wenn auch eigene numerische Experimente durchgeführt und die Ergebnisse diskutiert werden.
    - Bei Arbeiten mit eher theoretischem Fokus muss sichergestellt werden, dass alle Grundlagen (Lemmata und Definitionen) bereitgestellt werden, bevor das Hauptresultat formuliert und bewiesen werden kann.
  - Am Ende der Ausarbeitung sollten die wesentlichen Aspekte der Arbeit und insbesondere die **gewonnenen Erkenntnisse** kurz (!) zusammengefasst werden. Wenn in der Zusammenfassung eine Wiederholung der Einleitung in der Vergangenheitsform wiedergegeben wird, dann hat Ihre Arbeit offensichtlich keinerlei Erkenntnisgewinn gebracht, und Sie haben dies auch noch dokumentiert. Die Zusammenfassung kann auch in einen **Ausblick** übergehen, in dem kurz dargestellt wird, welche Aspekte in der Arbeit absichtlich nicht betrachtet wurden und welche eine interessante Perspektive für weitere Untersuchungen bieten können.

## Formale Aspekte

Am Lehrstuhl CMCS sind folgende formale Aspekte sehr wichtig, unabhängig von der konkreten Einordnung der schriftlichen Ausarbeitung:

- Eine Ausarbeit ist keine Stichwort- bzw. Zitatesammlung, sondern erfordert die textuelle Formulierung in eigenen Worten.
- Umgangssprache sollte in wissenschaftlichen Texten vermieden werden. Dazu zählen auch Sprachkonstrukte wie „*hier sieht man ganz deutlich*“ oder „*wie das Bild zeigt*“. Ein Bild gibt es im Museum, in einem wissenschaftlichen Text ist i.d.R. eine Abbildung gemeint. Leider muss es gesagt werden: „Chat- bzw. SMS-Sprech“ wie Smileys zeigen deutlich mangelnde Eloquenz.

---

<sup>1</sup>Jonathan R. Shewchuk, *Three Sins of Authors in Computer Science and Math*, <http://www.cs.cmu.edu/~jrs/sins.html>

- Schriftliche Arbeiten sollten eine einheitliche und konsistente Notation verwenden. Insbesondere wenn mehrere unterschiedliche Quellen als Grundlage dienen, besteht eine wesentliche Aufgabe der Verfasserin / des Verfassers darin, eine einheitliche Notation zu etablieren. Die Leserin / der Leser muss sich i.d.R. von **ihrer/seiner eigenen** Notation lösen und sich zum Verstehen der Ausarbeitung auf die Notation der Autorin / des Autors einstellen. Dies möchte sie/er jedoch nicht mehrmals und für jedes Kapitel erneut tun müssen. In vielen Bereichen hat sich zudem eine einheitliche und übergreifende Notation etabliert, z.B. die Kennzeichnung von vektorwertigen Größen durch Pfeilchen oder Fettdruck ( $\vec{x}$  oder  $\mathbf{x}$ ). Es ist nicht primär wichtig, **welche** Notation Sie verwenden, solange sie in sich konsistent ist und sofern grobe Abweichungen von etablierten Standards begründet und definiert werden.
- Personalisierungen müssen vermieden werden: Es gibt nicht „den Newton“, sondern nur „das Newton-Verfahren“.
- Als Autor(in) stehen Sie (hoffentlich) hinter den in der eigenen Arbeit getroffenen Aussagen. Die durchgehende Verwendung des Passiv ist daher oft holperig. In der Mathematik ist – auch in deutschen Texten – der **pluralis auctoris** etabliert, da eine Verwendung der ersten Person Singular egoistisch wirken kann: „*Ich beweise nun die Existenz und Eindeutigkeit von ...*“ wirkt sicherlich seltsamer als „*Wir beweisen die Existenz und Eindeutigkeit von ...*“.
- „Denglische“ Ausdrucksweise ist verboten: Auch eine Mathematikerin / ein Mathematiker muss die deutsche Sprache in Wort und Schrift beherrschen, oder fähig sein, die Ausarbeitung gleich in Englisch zu verfassen. Hierbei ist jedoch ein Kompromiss zu finden zwischen etablierten feststehenden Ausdrücken und der Lesbarkeit der Arbeit, da viele Bezeichnungen oftmals nicht kompakt zu übersetzen sind. Eine Lösungsmöglichkeit ist hier, mit Abkürzungen zu arbeiten, die entweder ebenfalls feststehend sind oder selbst definiert werden. Ein Beispiel für den ersten Fall ist ein Satz wie „*Wir verwenden die SUPG-Methode (streamline upwind Petrov-Galerkin) zur Stabilisierung*“ – jede deutsche Übersetzung wie „*flussaufwärts*“ wirkt im Kontext maximal holperig und minimal verständnisfördernd. Auch mit einem kursiven Schriftbild für nicht deutschsprachige Ausdrücke kann eine Abgrenzung geschaffen werden.
- Auf Abbildungen und Tabellen muss im Text Bezug genommen werden. Da nach Layout-Massnahmen Abbildungen oder Tabellen oft nicht mehr dort erscheinen, wo Sie es initial beabsichtigt haben, macht der Satz „*wie man in der nachfolgenden Tabelle sieht*“ u.U. wenig Sinn, wenn diese Tabelle erst nach mehrmaligem Seitenumblättern zum Vorschein kommt. Für die Leserin / den Leser eindeutig ist die Formulierung „*die dritte Spalte in Tabelle 5.3 bestätigt die Behauptung*“, und der Lesekomfort am (Tablet-) Bildschirm wird zusätzlich durch die Verwendung von Hyperlinks erhöht.
- Tabellen- und Abbildungsunterschriften müssen immer im Detail beschreiben, was tatsächlich gezeigt wird. Während ein Titel wie „ *$h = 1/8$* “ für die Verfasserin / den Verfasser Sinn macht, so benötigt die Leserin / der Leser eher die Information „*Konvergenzverlauf des Lösers A für Testfall B bei Gitterweite  $h = 1/8$* “.
- Fußnoten sollten nur sparsam z.B. bei reinen URL-Quellen verwendet werden, da sie den Lesefluss ansonsten erheblich stören. In den folgenden Fällen können Fußnoten leicht vermieden werden:
  - Quellenangaben gehören in der Mathematik in ein Literaturverzeichnis am Ende der Ausarbeitung, auf das im Text mit Referenzen in eckigen Klammern verwiesen wird.

- Die Definition einer Abkürzung feststehender Begriffe wie – im Beispiel von eben – SUPG gehört in den Fließtext. Sie sollten beim ersten Vorkommen ausgeschrieben werden, und danach sollte ihre Abkürzung verwendet werden. Insbesondere stört die Definition in einer Fussnote den Lesefluss. Beispiel: „Wir verwenden die SUPG-Methode (*streamline upwind Petrov-Galerkin*) zur Stabilisierung. Tabelle 42 zeigt einen Vergleich der SUPG-Methode mit der klassischen nicht stabilisierten FEM-Approximation.“
- Apropos: Wenn klar ist, dass ein Begriff nur einmal benutzt wird, dann macht die Einführung einer Abkürzung dafür auch keinen Sinn. Andererseits ist es eine Frage des persönlichen Stils, ob Abkürzungen eingeführt werden oder nicht – solange es einheitlich geschieht.
- Zahlwerte wie „im konkreten Fall wurde  $h = 1/100$  angenommen“ sind nicht für eine Fußnote geeignet und gehören in den Text, denn dort fragt sich die Leserin / der Leser, was denn der genaue Zahlenwert ist, wenn sie / er über die Plausibilität von Ergebnissen nachgrübelt.

## Richtiges Zitieren

Plagiarismus ist eine Problematik, die nicht zu unterschätzen ist, und die oft subtil auftritt:

- Mit einem Vortrag und einer schriftlichen Ausarbeitung demonstrieren Sie, dass Sie ein konkretes Thema durchdringen, verstehen und danach **mit eigenen Worten** schriftlich und mündlich erklären können. Dies ist die wichtigste Regel, die es zu beachten gilt.
- Eine wortwörtliche Übernahme von Textpassagen aus Lehrbüchern oder wissenschaftlichen Artikeln ist in mathematischen Arbeiten äußerst selten erforderlich und muss entsprechend als wörtliches Zitat kenntlich gemacht werden. Beispiel: *Ein mögliches Elementpaar zur Diskretisierung der inkompressiblen Navier-Stokes Gleichungen ist  $Q_1Q_0$ , welches Gresho als „slightly unstable but highly usable“ [42] bezeichnet.* In der Mathematik ist es im Gegensatz zu vielen Geisteswissenschaften und der Jura so, dass solche expliziten wörtlichen Zitate als besondere Hervorhebung wahrgenommen werden. Im Umkehrschluss bedeutet das für Sie als Autorin / Autor, dass eine längere wörtlich übernommene Passage interpretiert wird als Ihr Unvermögen, Inhalte in eigenen Worten wiederzugeben. Sie demonstrieren also aktiv, dass Sie **nicht** alles verstanden haben.
- Skizzen, graphische Darstellungen und Abbildungen, die aus Quellen übernommen werden, müssen zwingend mit einer Quellenangabe versehen werden, und zwar direkt in der Abbildungsunterschrift. Ein geklammerter Halbsatz wie „(übernommen von Donea und Huerta [23, Abbildung 1.2.3.4])“ reicht völlig aus. Wenn Sie eine Abbildung erweitern (oder kürzen), dann muss dies ebenfalls entsprechend gekennzeichnet werden.
- Die sinngemäße Wiedergabe von Textpassagen in Ihren eigenen Worten muss zwingend durch die entsprechende Literaturangabe gekennzeichnet werden. Dies betrifft gleichermaßen Grundlagenstoff und alle „Inspirationen“, die Sie aus Quellen gezogen haben. In solchen Situationen wird typischerweise „weich“ zitiert, bspw. mit einem Einleitungssatz wie diesem hier: *Die folgende Beschreibung der SUPG-Stabilisierung der stationären Konvektions-Diffusionsgleichung basiert auf Kapitel 2.4 aus dem Lehrbuch von Donea und Huerta [23].*
- Durchaus kontrovers diskutiert wird innerhalb der Mathematik die präzise Definition von mathematischem Allgemeinwissen (auch bezeichnet als „mathematische Folklore“). Offenbar ist die konkrete Definition von „Folklore“ stark abhängig von Ihrem Studienfortschritt.

- 
- **Am Lehrstuhl CMCS gilt die folgende pragmatische Regel: „Folklore“ ist all das, was Sie bereits in Vorlesungen gehört haben, und Folklore wird „weich“ zitiert im Sinne des vorletzten Punktes.** In Bachelorarbeiten ist es (noch) erlaubt, eine eigene Mitschrift einer Vorlesung bei einer Kollegin oder einem Kollegen anzuführen. Eine bessere Möglichkeit, die für schriftliche Arbeiten im Masterstudium vorausgesetzt wird, ist eine konkrete Referenz auf ein Resultat in einem Standardlehrbuch. Hier gilt es, Folklore gegen explizite Betonung abzuwägen. Als Beispiel können die Verweise auf die Forster-Lehrbücher dienen, die der Dozent in seinen Skripten einsetzt: Hier wird ein meist ein spezifisches Folklore-Resultat als Grundlage für eine Verallgemeinerung betont („Dies verallgemeinert den Gauß'schen Integralsatz (vgl. das Lehrbuch von Forster [23, Satz 12]) auf die schwache Formulierung.“). Die explizite Nennung eines Resultats auf diese Weise betont zudem, dass Sie nachgesehen haben, ob eine Referenz tatsächlich das untermauert, was Sie betonen wollen.
  - Bei Umformungen, Beweisen, Algorithmen und auch Werten für spezielle Parameter, die aus einer externen Quelle übernommen werden, muss die Literaturquelle immer explizit angegeben werden. Dadurch sichern Sie sich zum einen ab, wenn die angegebene Formel bzw. der Referenzwert fehlerhaft ist. Zum anderen interpretiert die Leserin / der Leser eine Formel ohne Literaturangabe als Eigenleistung der Verfasserin / des Verfassers, bspw. eine spannende Abschätzung einer Approximationsordnung. Für längere Umformungen kann wieder ein Zitat in einem einleitenden Satz untergebracht werden. Trivialerweise allgemein bekannte Dinge wie die binomischen Formeln müssen und sollen hingegen gar nicht mit einer Quellenangabe versehen werden.
  - Es gilt das Sorgfaltsprinzip: Plagiarismus passiert nämlich nicht nur explizit, d.h. bei bewusstem Abschreiben, sondern erfahrungsgemäß leider auch implizit. Es passiert häufig, dass Sie von der Präzision oder Darstellung in einer Originalarbeit so begeistert sind, dass längere Textpassagen, Herleitungen, Beispiele oder Argumentationsketten unbewusst (fast) wörtlich oder (fast) sinngemäß übernommen werden.
  - Solche wörtlichen Übernahmen können automatisch vermieden werden, indem zwei Quellen gleichzeitig gelesen und die gemeinsamen Inhalte (Formeln, Schlüsse, rote Fäden) stichpunktartig aufgeschrieben werden. Nach angemessener Wartezeit wird dann eine eigene, paraphrasierte Version erstellt, indem die Notizen mit erläuterndem Text aus dem Gedächtnis verbunden werden ohne erneuten Blick in die Primärliteratur. So „zwingen“ Sie sich automatisch, eigene Erklärungen der Teile konkret aufzuschreiben, die Sie in den Quellen nicht auf Anhieb verstanden haben.
  - Zum Ziel (und oft auch zu einer viel besseren und „eigeneren“ Darstellung) führt oft auch die Vorgehensweise, bspw. einen Algorithmus nicht konstruktiv wie in Lehrbüchern herzuleiten, sondern ihn stattdessen „vom Himmel fallen zu lassen“ und erst danach zu erklären, **warum** er funktioniert. Da sich diese Vorgehensweise in den wenigsten Büchern findet, führt sie automatisch zu einer Darstellung in eigenen Worten. Die wörtliche Übernahme des Algorithmus ist dabei selbstverständlich kenntlich zu machen, Algorithmen sind per Definition übrigens nie „Folklore“.
  - Auch wenn es offensichtlich ist: Übernommene Beispiele zu konkreten Verfahren müssen zitiert werden, und ein stärkeres Verständnis wird demonstriert, indem ein selbst ausgedachtes Beispiel zu einem Verfahren präsentiert wird. Dies betrifft gleichermaßen Verdeutlichungen, wie ein Verfahren funktioniert, als auch das Heranziehen von Resultaten anderer Gruppen (s. „konkrete Zahlen“ weiter oben).

- 
- Eine häufig auftretende Irritation betrifft auch die Zitierbarkeit von Wikipedia (Scholarpedia, Wolfram Research, Numerical Recipes, die Matlab-Onlinehilfe etc.). Hierauf gibt es keine befriedigende allgemeingültige Antwort. Es ist guter Stil, solches „flüchtiges“ Wissen nicht zu zitieren, sondern die dort referenzierten Originalarbeiten. Dazu muss man die Originalarbeiten selbstverständlich gelesen haben, um sich gegen Fehlinformationen abzusichern. Beispiele aus solchen Quellen werden idealerweise mit einer URL-Fussnote referenziert.
  - Die Zitierweise für Abbildungen aus Wikipedia ist einfach: Wenn man auf eine solche klickt, erhält man die Lizenz (d.h., ob und wie man die Abbildung überhaupt übernehmen darf) und die eigentliche zitierfähige Quelle.

## Folien- und Vortragsgestaltung

- Ausarbeitungen beinhalten alles, was Sie zu „Ihrem“ Thema herausgefunden haben. Im Vortrag sollen Sie zeigen, dass Sie daraus die interessantesten und relevantesten Teilthemen herauspicken können, und dass Sie diese allgemeinverständlich (d.h. für Studierende mit den gleichen Grundvoraussetzungen wie Ihnen) erklären können. **Und zwar in ziemlich genau der vorgegebenen Zeit**, wer deutlich weniger oder mehr Zeit benötigt hat etwas falsch gemacht. Seminarvorträge sind also keine Vorlesungen. Es empfiehlt sich, den Vortrag vorher einmal laut zu üben, um ein Gefühl für das Timing zu bekommen.
- Gute Vorträge holen das Publikum bei seinem / ihrem Wissensstand ab. Es schadet nicht, kurz noch einmal ein oder zwei Details aus der „Folklore“ zu wiederholen zu Beginn des Vortrags. Ebenso wichtig ist allerdings auch, das Thema des Vortrags anschaulich zu motivieren. Diese Einleitung umfasst typischerweise die ersten 10-15% des Vortrags.
- Ein guter Vortrag erklärt alle wichtigen Dinge so, dass alle Zuhörerinnen und Zuhörer die Knackpunkte des jeweiligen Themas verstehen und danach mitdiskutieren können. Gute Vorträge motivieren gleichermaßen Probleme und beschreiben und erklären Lösungsideen. Es ist eine hohe Kunst, Beweise so zu komprimieren, dass wesentliche Ideen und die Beweisstrategie verständlich bleiben, aber das Publikum nicht mit vielen technischen Details überfordert wird.
- Skizzen, Beispiele und kleine numerische Experimente usw. sind eine essentielle Zutat eines guten Vortrags und fördern das Verständnis – auch für die Vortragende / den Vortragenden bei der Erstellung solcher Bausteine. Bei Bedarf kann bei einem Folienvortrag auf die Tafel ausgewichen werden.
- Schlechte Vorträge beinhalten oft nur Formeln (minimalistischer Zugang) oder ganze Abschnitte im Volltext aus der Ausarbeitung (maximalistischer Zugang). Beides ist gleich suboptimal.