



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Institut für Verfahrenstechnik
Prof. Ph. Rudolf von Rohr

Wegleitung zur Durchführung einer Bachelor-, Master- oder Studienarbeit

1. Einleitung

Bachelor-, Master-, und Studienarbeiten dienen der Vertiefung und Erweiterung des in den Vorlesungen vermittelten Fachwissens und dessen gezielter, selbstständiger Anwendung zur Lösung einer Aufgabe im technischen Bereich. Es handelt sich dabei um eine ingenieurwissenschaftliche Arbeit und somit unterscheidet sich diese markant von konventionellen Übungen im universitären Lehrbetrieb. Die Arbeit wird nicht danach bewertet, wie weitgehend die Aufgabe tatsächlich gelöst werden konnte – den dazu müssten alle Aufgaben gleich schwierig sein – sondern wie die KandidatInnen vorgehen, Schwierigkeiten meistern und sich zu helfen wissen.

Bei der Bearbeitung einer solchen größeren Aufgabe gibt es Grundsätze und eine gewisse Arbeitsmethodik, die in dieser Wegleitung dargestellt sind. Typische formelle Fehler können vermieden werden, indem die Berichtsform gewählt wird, welche für wissenschaftliche Abhandlungen üblich ist. In den Bachelor-, Master-, bzw. Studienarbeiten bleibt im Allgemeinen genügend Freiraum, damit jeder Studierende seine individuellen Interessen verwirklichen kann. Folglich werden diese Schwerpunkte umfassender und tiefgehender behandelt als die anderen Teilbereiche der Aufgabenstellung. Dabei sollte jedoch das Gesamtziel nicht aus den Augen gelassen werden. Das Ziel einer solchen Arbeit ist immer eine ausgewogene Gesamtbetrachtung der Problemstellung und folglich sind alle relevanten Teilaspekte (z.B. Sicherheit, Ökologie und Wirtschaftlichkeit) zu berücksichtigen.

2. Planung

Manchmal ist die Aufgabenstellung relativ weit gefasst und muss je nach Fortschritt und Teilresultaten im Verlauf der Arbeit vom Betreuer bzw. von der Betreuerin weiter präzisiert oder angepasst werden.

Nachdem man sich einen Überblick über das Thema verschafft hat, ist eine Terminplanung der gestellten Aufgabe sinnvoll. Für eine experimentelle Aufgabe und das Erarbeiten eines theoretischen Modells könnte dies etwa so aussehen, wie auf der nebenstehenden Seite dargestellt. Das frühzeitige Beginnen mit dem Verfassen des Berichtes bringt vielerlei Vorteile:

- Beim Schreiben werden mögliche Fehlentwicklungen und Defizite frühzeitig erkannt und es kann gegengesteuert werden.
- Experimente können fast bis zum Schluss des vereinbarten Zeitraums für die Arbeit durchgeführt werden, da am Ende weniger Zeit zum Bericht schreiben benötigt wird.
- Der absehbare „Schlussstress bzw. Endspurt“ kann abgemildert werden, so dass der Besuch von Vorlesungen und Übungen weiterhin möglich ist.

Die Schlussredaktion wird meist unterschätzt! 2 Tage sind mindestens einzuplanen, um einen schlechten Eindruck durch viele Tipp-, Formatierungs- und Rechtschreibfehler zu vermeiden. Bei einem Mangel an Zeit sollte man sich für eine Messreihe weniger und dafür eine fundierte, wohlüberlegte Diskussion entscheiden.

Gegen Semesterende bzw. zu Beginn des neuen Semesters sind die Ergebnisse der Arbeit in Form eines Kurzreferates (mit anschließender Diskussion) den Studienkollegen und Institutsangehörigen vorzustellen.

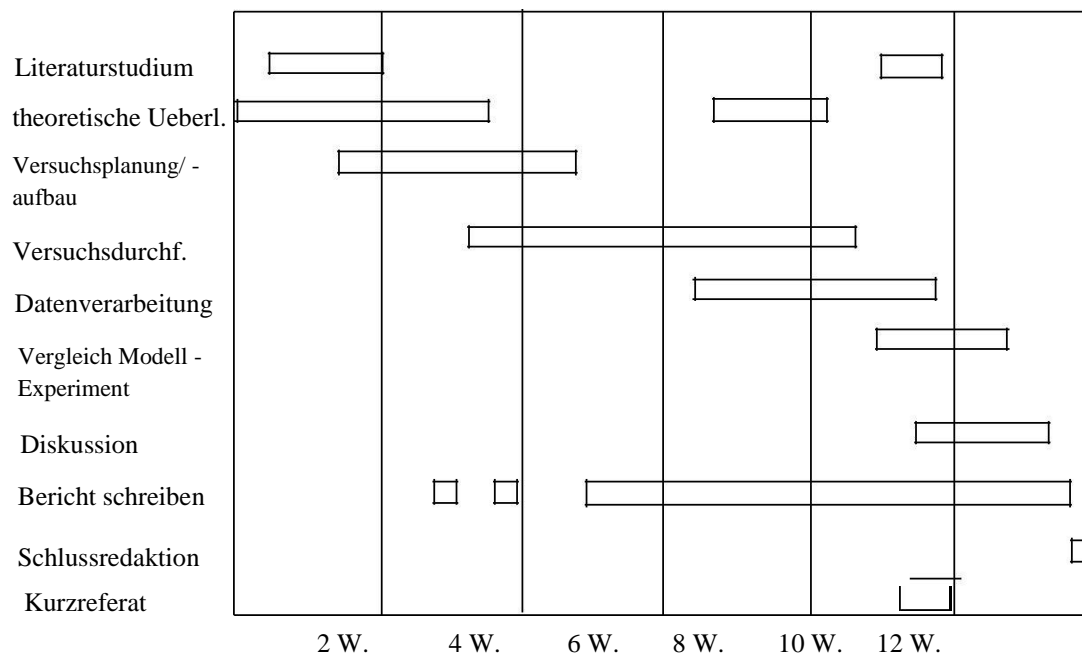


Fig. 1) Beispiel zur Terminplanung einer wissenschaftlichen Arbeit (Bachelorarbeit)

3. Durchführung und Betreuung der Arbeit

Den Studierenden steht ein Betreuer oder eine Betreuerin zur Seite. Zur Besprechung fachlicher Probleme und zur Festlegung von Teilzielen sowie zur Information über den Arbeitsfortschritt steht - nach Vereinbarung mit dem Betreuer/in - üblicherweise wöchentlich ca. eine halbe Stunde zur Verfügung.

a) Analyse der Aufgabenstellung, Literaturstudium:

Zu Beginn sollte jede Aufgabenstellung bezüglich der erforderlichen Fachkenntnisse für deren Bearbeitung analysiert werden. Somit besteht die Möglichkeit, die universitären Kenntnisse der Studierenden aus Vorlesungen und Übungen mit den Anforderungen für diese Arbeit zu vergleichen. Nach diesem Abgleich steht nun fest, in welchem Umfang zusätzliche Informationen aus Literatur, von Industriepartnern oder anderem Fachpersonal eingeholt werden müssen. Ein frühes Gespräch mit dem Betreuer bzw. der Betreuerin bezüglich der notwendigen Kenntnisse ist nach entsprechender Vorbereitung ratsam.

Nach der Faustregel „von den Grundlagen ins Detail“ sollte man sich zuerst ins Gebiet einarbeiten. Als Anlaufstelle für die Beschaffung von Informationen aller Art dient die ETH-Bibliothek selbst und deren Online-Angebot. Spezielle Literatur zum Thema kann einerseits über den Betreuenden, andererseits auch über die ETH-Bibliothek gefunden werden.

b) Theoretisches Arbeiten:

Die verwendeten Gleichungen und Annahmen für ein Modell, soweit nicht aus eigenen Überlegungen stammend, müssen mit den entsprechenden Literaturstellen belegt werden. Für einen Leser mit entsprechenden Grundkenntnissen muss die Nachvollziehbarkeit gewährleistet werden. Als Beispiel sei hier die logarithmische Mitteltemperatur erwähnt. Die entsprechende Literaturstelle und die Formel reicht aus, eine Herleitung ist unnötig. Gleiches gilt für allgemein bekannte physikalische Grundbeziehungen. Während der Arbeit muss immer wieder überprüft werden, ob die getroffenen Annahmen und Randbedingungen noch zutreffen.

Bei der Programmierung sollte zuerst ein Flussdiagramm des Gesamtprozesses erstellt werden und nachfolgend werden dann die einzelnen Unterroutinen ausgearbeitet. Somit kann ein chaotisches „Drauflostippen bzw. -programmieren“ vermieden werden. Anmerkungen und Kommentare im Programm helfen einem einzelne Schritte und Ideen zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu verstehen.

c) Experimentelles Arbeiten:

Wissenschaftliche Arbeiten sind gekennzeichnet durch die Nachprüfbarkeit und Nachvollziehbarkeit des im Text genannten Sachverhalts. Experimentelle Arbeiten sollten so detailliert beschrieben sein, dass diese vollständig reproduzierbar sind. Somit ist es einer anderen Person desselben Fachgebietes möglich, die Experimente zu wiederholen und dabei dieselben Ergebnisse zu erzielen, wie in der Arbeit dargestellt. Die Messgeräte sind auf deren Genauigkeit zu untersuchen und müssen mittels einer Eichung eingestellt werden.

Das Führen eines detaillierten Laborheftes wird empfohlen. Nichts ist ärgerlicher, als im Nachhinein den Wert des eingestellten Parameters Y nicht mehr zu kennen. Ein Datenerfassungsblatt lässt eine gut strukturierte und standardisierte Erfassung der Messdaten zu.

Eine vorangehende Versuchsplanung steigert die Effizienz. Vor einem Versuch stehen die Fragestellungen "Was messe ich?" und "Warum messe ich?" bzw. "Was will ich mit meinen Messergebnissen aufzeigen?" im Vordergrund. Wildes „Drauflosmessen“ kostet Zeit und bringt meist nicht die gewünschten Resultate. Bei der Planung und Durchführung von Experimenten ist den Sicherheitsaspekten im Labor besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Des Weiteren müssen die entsprechenden Richtlinien des Instituts beachtet werden.

4. Erstellen des Berichtes

a) Form:

Textverarbeitungssysteme ermöglichen es, einen raffinierten, optisch makellosen Text zu gestalten. Dies ist aber, vor allem bei größeren Arbeiten, mit viel Zeitaufwand verbunden. Optimieren Sie nicht nur Ihr Experiment auf die Erzielung möglichst vieler gesicherter Aussagen, sondern auch die Arbeitsweise bei der Texterstellung. Das Auseinandersetzen mit einem Textverarbeitungsprogramm vor der wissenschaftlichen Arbeit ist auf jeden Fall von Vorteil. Außerdem muss darauf aufmerksam gemacht werden, immer eine Sicherheitskopie des Geschriebenen zu speichern (z.B. auf USB-Stick).

Das Wort „Seite“ bei der Seitennummerierung ist eine unnötige Angabe zu einer verständlichen Zahl. Titel werden nicht unterstrichen. Die Schrift ist mit 12 Pkt. vorteilhaft gewählt. Die Schriftart, die Formatierung, der Abstand zwischen 2 Abschnitten usw. sollte konsistent und einheitlich im ganzen Dokument sein.

b) Sprache:

Der Text kann in Englisch oder Deutsch verfasst werden. Bemühen Sie sich, in klarer,

präziser Sprache zu formulieren und einen Sachverhalt eindeutig zu beschreiben. Schreiben Sie zielorientiert, nicht ablaforientiert. Was sind Ihre Ergebnisse? Was muss der Leser über die Entstehung wissen, um sie bewerten und nachvollziehen zu können? Eine fremdwortüberladene Sprache, die unklare Begriffe verwendet, ist schwer leserlich und unverständlich. Eine Aussage wie "Die erhaltenen Messresultate sind schlechter als die vorangegangenen" ist subjektiv. Mit einer Formulierung "Die erhaltenen Resultate sind durchschnittlich 20% tiefer als die vorangegangenen, wodurch ein schlechterer Wirkungsgrad resultiert" wird die Aussage präziser.

Der Bericht soll konsequent in der dritten Person geschrieben werden. Der Satz: "Ich habe folgende Annahmen getroffen" soll darauf hinweisen, dass sie vom Autor sind, zeugt aber von einem schlechten Schreibstil. Die Aussage: "Folgende Annahmen werden getroffen" ohne Angabe einer Literaturstelle bedeutet automatisch, dass diese vom Autor stammen.

„Füllwörter“ wie dann, nun, also, aber, etc. sind sparsam zu verwenden. Ist ein Satz ohne entsprechendes Wort gut lesbar und verständlich und bringt ein solches Wort keinerlei Mehrinformationen, so ist es wegzulassen.

c) Aufbau:

Eine Arbeit lässt sich beispielhaft folgendermaßen aufbauen:

- Deckblatt
- Kurzzusammenfassung
- Verzeichnisse
- Formelzeichen
- Einleitung, Problem- und Aufgabenstellung
- Grundlagen, Theorie
- *Resultate:*

experimentelle Arbeiten: Versuchsaufbau und -beschreibung, Ergebnisse

konstruktive Arbeiten: Anforderungen, Lösungsvarianten, Entwurf, Berechnungen, Pläne

theoretische Arbeiten: Modellentwicklung, Simulationen, Ergebnisse

- Diskussion und Bewertung der Arbeit
- Literatur-, Symbolverzeichnis
- Anhang

Kurzzusammenfassung:

Auf höchstens einer DIN A4-Seite werden die wichtigsten Versuche und Resultate zusammengefasst.

Einleitung, Problem- und Aufgabenstellung:

In einer kurzen, allgemeinen Darstellung soll ins Thema eingeführt und eventuell der Stand der Wissenschaft erläutert und mit den betreffenden Literaturstellen versehen werden. Neben der Originalaufgabenstellung (bspw. im Anhang) kann eine erweiterte Aufgabenstellung einen breiteren Einblick in die Problematik liefern.

Grundlagen, Theorie:

Dieses Kapitel soll nicht seitenlange, abgeschriebene Grundlagentexte beinhalten, sondern eine auf die Aufgabenstellung bezogene Zusammenstellung der zum Verständnis der Thematik nötigen theoretischen Grundlagen. Ihre Arbeit sollte ohne Zuhilfenahme weiterer Literatur verständlich sein. Trotzdem kann in den meisten Fällen darauf verzichtet werden, Dinge zu wiederholen, die an anderer Stelle dokumentiert sind. Verweisen Sie auf die entsprechende Literatur.

Achten Sie auf den roten Faden. Nutzen Sie die Möglichkeit, Dinge im Anhang darzustellen, die dokumentiert werden müssen, aber für den Gang der Handlung nicht wesentlich sind. Gemeint sind dabei z.B. langwierige formale Umformungen welche auch gut in den Anhang genommen werden können. Ein entsprechender Verweis im Text ist wichtig.

Generell gilt:

Formeln werden durchnummeriert und im fortlaufenden Text auf diese verwiesen. Alle Abbildungen werden nummeriert und mit Unterschriften versehen. Hingegen erhalten Tabellen eine Überschrift mit entsprechender Tabellennummer. Sämtliche Abbildungen und Tabellen sind im Text zu zitieren. Hierbei ist auf Konsistenz im gesamten Dokument zu achten. Abbildungen und Tabellen können im entsprechenden Abbildungs- bzw. Tabellenverzeichnis am Anfang des Berichtes aufgelistet werden.

Resultate:

Hier werden verwendete Einsatzstoffe charakterisiert (bspw. eine Partikelanalyse mit dazugehöriger Interpretation), die Versuchsanlage und der Versuchsaufbau beschrieben (mit Verfahrensfliessbild oder R&I-Schema), die Messmethode erläutert und der Versuchsablauf dargestellt.

Für theoretische Arbeiten kann dieser Teil durch Modellentwicklung, Beschreibung der Simulationen und den Programmaufbau ersetzt werden.

Mit Hilfe von geeigneten Skizzen und Schemata bzw. klar beschrifteten Diagrammen (in der für den Ingenieur typischen Mitteilungsform) können Sachverhalte und Ergebnisse oft wesentlich klarer, kürzer und anschaulicher präsentiert werden als mit umfangreichen, rein textlichen Beschreibungen bzw. Zahlentabellen. Bildhafte Darstellungen müssen von einer aussagekräftigen Legende begleitet werden. Diese sollte das Bild, allein unter Kenntnis des Titels der Arbeit, verständlich machen. Konkret heißt das, nicht "Resultate aus der Versuchsreihe 2A", sondern "Einfluss der Partikelgröße auf den Abscheidegrad des Hydrozyklons bei einer Beladung von 4.8 kg/kg und einem Durchfluss von 18 l/s" beschreibt ein Diagramm. Resultate sind auf eine sinnvolle Stellenanzahl zu runden.

Diskussion:

Auf dieses Kapitel ist großen Wert zu legen, da das Ziehen von Schlussfolgerungen aus den Ergebnissen eine wesentliche Ingenieur Tätigkeit darstellt. Es ist darauf zu achten, die Gesamtdiskussion nicht mit der Darstellung der Resultate zu vermischen, sondern diese in einem gesonderten Kapitel zu behandeln.

Wird eine Größe A gemessen und daraus aufgrund eines Modells eine Größe B berechnet, muss bei der Interpretation darauf geachtet werden, dass nicht direkt von B Rückschlüsse auf den Versuch gezogen werden. Der Einfluss durch die Messmethode und die Modellierung kann nicht mehr getrennt analysiert werden. Anders ausgedrückt: Der Ablauf muss schrittweise betrachtet und interpretiert werden.

Zur einer ausführlichen Diskussion gehört auch das Aufzeigen von Alternativen durch das Einbringen eigener Ideen. Hier kann jeder Student seine innovative Seite zeigen, was einen guten Eindruck hinterlässt. Auch eine kurze Schlusszusammenfassung und eine Bewertung der Arbeit kann an dieser Stelle sinnvoll sein.

Literaturverzeichnis:

Die Literaturstellen sollten, wenn möglich, aufsteigend im Text durchnummeriert sein.

Artikel aus Zeitschriften

- [1] D. DELAUNAY, B. GARNIER, Y. JARNY, J. S. LE BRIZAUT: Implementation of an Inverse Method for Identification of Reticulation Kinetics from Temperature Measurements on a Thick Sample, *Int. J. Heat Mass Trans.* **16** (1993) 4039–4047.

• Bücher

- [2] M. N. OZISIK: Radiative Transfer and Interactions with Conduction and Convection, 2nd ed., John Wiley and Sons, New York, 1973.

• Doktorarbeiten

[3] F. FRISVOLD: Filtration of Aluminium: Theory Mechanisms and Experiments, Ph.D. thesis, University of Trondheim, Norway, 1990.

• **Artikel aus Tagungsbänden**

[4] D. BOUGEARD, J. P. VERMEULEN, B. BAUDOIN: Spatial Resolution Enhancement of an IR System by Image Resto-ration Techniques, in: D. Balageas, G. Busse, G. M. Carlomagno (Eds.), Proceedings of Quantitative Infrared Thermography QIRT 94 (Eurotherm Seminar 42), Elsevier, Paris, 1995, pp. 3–6.

• **Studien- und Diplomarbeiten**

[5] M. EFFENBERGER: Modellierung und Simulation thermischer Trennprozesse formaldehydhaltiger Mischungen, Diplomarbeit, Universität Stuttgart, Institut für Technische Thermodynamik und Thermische Verfahrenstechnik (1999).

Symbolverzeichnis:

Für die vorkommenden Größen und Variablen sind klare, sinnvolle und eindeutige Symbole zu definieren und konsequent anzuwenden. Diese werden in einer Symbolliste mit ihrer physikalischen Einheit und vielleicht nötigen Hinweisen aufgelistet. Praktisch ist die separate Auflistung der Indizes.

Beispiel:

Lateinisch

A Fläche [m^2]
 A, B dimensionslose Van der Waals Parameter [1]

Griechisch

ϑ Temperatur [K]
 δ Filmdicke [m]

Indizes (hochgestellt)

F Feed (Zulauf)
 g Gas

Indizes (tiefgestellt)

c kritisch, am kritischen Punkt
 i Komponente i

Anhang:

Der Anhang ist, wie das Wort schon sagt, kein entscheidender Teil der wissenschaftlichen Arbeit. Darin befinden sich Tabellen von Messwerten, Datenaufnahmeblätter, Programmcodes, Lieferanten von Bauteilen, Pläne, Herleitungen von Formeln usw.

Sicherheitskopie:

Dem Bericht der wissenschaftlichen Arbeit ist eine elektronische Sicherheitskopie auf CD beizulegen!

5. Beurteilung

Die Beurteilung der Arbeit ist Teil des Bachelor- oder Masterabschlusses. Grundlage der Beurteilung bilden der abgegebene schriftliche Bericht, das praktische Arbeiten, die Besprechungen und der Abschlussvortrag. Die Lösung der Aufgabe mit eigenen Ideen hebt den Wert der wissenschaftlichen Arbeit.

Die Kriteriengruppen für die Beurteilung sind:

1. Technisch- wissenschaftliches Arbeiten (Wissen, Verständnis, Ergebnisse, Schlussfolgerungen)
2. Rahmenaktivitäten (Vorbereitung, Quellennutzung, Literaturstudium)
3. Individuelles Engagement (Interesse, Selbständigkeit, Kreativität)
4. Professionalität (Sorgfalt, Effizienz, Methodik, Termineinhaltung)
5. Bericht (Struktur, Verständlichkeit, Korrektheit, Form)
6. Präsentation (Struktur, Verständlichkeit, Form)

6. Abwesenheit

Jede Erkrankung während der für die Durchführung der Arbeit zur Verfügung stehenden Zeit ist umgehend dem leitenden Professor zu melden. Fällt ein zu leistender Militärdienst in den Bearbeitungszeitraum, so ist dieser nach Möglichkeit zu verschieben. Ansonsten ist aufgrund der Verlängerung der wissenschaftlichen Arbeit eine Terminüberschneidung mit der Notenkonferenz möglich, so dass die Graduierung erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen kann.

Aktualisiert am 18.02.2016