

# Ein kurzer Leitfaden für Studien- und Diplomarbeiten

Jörg Nolte

LS Verteilte Systeme/Betriebssysteme  
BTU Cottbus  
*jon@informatik.tu-cottbus.de*

**Zusammenfassung** Studien- und Diplomarbeiten sind *wissenschaftliche* Arbeiten, die jedoch im Gegensatz zu Doktorarbeiten unter Anleitung verfaßt werden. Dieser Leitfaden gibt einen Überblick über den Stil und den strukturellen Aufbau solcher Arbeiten und kann als Entwurfsmuster für die eigenen Arbeiten dienen.

## Sprache und Schreibstil

Ihr könnt Eure Arbeiten *entweder* auf englisch *oder* auf deutsch verfassen, aber *nicht* auf *denglisch*. Das bedeutet, daß Ihr Euch keine Gedanken darüber machen müßt, ob es nun *upgedated* oder *geupdated* heißt, denn solche Ausdrucksformen sind *tabu*.

Ich weiß, daß es mehr als schwierig ist, sich den Anglizismen zu entziehen, sie sind im täglichen Sprachgebrauch allgegenwärtig (leider manchmal auch in meinem) und die Terminologie unseres Faches ist nun sowieso englisch. Wenn Ihr aber etwas darüber nachdenkt, werdet Ihr Euch wundern, in wie vielen Fällen man auf diese Verballhornung Eurer Muttersprache verzichten kann. Zumindest in dem oben geschilderten Fall ist das sehr einfach: Statt *update* kann man problemlos das Verb *aktualisieren* benutzen. *Jedesmal*, wenn Ihr im Begriff seid, etwas auf *denglisch* zu schreiben, sollte bei Euch im Hirn eine rote Lampe aufleuchten. Leuchtet die nicht, leuchtet Eure Arbeit, wenn Ihr sie das erste mal vom Betreuer zurückbekommt. Wenn Ihr meint, englische Begriffe benutzen zu müssen (zugegeben, die deutschen Umschreibungen sind manchmal wirklich lästig), dann aber grundsätzlich nur *ohne* deutsche Grammatikendungen.

Wer gute Englischkenntnisse hat, darf durchaus ernsthaft darüber nachdenken, seine Arbeit auf englisch zu verfassen. Aber die Kenntnisse sollten *wirklich* gut sein, sonst wird das Unterfangen schnell ein ziemliches Fiasko!

Was Satzbau und Stil anbelangt, unterscheiden sich naturwissenschaftlich/technische Arbeiten doch deutlich von geisteswissenschaftlichen. Wenn Ihr vermeiden wollt, daß Eure Arbeiten auf den Leser denselben Eindruck machen wie seinerzeit die Arbeiten von Herrn Kleist auf Herrn Goethe, dann solltet Ihr besser auf lange, verschlungene Sätze verzichten. Der gute alte Sallust ist in dieser Beziehung auch kein gutes Vorbild (Bin ich eins?). Die Dinge sind kurz und zielstrebig auf den Punkt zu bringen, aber bitte *nicht* im Telegrammstil!

Ironie ist sicher eine der schönsten menschlichen Ausdrucksformen (finde ich zumindest) und kann in Lehrbüchern durchaus zur Auflockerung des manchmal etwas trockenen Stoffes eingesetzt werden, aber sie hat in wissenschaftlichen Arbeiten (leider) nicht wirklich etwas verloren (manchmal kann man es sich vielleicht doch nicht verkneifen, aber das kann dann sehr schnell nach hinten losgehen ...).

Ferner sind nicht quantifizierbare Aussagen wie *sehr groß*, *sehr schnell* in den meisten Fällen (immer?) überflüssig, wenn wir keine Meßlatte zum Vergleich haben. Auf sprachliche Ausschmückungen aller Art könnt Ihr getrost verzichten. Eure Arbeit kann sprachlich aussehen wie ein Bau von Mies van der Rohe, ein griechischer Tempel oder eine gotische Kathedrale, aber bitte *nicht* wie eine Barockkirche von innen!

## Die Gliederung der Arbeit

Im folgenden wird die Struktur einer wissenschaftlichen Arbeit dargelegt. Der Aufbau ist bei allen Arbeiten ähnlich, die Kapitelüberschriften sind natürlich themenbezogen anzupassen.

### 1 Die Einleitung

Dieses Kapitel soll den Leser *kurz* in die Thematik dieser Arbeit einführen und die Struktur erläutern. Zentrale Fragen:

1. Welches Problem löst *diese* Arbeit?
2. Wie ist die Arbeit inhaltlich aufgebaut?
3. Was wird in den einzelnen Kapiteln behandelt?

Bedenke: Wenn dieses Kapitel schlecht ist, wird der Leser nicht mehr weiterlesen wollen. Auch wenn der Betreuer es tun muß, der Zweitgutachter sollte auch bedacht werden und der ist idR erheblich kritischer, da er ja nicht persönlich in die Arbeit involviert ist. Letzterer *muß* zwar die Arbeit auch durchlesen, aber wenn das sehr zäh von der Hand geht, ist das mit Sicherheit nicht notenverbessernd.

Dieses Kapitel muß man zwar nicht als erstes schreiben, es ist jedoch hilfreich, es dennoch zu tun, da es einen systematischen Einstieg in die Arbeit fördert und de facto schon einen groben Arbeitsplan liefert.

### 2 Die Übersicht über das Themengebiet

Ihr habt es geschafft, den Leser zum Weiterlesen zu bewegen. Jetzt kommt die erste *wissenschaftliche* Hürde der Arbeit:

1. Welche Lösungsansätze gibt es bereits?
2. Wie unterscheiden sich diese Ansätze?
3. Sind diese Ansätze prinzipiell auch für mein Problem verwendbar?

Hier sollt Ihr dem Leser den Eindruck vermitteln, daß Ihr die Problemdomäne analysiert und verstanden habt. Dies setzt eine systematische Wissensakquisition durch konkrete Literatuarbeit voraus. Da *englisch* nun einmal die *lingua franca* der Wissenschaft ist (wäre Euch Latein lieber?), ist die Auseinandersetzung mit Originalliteratur unerläßlich. Euer Betreuer wird Euch schon mit der Nase in die richtige Richtung schubsen (aha, da war ja was mit unter Anleitung . . .), aber hier ist definitiv auch *Eigeninitiative* gefragt! Die Literaturreferenzen sind in einer Datenbasis (z.B. bibtex) zu erfassen und jeder Eintrag ist mit einem eindeutigen Schlüssel zu versehen, der für die Referenzierung im Text verwendet wird.

Bei der Verfassung von wissenschaftlichen Texten gilt generell: Ehre, wem Ehre gebührt. *Plagiate* werden in der Wissenschaft als *Sakrileg* betrachtet. Deshalb ist für *alles*, was nicht von Euch selber stammt oder als Allgemeinwissen vorausgesetzt werden kann, grundsätzlich die zugehörige Quelle anzugeben. Wichtige Definitionen etc. werden nicht selten mit Literaturangabe wörtlich zitiert. Jeder neu eingeführte Begriff (Bezeichnungen von Systemen, Algorithmen etc.), ist grundsätzlich bei der ersten Verwendung zu erläutern und mit einer Literaturreferenz zu versehen. Taucht ein Begriff wiederholt auf, ist eine Referenz nur dann vonnöten, wenn man einen anderen Aspekt aufgreift, der in einer anderen Publikation diskutiert wurde. Ferner ist jede Behauptung, deren Gültigkeit ihr nicht selber nachweist, mit Literaturreferenzen zu belegen, die diese Behauptung unterstützen.

Zitierfähig sind im einzelnen:

1. Alle Publikationen mit ISBN/ISSN-Nummer.
2. Technische Berichte von Institutionen/Organisationen mit einer eigenen systematischen Publikationsverwaltung.
3. Persönliche Kommunikation mit einem dritten, falls dieser zwar wesentliche Ideen beigesteuert, aber selber (noch) nicht veröffentlicht hat.

Auch wenn man es heutzutage immer häufiger sieht, ich betrachte Web-Links als *nicht* zitierfähig. Googlen kann heute jeder alleine und Literatuarbeit hat *nichts* mit der Aufzählung von kurzlebigen URLs zu tun, die meistens schon dann nicht mehr nachvollziehbar sind, nachdem die Arbeit gedruckt und gebunden ist. URLs sind deshalb höchstens als *Notnagel* akzeptabel, wenn es tatsächlich keine anderen Publikationen gibt. Es spricht jedoch nichts dagegen, eine URL ggf. als ergänzende Information mit anzugeben, wenn man davon ausgehen kann, daß die referenzierte Web-Seite wenigstens eine Halbwertszeit von einigen Jahren haben wird.

Abgesehen davon, daß der Leser am Ende dieses Kapitels ein detailliertes Verständnis der Problemdomäne haben sollte, ist dies auch der richtige Platz, dem Leser das Gefühl zu vermitteln, daß Ihr eine adäquate *Kompetenz* zur analytischen Problemlösung besitzt.

Unnötig zu erwähnen, daß man wenigstens dieses Kapitel bereits geschrieben haben sollte, *bevor* man mit der Implementierung beginnt!

### 3 Die Entwicklung der eigenen Lösung

Jetzt haben wir *genau* herausgearbeitet, worum es geht, welche Probleme existieren und welche Lösungsansätze es bereits gibt. Das Umfeld ist damit abgeklopft und diskutiert, jetzt ist es an der Zeit, konkrete *Schlüsse* aus der vorangegangenen analytischen Betrachtung zu ziehen. Dieses Kapitel entwickelt und diskutiert die eigene *Lösungsidee*. Was das im einzelnen ist, hängt natürlich stark von dem Thema der Arbeit ab. Hier kann es sich um die Beschreibung neuer Systemarchitekturen, Middlewarekonzepte, Programmiersprachen etc. handeln.

Dieses Kapitel ist *das* zentrale Kapitel jeder wissenschaftlichen Arbeit, denn ein wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn liegt primär in einer neuen *Idee*, nicht in irgendeiner Implementierung. Das ist nicht weiter verwunderlich, denn *bevor* ich anfangen, etwas zu implementieren, muß ich schließlich wissen, *was* ich eigentlich implementieren will und genau *das* gehört in dieses Kapitel.

### 4 Die Implementierung der eigenen Lösung

In den Ingenieurwissenschaften (ich betrachte weite Teile der Informatik als solche) nützen Konzepte und Ideen nur etwas, wenn sie auch implementierbar sind. Die Implementierung eines Konzeptes ist nicht selten eine harte Prüfung des Konzeptes selber: Aus einem krummen Konzept wird nur selten ein gerades Implement. Wenn ich also für mein Konzept keine vernünftige Implementierung finde, so ist das zumindest ein Indiz dafür, daß etwas mit dem Konzept nicht so ganz in Ordnung ist. Zurück zum vorherigen Schritt, die Lösungsidee noch mal überdenken!

Nach mehreren Iterationsstufen hat man irgendwann (hoffentlich schnell!) ein Implement. Jetzt können wir nach Herzenslust über die konkrete Umsetzung unserer Idee berichten (Na endlich!).

1. Wie sieht die konkrete Architektur meines Systems aus?
2. Welche Entwurfsentscheidungen habe ich warum getroffen?
3. Welche Datenstrukturen habe ich wie verwendet und implementiert?
4. Welche Algorithmen wähle ich aus welchem Grunde?
5. Wie habe ich die Algorithmen implementiert?

Wer nun denkt, mit dicken Programmlistings sei die Sache erledigt, liegt mal wieder völlig falsch. Kein Mensch liest so etwas freiwillig und so hat hier die große Stunde der detailliert erläuterten Architektur- und Klassendiagramme geschlagen. Programmcode selber erscheint nur in Form von kommentierten Auszügen, um besonders brillante oder knifflige Implementierungsaspekte näher zu diskutieren.

### 5 Die Bewertung der eigenen Lösung

Wir hatten eine Idee, haben eine Lösung implementiert, nun ist es an der Zeit zu zeigen, daß das ganze nicht an der Realität vorbeigedacht war. Genauso wie ein

Naturwissenschaftler die Gültigkeit seiner theoretischen Modelle im Experiment nachweisen muß, müssen wir die Tragfähigkeit unserer Lösung nachweisen, indem wir unsere Implementierung kritisch nach unterschiedlichen Kriterien evaluieren.

1. Ist die Effizienz akzeptabel?
2. Ist das System skalierbar?
3. Hat die Evaluation die Entwurfsentscheidungen bestätigt?
4. Wo sind Ansätze zur Optimierung?
5. Sind unerwartete Ergebnisse Folgeerscheinungen unserer konkreten Implementierung oder doch konzeptbedingt?

Die Evaluation gibt uns klare Hinweise auf unsere Fehler und liefert uns Ansatzpunkte zur Optimierung. Manchmal bewirken schon kleine Änderungen der Implementierung wahre Wunder. Die Effektivität solcher Änderungen können wir wunderbar mit vorher/nachher Messungen darlegen. Kompliziertere Fälle, die auch einen Neuentwurf bedeuten würden, implementieren wir natürlich nicht, sondern geben nur Hinweise, inwiefern das System verändert werden muß.

## 6 Die Zusammenfassung und der Ausblick

Wenn man die Arbeit endlich beendet hat, ist man um einiges schlauer (meistens). Hier wird nun die Essenz dieses Erkenntnisgewinnes noch einmal konzentriert zusammengefaßt. Ferner muß man im Zuge einer solchen Arbeit nicht selten eine Menge von Detailproblemen lösen, von denen einige bei näherer Betrachtung eigene weiterführende Arbeiten wert sind. Auch dieses hält man in diesem letzten Kapitel fest, um nachfolgenden Wissenschaftlergenerationen neuen Stoff zum Nachdenken zu geben.

Dieses Kapitel ist zwar das letzte in der Reihenfolge, man sollte ihm aber genau wie der Einleitung eine erhöhte Aufmerksamkeit schenken. Einleitung und Zusammenfassung (*lessons learned*) sind gewissermassen das *executive summary* Eurer Arbeit. Böse Zungen behaupten, dies seien die einzigen Teile der Arbeit, die überhaupt von anderen Leuten außer Euch, Eurem Betreuer und Euren Gutachtern gelesen werden. Da ist tatsächlich etwas daran. Kein Mensch wird es sich antun, dicke Folianten durchzuarbeiten, wenn er nicht von vornherein die Erwartung hat, in der Arbeit auf für ihn interessante Erkenntnisse zu stoßen. Daher vernachlässigt mir dieses letzte Kapitel nicht.

Ein letztes Wort zum Schluß: Diese Arbeiten sind Eure Gesellenstücke, die Euch einiges an Durchhaltewillen abverlangen werden. Wenn Ihr es dann endlich geschafft habt, dürft Ihr ruhig auch ein kleines bisschen stolz darauf sein.