

# Hinweise zur Strukturierung einer Diplomarbeit

## 1. Allgemeines

Eine Diplomarbeit schreibt man nur einmal, von Ausnahmen abgesehen. Insofern haben Sie sicher keine persönliche Erfahrung, die Ihnen als Maßstab für eine "gute" Struktur Ihrer Diplomarbeit dienen könnte. Im folgenden sollen einige Regeln angegeben werden, die Sie als Leitlinien betrachten können. Im Einzelfall kann durchaus von diesen abgewichen werden.

Nicht betrachtet werden im folgenden Formatierungskonventionen. Hierzu gibt es gewisse Vorgaben des Fachbereichs, die aber nicht vollständig sind. Sie sollten für Ihr Textsystem einen Standardsatz von Formaten verwenden, wie er für technische Berichte üblich ist.

In der Regel bestehen Diplomarbeiten, die ich vergebe, aus einem konzeptionellen und einem praktischen Teil. Nur auf solche Diplomarbeiten beziehen sich die folgenden Aussagen. Für reine Literaturarbeiten gelten sie nicht.

Der Leser einer Diplomarbeit hat i.d.R. eine gewisse Erwartung. Die folgenden Leitlinien beschreiben sicherlich meine persönlichen Erwartungen, andererseits sind sie sicherlich so allgemein, dass sie auch für andere Leser, z.B. Ihren zukünftigen Arbeitgeber, gelten.

Meine bisherige Erfahrung mit Studenten der fhw zeigt, dass Sie durch Ihr Studium, durch das geforderte Praktikum und auch durch eine Erwerbstätigkeit während des Studiums i.d.R. mit dem praktischen Teil der Diplomarbeit kaum Schwierigkeiten haben, Probleme bestehen aber häufig bei der Erstellung der eigentlichen Diplomarbeit. Hier werden oft Schwächen in Hinblick auf eine geordnete Gedankenführung, in der Ausdrucksfähigkeit und leider auch bzgl. der Rechtschreibung und Zeichensetzung deutlich. Für die beiden letzten Punkte gibt es hier keine Hilfe. Wenn Sie Schwierigkeiten mit Rechtschreibung und Zeichensetzung haben, verwenden Sie Rechtschreibhilfen Ihres Textsystems oder binden Sie Ihre Familie mit ein. Von Hochschulabsolventen erwartet man mit Recht einen nahezu fehlerfreien Text. Zur Überprüfung der Ausdrucksfähigkeit bin ich gerne bereit, vorab einen Teil der Diplomarbeit als Leseprobe entgegenzunehmen. Bedenken Sie immer, dass eine Diplomarbeit eine wissenschaftliche Arbeit ist, kein Roman und (hoffentlich auch) kein Drama. Gefordert sind also eine sachliche Ausdrucksweise, Objektivität und Exaktheit in der Darstellung sowie Einsichtigkeit und Folgerichtigkeit der dargestellten Zusammenhänge. Sparen Sie nicht mit Graphiken, die geschriebenen Text durch Veranschaulichung oft viel einfacher erfassbar machen. Der Entwurf einer Graphik kann auch den Effekt haben, dass Ihnen selbst Zusammenhänge viel deutlicher werden, was das anschließende Schreiben des Textes vereinfacht. Scheuen Sie sich nicht, Wertungen abzugeben, trennen Sie diese aber sauber vom sonstigen Text.

Ihre Diplomarbeit soll eine in sich abgeschlossene wissenschaftliche Arbeit werden. Sie sollen zeigen, dass Sie mit Ihnen bekannten wissenschaftlichen Methoden, die Sie im Verlaufe Ihres Studiums erlernt haben, ein Ihnen vorher unbekanntes Thema mit Bezug zu einer für die Praxis relevanten Aufgabenstellung erfolgreich bearbeiten können. Die eigentliche Diplomarbeit ist dabei

von großer Bedeutung. Denken Sie bei allen Aktivitäten im Rahmen der Diplomarbeitsphase daran, dass Sie am Ende auch einen Text haben müssen und nicht nur ein lauffähiges Programm. Machen Sie sich daher auch in der Einarbeitungsphase Notizen, fassen sie gelesene Literatur zusammen, dokumentieren Sie Entwurfentscheidungen. Sie profitieren hiervon wieder, wenn Sie den Text Ihrer Diplomarbeit erstellen. Um dem Anspruch nach Wissenschaftlichkeit zu genügen, muss die Diplomarbeit mehr sein als eine reine Dokumentation Ihrer praktischen Arbeiten. Dies schlägt sich in der Struktur der Arbeit nieder.

## 2. Zur Gliederung

Formal gesehen, hat jede Diplomarbeit folgende Bestandteile, die Sie auch als generisches Inhaltsverzeichnis verstehen können:

- Vorwort (optional)
- Inhaltsverzeichnis
- Verzeichnis der Bilder und Tabellen (optional)
- 1. Einleitung
- 2. Konzeptteil
- 3. Implementierungsteil
- 4. Anwendungsbeispiele, -szenarien, Messungen
- 5. Zusammenfassung und (optionaler) Ausblick
- 6. Literaturverzeichnis
- Anhang/Anhänge

Konzeptteil und Implementierungsteil können dabei, je nach Erfordernis, aus einem oder mehreren Kapiteln bestehen. Streben Sie eine Gesamtlänge von ca. 100 Seiten ohne Anhänge an. Konzept- und Implementierungsteil machen zusammen etwa zwei Drittel des Gesamtumfangs aus. Die Einleitung führt zur eigentlichen Arbeit hin. Sie wirkt, bildlich gesprochen, wie ein Trichter: alle für die Arbeit relevanten Problembereiche werden hineingesteckt, heraus kommt die fokussierte Themenstellung Ihrer Arbeit. Die Arbeit nimmt in ihrem Detaillierungsgrad zu. Lediglich in Zusammenfassung und Ausblick weitet sie sich wieder ins Allgemeine. Vorwärtsverweise sollten Sie möglichst vermeiden. Wenn Sie meinen, solche zu benötigen, untersuchen Sie, ob Sie sie nicht durch Umstellung umgehen können. Rückwärtsverweise sollten dagegen auftreten. Sie verankern den Konzeptteil mit der Einleitung, die Implementierung mit dem Konzept, Beispiele mit Konzept und Implementierung. Die Arbeit sollte auch einen geschlossenen Eindruck auf einer bestimmten Abstraktionsebene bieten, ohne dass ein Leser gezwungen ist, die gesamte Arbeit zu lesen. Es sollte möglich sein, nur die Einleitung, eventuell zusammen mit Zusammenfassung und Ausblick, zu lesen, um sich einen Überblick über die Ergebnisse der Arbeit zu verschaffen. Jemand, der sich nicht für die Implementierung interessiert, sollte mit Einleitung und Konzeptteil einen detaillierten Einblick in die verwendeten Konzepte und entwickelten Algorithmen Ihrer Arbeit gewinnen können, das Für und Wider der verschiedenen Entwurfalternativen sehen sowie die Begründung für den ausgewählten Ansatz finden. Achten Sie darauf, dass im Implementierungsteil keine neuen Konzepte vorgestellt oder gar neue Begriffe eingeführt werden. In einem solchen Fall deutet alles darauf hin, dass der Konzeptteil unvollständig ist. Wer sich schließlich für die Güte der Implementierung interessiert oder Detailabläufe anhand beispielhafter Szenarien verstehen will, muss sicherlich die ganze Arbeit lesen.

Im folgenden sollen die einzelnen Abschnitte etwas detaillierter betrachtet werden. Dabei wird von einer "idealen" Diplomarbeit ausgegangen. "Ideal" bezieht sich dabei nicht nur auf Ihre Leistung, sondern auch auf das gestellte Thema, das entsprechend den dargelegten Punkten auch etwas hergeben muss. Versuchen Sie nicht, künstlich an Stellen etwas zu erzeugen, wo nichts zu holen ist.

### 3. Das Vorwort

Das optionale Vorwort kann ein paar persönliche Gedanken zur Arbeit enthalten, zum Umfeld, in dem die Arbeit entstand (insbesondere bei externen Diplomarbeiten), Zusammenhang dieser Arbeit mit anderen Arbeiten, z.B. bei Einbettung in ein internes oder externes Projekt. Üblich sind auch Danksagungen an Sponsoren, an die Oma für Korrekturlesen etc., Danksagungen an die Betreuer kommen auch vor. Auf Floskeln lege ich persönlich keinen Wert. Mein Ziel ist es, dass Sie mit der Betreuung zufrieden sind. Das Vorwort macht keine Aussagen zum Inhalt der Arbeit.

### 4. Die Einleitung

Ziel der Einleitung ist es, zum eigentlichen Thema der Arbeit hinzuführen sowie dem Leser einen inhaltlichen Überblick über die Arbeit zu geben. Die Einleitung muss von jedem Informatiker verstanden werden können. Abstraktionsniveau, Sprache usw. sind also entsprechend zu wählen. Fangen Sie aber nicht bei "Adam und Eva" an. Als Anhaltspunkt können Sie alles das voraussetzen, was in den Pflichtveranstaltungen Ihres Studiums behandelt wurde. Die über den Satz an "Grundbegriffen" hinausgehende Fachsprache muss eingeführt werden.

Die verschiedenen "Quellbereiche" für Probleme und Lösungsansätze können in verschiedenen Abschnitten (Unterkapiteln) dargelegt werden. Sie spannen mit der Einleitung den Raum auf, in dem Sie sich im Konzeptteil Ihrer Arbeit bewegen. Hieraus muss die fokussierte Problemstellung Ihrer Arbeit erwachsen. Belegen Sie, wenn möglich, dass Sie ein wichtiges Problem angehen (neuer Algorithmus, wirtschaftlichere Lösung, Qualität der Lösung, Verbesserung der Umweltverträglichkeit einer Lösung, Verbesserung der Lehre). Geben Sie die Highlights Ihrer Arbeit an. Die Einleitung muss für den Leser die Frage beantworten, ob sich für ihn das Lesen weiterer Kapitel oder der gesamten Arbeit lohnen könnte. Sie sollten also angeben können, für wen Sie was "im Sack" haben. Im Überblick über den Rest der Arbeit sollten die prinzipielle Lösung, die Highlights usw. sichtbar werden. Sie geben dem Leser damit eine Orientierung, wo er die ihn eventuell interessierenden Dinge findet. Üblich ist, dabei kapitelweise vorzugehen. Der "rote Faden" Ihrer Arbeit sollte dann jedem Leser offensichtlich werden.

### 5. Der Konzeptteil

Der Konzeptteil kann formal aus einem oder mehreren Kapiteln bestehen. Er beschreibt die Lösungsmethode (Algorithmen usw.), mit der die Aufgabenstellung der Diplomarbeit gelöst wird. Der Hauptteil sollte von jedem Informatiker, der in dem Gebiet arbeitet, in dem die Diplomarbeit angesiedelt ist, ohne Probleme gelesen werden können. Das sollte auch auf Ihre Kommilitonen zutreffen, die die entsprechenden Vertiefungsfächer absolviert haben (Testleser für Ihre Arbeit!).

Ein erster wesentlicher Teil des Konzeptteils ist häufig die so genannte State-of-the-Art-Diskussion, die darlegt, wie existierende Lösungen, Standards, Forschungsansätze usw. für die gegebene oder verwandte Aufgabenstellungen aussehen. Hierzu ist häufig eine mehr oder weniger umfangreiche Literaturliste notwendig. Versuchen Sie (anhand der Literatur), die in der Einleitung eingeführte Begriffswelt und den Problem- und Lösungsraum so zu konkretisieren (zu verfeinern), dass sie im Idealfall die existierenden Lösungsansätze hierin einordnen können. Im Idealfall haben Sie also ein einheitliches Gedankengebäude, indem sie die verschiedenen Ansätze darstellen können, und die Verschiedenartigkeit der Begriffswelt und der Darstellung in den verschiedenen verwendeten Quellen löst sich für den Leser auf, so dass er die eigentlichen Unterschiede schnell erkennen kann. Geben Sie dabei Hilfestellungen ("Der im Ansatz x benutzte Begriff y entspricht dem Begriff Z im allgemeinen Modell, bis auf..."). Das Finden solcher "Abbildungen" (im mathematischen Sinne) ist eine schwierige Aufgabe, die oft viel Zeit erfordert. Gelingt es Ihnen aus eigener Kraft, haben Sie eine große intellektuelle Leistung vollbracht. Aus Zeitgründen sollten Sie i.d.R. versuchen, entsprechende Übersichtsartikel oder Lehrbücher zu finden. Ist es eine gute Quelle in dieser

Hinsicht, hat der Autor die Arbeit für Sie gemacht (Sie können sich natürlich auch nichts mehr damit verdienen). Wenn Sie Literaturstellen bearbeiten, machen Sie sich unbedingt Notizen, die Sie beim späteren Zusammenschreiben der Arbeit verwerten können. Ansonsten haben Sie bis dahin alles vergessen und müssen die Quelle nochmals durcharbeiten.

Alle Lösungsansätze haben i.d.R. Vor- und Nachteile. Diese müssen sie finden und darstellen. Seien Sie kritisch! Autoren haben die Tendenz, ihre Ansätze positiv erscheinen zu lassen. Von einer wissenschaftlichen Arbeit (auch von Ihrer Diplomarbeit) erwartet man zwar Objektivität, aber auch Wissenschaft muss ihre Produkte "verkaufen". Die Super-Duper-Lösung mit ausschließlich Vorteilen gibt es nur selten (es sei denn, es ist ein Microsoft-Produkt). Damit kommen sie insgesamt zu einer Bewertung der Ansätze untereinander, und Sie haben später die Möglichkeit, den von Ihnen verfolgten Ansatz bzgl. Stärken, Schwächen, Neuigkeitsgehalt, Randbedingungen usw. einzuordnen.

Der zweite wesentliche, in der Regel umfangreichere Teil des Konzepts betrifft Ihren eigenen Ansatz. Es können Randbedingungen verschiedener Art bis hin zu von Ihnen nicht zu vertretenden Design-Vorgaben vorliegen. Auch implementierungsbezogene Randbedingungen können den für Ihre Arbeit bleibenden Lösungsraum einschränken.

Zur Beschreibung Ihres Ansatzes sollten Sie außer verbalem Text hier alle formalen Methoden einsetzen, die sie kennengelernt haben, die den Spezifikations- und Modellierungsaspekt unterstreichen: mathematische Beschreibungsformen, formale Spezifikationssprachen, Entity-Relationship-Modelle, objektorientierte Modellierung, Petrinetze, Schichtenmodelle, Zustandsübergangsdigramme, Protokollautomaten, Flußdiagramme, Ablaufdiagramme, Graphen, elektrische Schaltungen, und was es sonst noch so alles gibt. Implementierungsbezogene Beschreibungen (C structs usw.) gehören nicht hierhin. Die Auswahl von formalen Hilfsmitteln zur Beschreibung hängt vom Problemfeld ab. Die gewählten formalen Hilfsmittel sollten zweckmäßig und aussagekräftig sein. Hauptziel für ihren Einsatz ist es m.E., komplexe Zusammenhänge möglichst exakt und zweifelsfrei darzustellen.

Verwenden Sie bei der Beschreibung die in der Einleitung und die in der State-of-the-Art-Diskussion eingeführte Begriffswelt, Sie verankern den Text damit mit früheren Teilen. Wenden Sie erlernte Vorgehensmodelle für den Softwareentwurf an. Gehen Sie über entstehende Alternativen bei der Entstehung der Arbeit nicht einfach hinweg. Dokumentieren Sie Ihre Entwurfsentscheidungen. Sollten Sie in eine Sackgasse geraten, haben Sie die Möglichkeit zu einem geordneten Back-Tracking. Unter Zeitdruck kann man schnell nervös werden, wenn man irgendwann die Einsicht gewinnt, dass man an der selben Stelle vor einer Woche schon mal war. In der eigentlichen Diplomarbeit sollten Sie die Alternativen aufzeigen und den gewählten Weg begründen.

An Ende des Konzeptteils sollte der Leser im Idealfall genau wissen, welchen Randbedingungen und Vorgaben bestanden, welche Alternativen für Lösungsansätze mit welchen Vor- und Nachteilen vorhanden waren, welchen Ansatz Sie gewählt haben, warum sie sich für den eingeschlagenen Weg bei Vorhandensein mehrerer Alternativen entschieden haben, wie Ihre Lösung im Detail aussieht, welche Probleme sie löst, welche prinzipiellen Einschränkungen, Vor- und Nachteile sie hat, usw.

## **6. Der Implementierungsteil**

Der Implementierungsteil kann formal ebenfalls aus einem oder mehreren Kapiteln bestehen. Er beschreibt, welche Teile des Konzepts wie implementiert worden sind. Die Implementierung muss nicht notwendigerweise das vollständige Konzept umfassen, z.B. wenn die Implementierungsarbeiten den Umfang einer Diplomarbeit sprengen würden. Der Implementierungsteil sollte nach Lesen des Konzeptteils verständlich sein.

Zu Beginn des Implementierungsteils sollten Sie die Implementierungsumgebung(en) (Rechner, Betriebssysteme, Programmiersprachen, Entwicklungsumgebungen, verwendete Programmpakete und Bibliotheken, sonstige Werkzeuge usw.) angeben und unter Umständen erläutern, wenn diese nicht allgemein bekannt sind.

Im Implementierungsteil wird ausschließlich die Realisierung des im Konzeptteil vorgestellten Ansatzes in der angegebenen Implementierungsumgebung betrachtet. Einschränkungen im Umfang der Implementierung gegenüber dem Konzeptteil müssen detailliert beschrieben werden. Es dürfen keine Erweiterungen des Konzeptteils auftreten. Sie können allerdings neue, ausschließlich implementierungsbezogene Begriffe einführen, Alternativen aufzeigen und die Auswahl begründen. Aus meiner Sicht ist es kein Verdienst, existierenden Code und existierende Werkzeuge nicht zu verwenden, um alles selbst geschrieben zu haben. (Dies hat nur dann einen Sinn, wenn es das Ziel ist, damit langfristig Lizenzgebühren einzusparen). Nutzen Sie, wenn sinnvoll, public domain Programme, (Klassen-)Bibliotheken und Werkzeuge wie lex und yacc. In der Zeit, wo Sie das Rad neu implementieren, hätten Sie etwas Sinnvolleres machen können.

Stellen Sie die Verankerung zu dem vorhergehenden Konzeptteil sicher. Beziehen Sie Implementierungseinheiten (Module, Klassen, Protokolle..) auf die entsprechenden Konzeptteile. Dieses kann u.U. auch durch die gleiche Untergliederungsstruktur unterstützt werden.

Es ist bei softwaremäßigen Implementierungen nicht notwendig, den vollständigen Quellcode im Implementierungsteil anzugeben. (Dieser wird als Anhang in Form einer Diskette Bestandteil der Arbeit). Für wesentliche Programmteile, Kerne von Algorithmen, interessante programmtechnische Lösungen usw. sollten Sie Programmfragmente angeben, auf die Sie sich im verbalen Text beziehen. In jedem Fall sollten summarische Angaben zur Implementierung in Form von Interface-Abhängigkeiten (Vererbungsstrukturen), lines of code (als Maß für den Implementierungsaufwand), Größe von Objektmodulen usw. vorhanden sein.

An Ende des Implementierungsteils sollte der Leser also wissen, was in welcher Umgebung lauffähig ist, wie die innere Struktur der Implementierung aussieht, welche programmtechnischen Leckerbissen ihm geboten werden und wie viel Aufwand hinter einer bestimmten Funktionalität steckt. Mit den angegebenen Informationen sollte er sich im wohl dokumentierten Quelltext orientieren können. dabei sollten keinerlei Widersprüche in Namensgebung usw. zwischen Text im Implementierungsteil und dem Quellprogrammen und dessen Dokumentierung auftreten.

## **7. Anwendungsbeispiele, Szenarien, Messungen**

Abhängig vom Umfang dessen, was Sie in in diesem Zusammenhang anzuführen haben, kann dieser Abschnitt auch am Ende des Implementierungsteils auftreten. Ziel dieses Abschnitts ist es, den Ergebnissen Ihrer Diplomarbeit zusätzliches Gewicht zu verleihen. Im Idealfall verweisen Sie auf Patente, Lizenzen, Veröffentlichungen usw. zu Ihrer Arbeit. Dieses wird die seltene Ausnahme bleiben, niemand erwartet das von Ihnen. Mit Anwendungsbeispielen können Sie allerdings die Einsatzbreite, Wirtschaftlichkeit usw. Ihrer Lösung zeigen. Beispielhafte Szenarien können die dynamischen Abläufe im System verdeutlichen und damit den Einblick in den Gesamtzusammenhang vertiefen, der im Implementierungsteil i.w. durch statische Strukturen beschrieben ist. Validation eines neuen Ansatzes durch Vergleich der Ergebnisse mit anderen bekannten Verfahren oder einer anerkannten Test Suite kann das Vertrauen in die Korrektheit erhöhen. Mit Leistungsmessungen an Ihrer Implementierung können Sie darüber hinaus die Güte Ihrer Implementierung unter Beweis stellen und während der Entstehung des Programms kritische Programmteile tunen. Eine solche quantitative Bewertung gehört zu gutem ingenieurmäßigem Vorgehen.

## **8. Zusammenfassung und Ausblick**

Stellen Sie hier auf ein paar Seiten die wesentlichen Ergebnisse und Highlights Ihrer Arbeit noch mal zusammen. Sie können sehr konkret sein, da alles vorher gesagt ist. Versuchen Sie, Ihre Ergebnisse selbst zu würdigen. Seien Sie nicht zu bescheiden, machen Sie aber aus einer Mücke auch keinen Elefanten. Geben Sie Erfahrungen an, die Sie gemacht haben, die für den Leser oder nachfolgende Studierende in diesem Themenbereich möglicherweise von Interesse sein könnten. Die Arbeit sollte am Ende im Allgemeinen münden. Diese Funktion kann ein Ausblick gut übernehmen. Hierhin gehören Anregungen für eine konkrete Weiterentwicklung der Arbeit, z.B. neue Anwendungsbereiche, funktionale Erweiterungen, Modifikationen aus erkannten Performance-Engpässen heraus usw., aber auch generelle Anmerkungen zur Einschätzung der zukünftigen Entwicklung der in der Arbeit behandelten Thematik.

## **9. Das Literaturverzeichnis**

Das Literaturverzeichnis listet alle verwendeten und zitierten Quellen zu Ihrer Diplomarbeit auf. Quellenangaben müssen vollständig sein, so dass ein Leser sie sich besorgen kann, um Sachverhalte im Originaltext nachlesen zu können. Beachten Sie die üblichen Regeln. Alle Literaturstellen sollten an mindestens einer relevanten Stelle in Ihrer Arbeit zitiert werden. Das Literaturverzeichnis ist vielleicht wichtiger als Sie zunächst annehmen. Ein erster Eindruck über eine Arbeit entsteht oft aus Einleitung, Zusammenfassung, Inhaltsverzeichnis und Literaturverzeichnis.

## **10. Die Anhänge**

Der oder die Anhänge bestehen aus voneinander unabhängigen Ergänzungen zu bestimmten Aspekten, die in der Arbeit nicht weiter vertieft werden können oder sollen, aber in einem gewissen Zusammenhang für den Leser relevant sind. Typische Beispiele sind Installationsanweisungen, formatierte Manual Pages, vollständige Schnittstellenbeschreibungen, umfangreiches, tabellenartiges Datenmaterial, Syntaxdiagramme oder Grammatiken, Konfigurationsparameter und -Dateien, Abkürzungsverzeichnis, Glossar. In bestimmten Fällen kann es sinnvoll sein, den Quellcode vollständig auf Papier als Anhang anzufügen, i.d.R. wird es jedoch sinnvoller sein, Quellcode und damit in Zusammenhang stehende Dokumente auf Datenträgern in einer eingeklebten Tasche bereitzustellen.

Für Kommentare über die Nützlichkeit dieses Textes, für Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge zu diesem Text wäre ich Ihnen dankbar.