

Hinweise zur Anfertigung von Dissertationen und Masterarbeiten

Prof. Dr. Ingolf V. Hertel

<http://staff.mbi-berlin.de/hertel/de/>

Max-Born-Institut für
Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie
Berlin-Adlershof

8. Januar 2018

Zusammenfassung

Dieses Dokument wurde ursprünglich für Studierende und Doktoranden geschrieben, die einen akademischen Grad im Fach Physik erwerben wollten und ihre experimentelle oder theoretische Arbeit am Max-Born-Institut (<http://www.mbi-berlin.de>) unter der Leitung des Autors durchführen wollten. Die hier mitgeteilten Tipps und Empfehlungen basieren aber auf vielen Jahren Erfahrung mit den typischen Problemen, welche Studenten beim Schreiben ihrer Diplom- oder Doktorarbeit haben, gesammelt an vielen unterschiedlichen Plätzen der Welt. Viele positive Rückmeldung haben gezeigt, dass eine solche Anleitung von vielen Studierenden, Promovierenden und anderen Nachwuchswissenschaftlern und -wissenschaftlerinnen auch an anderen Orten als sehr hilfreich wahrgenommen wird.

Diese kurze Einführung handelt davon, **wie man eine Arbeit schreibt**, sei es eine Diplom- oder Masterarbeit oder eine Dissertation. Obwohl die meisten Kandidaten meinen zu wissen wie man das macht, zeigt doch die Praxis, dass dies bei der großen Mehrheit ein Trugbild ist. Dies hier zusammengestellten Tipps sollen dabei helfen typische Schwierigkeiten zu überwinden und Standardfehler zu vermeiden - die oft auch von erfahreneren Wissenschaftlern noch gemacht werden. Dieses Dokument ist daher als Hilfe gemeint, einen eigenen,

wirklich professionellen Stil für die Aufarbeitung wissenschaftlicher Arbeit und ihre Niederschrift zu entwickeln - auch anwendbar für das Schreiben wissenschaftlicher Publikationen.

Man beachte, dass dieser Text **nicht davon handelt wie man die Arbeit selbst ausführt**. Trotzdem gibt der erste Abschnitt Anregungen - die hoffentlich stimulierend wirken - wie man mit einer solchen Arbeit beginnen soll. Studenten entdecken sehr oft viel zu spät, dass die Dinge sich viel positiver hätten entwickeln können, wenn Sie vom ersten Tag an diese Erfahrungen berücksichtigt hätten.

Inhaltsverzeichnis

1	Zur Durchführung der Arbeit	4
1.1	Arbeitsplan	4
1.2	Gute wissenschaftliche Praxis	5
1.3	Datenarchivierung und Dokumentation	6
1.4	Literaturstudium und Weiterbildung	7
2	Die eigentliche Anfertigung des Textes	10
2.1	Allgemeine Anforderungen	10
2.2	Formale Aspekte	11
2.3	Zur Gliederung, Strukturierung und Darstellung	13
2.3.1	Titel	14
2.3.2	Einleitung	15
2.3.3	Grundlagen/Theorie	15
2.3.4	Eigene Modelle, Berechnungen	16
2.3.5	Experiment	16
2.3.6	Durchführung des Experiments und Messergebnisse (bei theoretischen Arbeiten: Rechnungen)	17
2.3.7	Diskussion der Ergebnisse	17
2.3.8	Schlussbemerkungen und Ausblick	17
2.3.9	Zusammenfassung	18
2.3.10	Danksagungen etc.	18
2.3.11	Anhänge	18
2.4	Formatierung, Stil, Sprache und Abbildungen	18
2.4.1	Sichtbarmachung der Gliederung, Kapitel, Abschnitte etc.	18
2.4.2	Einfacher Satzbau, kein Laborjargon	19

2.4.3	Erläuterung von Formeln und Rechenverfahren	20
2.4.4	Symbole und Bezeichnungen	20
2.4.5	Tabellen und Abbildungen beschriften	20
2.4.6	Ganz wichtig: Literaturverzeichnis und Zitate	21
2.4.7	Einheiten	24
2.4.8	Grafische Darstellungen	24
3	Publikation und Archivierung von Dissertationsschriften und Diplomarbeiten	26
3.1	Veröffentlichung von Teilresultaten	26
3.2	Archivierung und Online Zugang	26
3.3	Die Sprache	27
3.4	Fortgeschrittene Werkzeuge für \LaTeX Texte	27

1 Zur Durchführung der Arbeit

Hier seien nur einige ganz wenige, aber wichtige Hinweise vorangestellt. Die eigentliche Anleitung erfolgt während der Arbeit durch die Gruppen und Projektleiter bzw. durch den betreuenden Professor. Zögern Sie nicht ihn oder sie zu fragen, wenn Sie Probleme haben, die Sie nicht rasch alleine lösen können - selbst wenn er/sie sehr beschäftigt ist: es ist ein Teil seines/ihrer Jobs Ihnen zu helfen. Dennoch sollte Ihnen eine sehr grundlegende Wahrheit allen wissenschaftlichen Lebens bewusst sein: alles in allem betrachtet sind Sie selbst dafür verantwortlich, dass Sie ihre Arbeit professionell, effizient und erfolgreich durchführen. Und vieles, was Sie erreichen, werden Sie vor allem auf der Basis "Learning by Doing" zu gestalten haben.

1.1 Arbeitsplan

Am Anfang der Arbeit steht die Definition der Ziele und ein guter Arbeitsplan. Beides wird mit dem Gruppen- bzw. Projektleiter abgesprochen und im Detail mit dem betreuenden Professor diskutiert und festgelegt. Eine realistische Formulierung von Zielen, eine gute zeitliche Planung, die rechtzeitige Festlegung sinnvoller Meilensteine und Arbeitsschritte sind Grundvoraussetzungen für das Gelingen.

Dabei sind die durch Prüfungsordnung bzw. allgemeine Regeln vorgegebenen Höchstdauern, von der Ausgabe der Arbeit bis zur Abgabe, zu berücksichtigen: bei Diplomarbeiten sind 12 Monate fest vorgegeben, bei Doktorarbeiten streben wir mehr oder weniger erfolgreich drei Jahre an. Natürlich wird Sie niemand hindern auch früher aufzuhören, wenn Sie eine hinreichende Menge brillanter Ergebnisse mit besonderer Anstrengung und/oder Glück schon in viel kürzerer Zeit eingefahren haben.

Unmittelbar nach Beginn der Arbeit, sollten Sie sich beim zuständigen Prüfungs-, bzw. Promotionsausschuss der Universität anmelden. Ein Zweitbetreuer/-Gutachter muss gefunden werden, und ggf. sind potentielle Zusatzqualifikationen mit dem/der Vorsitzenden des Promotionsausschusses und dem betreuenden Professor festzulegen.

Bei all dem muss man wissen, dass sich gute Wissenschaft niemals exakt planen lässt - wenn Sie originär sein soll, und nur solche sollte betrieben werden. Die interessantesten Dinge geschehen häufig dort, wo man sie am Anfang gar nicht vermutet hat. Es gibt hierfür ein schönes englisches Wort: *Serendipity* - glücklicher Zufall. Dafür muss man als Diplomand/in oder Doktorand/in

offen sein. Die Zieldefinition wie auch der Arbeitsplan ist also kontinuierlich "fortzuschreiben".

Insbesondere bei einer Promotion muss der Doktorand selbst stets ein waches Augenmerk auf die Realisierbarkeit seiner Ziele einerseits und auf die Gesamtentwicklung seines wissenschaftlichen Arbeitsgebiets andererseits haben. Was tut die Konkurrenz? Welche neuen Möglichkeiten eröffnen ggf. unerwartete Ergebnisse und neue Methode (eigene wie die anderer Gruppen)? Welches Ziel hat ggf. schon ein anderer erreicht und publiziert und braucht daher nicht mehr verfolgt zu werden?

Man bedenke: jede Dissertation muss einen deutlichen, eigenen wissenschaftlichen Fortschritt dokumentieren, der in aller Regel durch Publikationen in referierten, wissenschaftlichen Zeitschriften nachzuweisen ist. Dass dies gelingt, liegt letztlich in der Verantwortung jedes einzelnen Doktoranden – eine Verantwortung, die ihm/ihr auch ein noch so guter Betreuer nicht abnehmen kann.

Bei Diplomarbeiten ist dies etwas weniger streng zu sehen: hierbei kommt es vor allem darauf an, dass der Student nachweist, dass er nach wissenschaftlichen Methoden selbständig arbeiten kann. Natürlich ist es auch hier besonders schön, wenn etwas wirklich Neues, Publizierbares "herauskommt".

1.2 Gute wissenschaftliche Praxis

Jederzeit während der Durchführung der Arbeit (im Instituts-Labor, bei Gastmessungen auswärts aber ggf. auch am PC oder Terminal zum Großrechner) ist auf **gute wissenschaftliche Praxis** zu achten. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat hierzu strikt zu beachtende Regeln festgelegt. Man beachte hierzu auch die speziellen Hinweise auf der MBI Homepage: http://www.mbi-berlin.de/de/organization/good_scientific_practice/index.html und die entsprechende Empfehlung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG): http://www.dfg.de/download/pdf/dfg_im_profil/reden_stellungnahmen/download/empfehlung_wiss_praxis_1310.pdf.

Die jeweiligen Gruppen- oder Projektleiter haben darauf zu achten, dass diese Regeln auch wirklich eingehalten werden. Zunächst ist es aber eine Verpflichtung jedes/r einzelnen Wissenschaftlers/in und jedes Doktoranden/in und Diplomanden/in, sein/ihr Bestes zu geben, um den hohen Ansprüchen an das, was man (international) unter guter wissenschaftlicher Praxis versteht, gerecht zu werden.

Daher empfiehlt sich eine gründliche Lektüre des DFG Textes, der dieses allgemeine Verständnis für unsere speziellen Rahmenbedingungen ausbuchstabiert! Hier sei u.a. besonders auf die grundsätzliche Empfehlung 1 hingewiesen. Gute wissenschaftliche Praxis erfordert danach vor allem:

- lege artis zu arbeiten (das heißt nach den Regeln der Kunst),
- Resultate zu dokumentieren,
- alle Ergebnisse konsequent selbst anzuzweifeln,
- strikte Ehrlichkeit im Hinblick auf die Beiträge von Partnern, Konkurrenten und Vorgängern zu wahren,
- Zusammenarbeit und Leitungsverantwortung in den Arbeitsgruppen zu praktizieren (Empfehlung 3),
- die Betreuung des wissenschaftlichen Nachwuchses zu gewährleisten (Empfehlung 4)
- die Sicherung und Aufbewahrung von Primärdaten konsequent zu erledigen (Empfehlung 7),
- wissenschaftliche Arbeiten zu veröffentlichen (Empfehlung 11).

1.3 Datenarchivierung und Dokumentation

Ausdrücklich sei auch auf Empfehlung 7 hingewiesen: Aufbewahrung der Daten für mindestens 10 Jahre. Am Max-Born-Institut wird dies umgesetzt durch

- für jede Apparatur bzw. jedes Theorievorhaben die verbindliche Führung eines von Anfang an durchnummerierten Protokollbuches, welches Eigentum des Instituts ist und schlussendlich von den Abteilungsleitern aufzubewahren ist,
- sowie die Archivierung aller relevanten Daten auf CD-ROM, auf denen ein entsprechendes Inhaltsverzeichnis zu führen ist. Die CD-ROM ist in der Bibliothek zu hinterlegen.

Im Laborbuch ist jeweils ein Hinweis auf die Nummerierung der CD-ROM festzuhalten. Soweit die Daten Voraussetzung von Veröffentlichungen, Vorträgen oder Patenten sind, ist auf der CD-ROM die entsprechende MBI Publikationsnummer festzuhalten.

Am MBI werden alle Publikationen, Vorträge etc. über die Bereichssekretariate in einer *EndNote*-Datenbank erfasst. Diese Datenbank ist zentral zugänglich über das MBI-Netz unter `\\info\Bibliography\endnote\<.>`, mit `<.>=mbi-a.enl, mbi-b.enl` etc.

Im Bereich A ist bei der Registrierung zugleich die Archivierungsart der Daten (Datenträger-Typ, Umfang, Standort, Datum) anzugeben. Diese Angaben werden vom Sekretariat unter "Notes" in die Datenbank `mbi-a.enl` eingetragen. Es empfiehlt sich eine Nummerierung der CD-ROM's entsprechend den MBI Publikationsnummern.

1.4 Literaturstudium und Weiterbildung

Die eigentliche Arbeit im Labor ist meist so spannend, dass man den Rest der Welt darüber vergessen könnte. Daher sollte man sich von Anfang seiner Arbeit an eine Regelmäßigkeit beim Studium der einschlägigen Literatur zulegen.

Um den Überblick zu behalten ist es wichtig, vom ersten Tag an eine eigene *EndNote* Datenbank anzulegen, in der Sie Ihre Literatur sicher und rasch wiederauffindbar notieren. Benutzen Sie hierfür am besten *EndNote*. Es ist per Netzwerklizenz am MBI verfügbar, und noch bequemer: *EndNote* ist auf den MS-Applikationsservern installiert. Dies erfordert am Anfang etwas Einarbeitungszeit, hilft Ihnen aber in unschätzbare Weise, sich später in einer umfangreich gewordenen Literatursammlung zurecht zu finden – und vor allem: wenn Sie dann endlich eine Publikation oder gar Ihre Arbeit schreiben, dann wird das Zitieren sehr leicht und korrekt von *EndNote* besorgt.

Um die Nutzung Ihrer *EndNote* Datenbank aber wirklich effizient zu gestalten, sollten einige allgemeine Regeln/Verabredungen eingehalten werden. Nur so können Sie selbst aber auch Ihre Umgebung davon den größtmöglichen, gemeinsamen Nutzen haben:

- Benutzen Sie im wesentlichen eine und nur eine Master-*EndNote* Datenbank und legen Sie stets eine aktuelle Kopie davon auf den zentralen File Server des MBI, und zwar unter `\\group\Bereich-A\literatur\`. Dort werden Sie in der Regel eine geeignetes Unterverzeichnis für Ihr

Forschungsfeld finden, ggf. legen Sie es neu an. Ihre Datenbank nennen Sie dort bitte <Ihr_Name>_diss.enl - und erlauben Sie anderen Mitgliedern der Gruppe dazu den lesenden Zugriff (gewähren Sie aber keine Schreibrechte für die Gruppe oder andere).

- Benutzen Sie das eindeutige **System der Labels für Publikationen** welches wir am MBI auch sonst benutzen zur unverwechselbaren Identifikation von Literaturstellen und tragen Sie diese in das Datenfeld „label“ der *EndNote* Referenz ein; Beispiele für diese Labels finden Sie z.B. auf den MBI Forschungsprojekt Webseiten unter Publikationen, z.B. unter <http://www.mbi-berlin.de/de/research/projects/2-03/publications/>
- **Benutzen Sie genau diese Labels auch, um pdf files zu speichern**, wenn Sie sich eine eigene Sammlung von Papers auf Ihrem PC zulegen wollen oder zur Sammlung im MBI-Netz \\group\Bereich-A\literatur\ beitragen wollen. Benutzen Sie nicht irgendwelche kryptischen Akronyme für spezielle Papers, die Sie hoffen so leicht wieder zu finden. Seien Sie versichert, dass Sie diese Akronyme so schnell wieder vergessen werden, wie Sie diese erfunden haben. Sie werden dann einfach zum nutzlosen Ballast und Sie können die Literatur eben nicht mehr auffinden. Im Gegensatz dazu, hilft Ihnen Ihre **einzige EndNote** Datenbank mit **Labels für jede Referenz** nach jedem beliebigen Attribut einer Publikation zu suchen (author, keyword, title, journal etc.) und so in Sekundenschnelle den Label und damit die Publikation zu identifizieren. Und ebenso anders herum.
- Aus dem gleichen Grund ist es sehr empfehlenswert, die gespeicherten Publikationen welche Sie für Ihre Dissertation oder Diplomarbeit brauchen, alle **in einem Verzeichnis** zu halten. Überlassen Sie das Sortieren und Ordnen einfach der *EndNote* Datenbank, die Ihnen alle nötigen Suchwerkzeuge bietet. Sie können sogar – mit im Einzelfall immer wenig Aufwand – die Referenzen in der Datenbank mit den Files auf Ihrem PC oder im MBI-Netz verlinken.
- Machen Sie es sich zur Gewohnheit, regelmäßig die einschlägige Literatur zu sichten und ggf. einzutragen. Das Internet macht dies heute sehr einfach, bequem und sicher. Fast alle wichtigen Journale finden Sie über MBI-Lizenzen online zugänglich. Sie brauchen dazu nur im MBI-Intranet den Link <http://intern.mbi-berlin.de/de/library-at-mbi/>

own-libr/online_journals.html

- Um Daten in Ihre *EndNote* Datenbank einzutragen gibt es noch ein weiteres, höchst bequemes Werkzeug: <http://isiknowledge.com/>. Es ist *das* universelle Werkzeug für die Suche nach Literatur und für deren Eintragung in Ihre *EndNote* Datenbank. Es erlaubt Ihnen darüber hinaus, viele weitere Informationen zu erlangen und Verknüpfungen aufzufinden. Z.B. können Sie leicht herausfinden, wie wichtig Ihre Kollegen weltweit eine Arbeit finden: dazu müssen Sie einfach den Parameter „Times Cited“ anschauen. Es ist nützlich - zusammen mit den anderen Parametern, welche eine Publikation charakterisieren wie „authors, title, year, journal, volume, pages, abstract, key words, addresses of authors“ auch stets „Times Cited“ mit abzuspeichern, (z.B. in das Datenfeld „Notes“). Alles in allem macht dies Ihre *EndNote* Datenbank zu einem extrem hilfreichen Werkzeug, auf welches Sie gewiss nach kurzer Benutzung nicht mehr verzichten wollen – jedenfalls nicht für die Dauer Ihrer Diplom- oder Doktorarbeit.
- Benutzen Sie ihre eine und einzige *EndNote* Datenbank für alle Aufgaben, die etwas mit Literatur zu tun haben. Kleinere Untereinheiten lassen sich stets rasch für spezifische Aufgaben erstellen: für ein Paper, einen Report, einen Vortrag. Benutzen Sie *BibTeX* Styles, welche *EndNote* bereit hält, wenn Sie eine *BibTeX* Bibliothek für einen solchen speziellen Zweck brauchen: immer dann also, wenn Sie etwa mit \LaTeX schreiben (siehe Abschnitt 3). Es kostet nur ein paar Sekunden, hunderte oder gar tausende von Referenzen aus *EndNote* ins *BibTeX* format zu konvertieren, woraus dann \LaTeX wiederum Ihre Bibliographie automatisch erstellen kann.

Neben Ihren eigentlichen Forschungsinteressen sollten Sie sich regelmäßig auch mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen allgemeiner Art befassen. Schauen Sie regelmäßig in Physical Review Letters (PRL) (<http://prl.aps.org/>), in Nature (http://www.nature.com/nature/current_issue) und Science (<http://www.sciencemag.org/current.dtl>), um zu wissen, welches gerade die „Hot-Topics“ sind. Aber auch mehr populärwissenschaftliche Magazine, etwa der Scientific American (<http://www.sciam.com/>) oder das deutsche Gegenstück Bild der Wissenschaft (<http://www.wissenschaft.de/wissen/>) bieten viel Interessantes. Und natürlich sollten Sie als in Deutschland arbeitender Physiker (und hoffentlich auch Mitglied der DPG) immer

mal auch im Physik Journal (<http://www.pro-physik.de/Phy/External/PhyH/>) nachschauen, was aktuell ist und zugleich Ihre wissenschaftliche Allgemeinbildung entwickeln und pflegen.

Als hilfreiche Einrichtung hatte sich z.B. ein regelmäßiger Doktorandenteel (http://intern.mbi-berlin.de/de/events/seminars/sem_w/index.html) bewährt, bei welchem über aktuelle Literatur aus dem eigenen und aus Nachbargebieten in knapper Form berichtet wird. Daneben gibt es hinreichend Zeit zur Diskussion und zur Beantwortung von Fragen in ganz informeller Runde. Eine ideale Gelegenheit, um sich auf ernstere Gelegenheiten – wie externe Vorträge, Prüfungen und natürlich auf die Disputation – vorzubereiten.

Besuchen Sie auch weiterbildende Vorlesungen und vor allem regelmäßig das Institutscolloquium <http://www.mbi-berlin.de/en/events/colloquium/index.html>, das Abteilungsseminar http://www.mbi-berlin.de/en/events/seminars/sem_a/index.html und die Seminare der einschlägigen Sonderforschungsbereiche.

All diese Aktivitäten halten Sie mental fit, gut informiert und verhindern, dass Sie zu einer reinen Labormaus verkommen.

2 Die eigentliche Anfertigung des Textes

2.1 Allgemeine Anforderungen

Die schriftliche Darstellung Ihrer Arbeit muss mindestens folgenden Anforderungen genügen:

1. Sie muss für einen allgemein interessierten und gebildeten Physiker mit Gewinn zu lesen sein, auch wenn er dem Thema der Arbeit eher fern steht.
2. Die Arbeit muss klar und übersichtlich
 - den wissenschaftlichen Hintergrund
 - die gestellten Ziele
 - die angewandten experimentellen und theoretischen Methoden
 - die Ergebnisse
 - und ihre Bewertung

- sowie eine angemessene Zusammenfassung

präsentieren.

3. Sie muss alle wesentlichen Informationen enthalten, die einer nachfolgenden Generation von Diplomanden, Doktoranden und anderen Mitarbeitern die sofortige Weiterführung der Arbeit ermöglichen.
4. Sie muss darüber hinaus im Prinzip aber auch einen Dritten, fachkundigen in den Stand versetzen, die vorgestellten experimentellen Aufbauten wiederherzustellen und damit die beschriebenen Ergebnisse unzweifelhaft zu reproduzieren sowie ggf. die theoretischen Ergebnisse exakt nachzuvollziehen.
5. Sie muss für einen außenstehenden, zwar fachkundigen aber nicht mit den Details des Arbeitsgebietes vertrauten, kritischen Leser zweifelsfreie Bewertungskriterien erkennen lassen: Von welchem Stand der Forschung ging der Verfasser zu Beginn der Arbeit aus? Welche experimentellen (ggf. theoretischen oder programmtechnischen) Voraussetzungen fand er vor? Welche eigenen theoretischen Entwicklungen, Programme und experimentellen Aufbauten hat er erarbeitet? Auf welche Hilfen und Helfer konnte er dabei zurückgreifen? Welche konkreten eigenen Ergebnisse hat er beigetragen.
6. Ein wichtiger Aspekt der Ergebnisdiskussion muss es sein, mögliche systematische und statistische Fehler und die Verbindlichkeit von Aussagen kritisch zu bewerten. Auch muss erkennbar werden, welchen Verlauf die Entwicklung des Fachgebietes während der Anfertigung der Arbeit genommen hat und wie der Diplomand/Doktorand den eigenen Beitrag hierzu bewertet.

2.2 Formale Aspekte

1. Die eben skizzierten Forderungen an eine gute oder sehr gute Diplom- oder Doktorarbeit sind nur mit Hilfe einer sehr stringenten und übersichtlichen Gliederung darstellbar. Am klarsten ist dabei eine durchgehende „juristische Nummerierung“ (1, 1.1, 1.1.1 etc.). Es ist gut zu wissen, dass \LaTeX diese Formatierungsaufgaben für Sie übernimmt, ohne dass Sie viel nachzudenken brauchen. Bei jeder Iteration wird

alles wieder korrekt modifiziert - Kapitel- und Abschnittsreferenzen, Literaturzitate und so weiter. Natürlich müssen Sie den Prozess einmal selbst in die Wege leiten. Alles weitere Formatieren geschieht dann aber fast von selbst. Ihre Dissertation oder Diplomarbeit sollten Sie auf jeden Fall in \LaTeX schreiben. Alles Andere - etwa Word - ist bei komplexeren Dokumenten mit vielen Abbildungen und Formeln einfach unbrauchbar (siehe auch Abschnitt 3). Ein \LaTeX package (shell document), das Sie als Template für Ihre Arbeit benutzen können, finden Sie unter <http://staff.mbi-berlin.de/hertel/hinweise/texshell/texshell.zip>.

2. Wählen Sie aussagekräftige und zugleich kurze Kapitel und Abschnittsüberschriften. Also z.B. *Photoelektronenspektren von Wasserclustern* und nicht *Messung und Auswertung der Photoelektronenspektren von Wasserclustern im Molekularstrahl*.
3. Verschiedenen Typen von Informationen sollten nach Möglichkeit nicht vermischt werden. Sie sollten also abschnitts- oder kapitelweise getrennt darstellen:
 - genuin eigene Diskussionsbeiträge, Beschreibung der eigenen Rechnungen
 - eigene methodische Entwicklungen, selbst entworfene oder gebaute Aufbauten
 - eigene experimentelle bzw. theoretische Ergebnisse

Diese Kapitel bzw. Abschnitte sollten jeweils enthalten:

- fehlerkritische Diskussionen der Resultate und Schlussfolgerungen
 - den sorgfältig bewertenden Vergleich der eigenen Daten mit den Ergebnissen und Vorhersagen anderer, wo immer möglich (benutzen Sie dafür am besten Grafiken und/oder Tabellen, anstelle vieler Worte).
4. Auch **der ganz flüchtige Leser** sollte die wichtigsten Gedanken, Experimente und Resultate durch illustrative graphische Darstellungen und Bilder mit **selbsterläuternden Bildunterschriften rasch erfassen** können.

5. Es gibt immer Textstellen, die zwar notwendig aber komplex sind und für das Gesamtverständnis nicht unbedingt erforderlich. Es ist sehr hilfreich für den interessierten, aber zeitlich limitierten Leser solche Textstellen kenntlich zu machen – z.B. durch ein paar einleitende Worte über die Bedeutung des folgenden Textes oder gar durch Verschiebung solcher Texte in Anhänge, wo wichtige aber für den Zusammenhang verzichtbare Details dargestellt werden.
6. Jedes Kapitel, und nach Möglichkeit jeder Abschnitt sollte mit einer kurzen Wegweisung beginnen: was soll im folgenden vermittelt werden, auf welche Quellen (sauber zitieren) und Grundgedanken setzen Sie auf, welche Ziele sollen erreicht werden. Ebenso sollte am Ende größerer Zusammenhänge jeweils eine kurze Zusammenschau geboten werden.

2.3 Zur Gliederung, Strukturierung und Darstellung

Beginnen Sie mit der Erstellung eines klaren Konzeptes von dem, was Sie mitteilen wollen. Was sind Ihre wichtigsten Resultate? Wie können Sie diese im besten Licht darstellen? Was möchten Sie über den allgemeinen Status Ihres Forschungsgebiets kommunizieren.

Versuchen Sie, eine Arbeit zu schreiben, die gut zu lesen ist! Denen, die sich der Mühe unterziehen, Ihre Arbeit zu lesen, sollte der Text das Gefühl vermitteln, dass es sich lohnt das zu tun! Schreiben Sie Ihre Arbeit nicht als Entwicklungsroman, der alle Missgeschicke verzeichnet, welche Ihnen auf einem langen, beschwerlichen Wege widerfahren sind! Stellen Sie Ihre Resultate auch nicht als etwas dar, das ihnen schicksalhaft oder durch reines Glück zufiel!

Versuchen Sie, die aufregende Geschichte neuer Entdeckungen auf einem sehr wichtigen Arbeitsgebiet zu schildern. Dies, so müssen Sie deutlich machen, ist ein Thema, das jeder Ihrer potentiellen Leser immer schon kennen lernen wollte. Versuchen Sie, zu zeigen, wie die Dinge miteinander verknüpft sind und wie sich die Natur unter Ihren talentierten Händen entfaltet und ihre Geheimnisse preisgegeben hat. Diese Erkenntnisse wollen Sie nun mit Ihrem privilegierten Leser teilen. Aber tun Sie dies in einer barmherzigen Weise, indem Sie die Geschichte so kurz wie möglich und nicht länger als unbedingt nötig machen.

Was *ist* nun eine angemessene Länge für eine Doktorarbeit? Maximal sollten 200 Seiten nicht überschritten werden (typisches L^AT_EX - DIN A4

Format). So manche exzellente Doktorarbeit ist wesentlich kürzer – lediglich ihr Inhalt wiegt dann natürlich schwer. Um aber ganz ehrlich zu sein: es gibt immer wieder auch außergewöhnlich gute Dissertationen, die deutlich umfangreicher sind. Es gibt einfach keine eindeutige Relation zwischen Länge und Qualität. Dennoch reflektiert ein langatmiger, langweiliger Text die mangelnde Anstrengung zur Konzentration aufs Wesentliche.

Bevor Sie beginnen zu schreiben, entwerfen Sie eine Gliederung. Dieses vorläufige Inhaltsverzeichnis bildet dann Ihren Arbeitsplan fürs Schreiben. Fangen Sie mit einer Grobstruktur an, und verfeinern Sie diese Schritt für Schritt. Schließlich sollten Sie für jedes Kapitel, für jeden Abschnitt und Unterabschnitt einige Schlüsselwörter notieren, die Ihre Gedanken zu den je spezifischen Themen kurz umreißen.

Verbindliche Regeln für eine solche Gliederung gibt es nicht. Ein gewisses Schema hat sich aber als durchaus sinnvoll erwiesen und konnte über viele Jahre hinweg erprobt werden. Zeigen Sie Ihre Gliederung dem Sie betreuenden Professor und besprechen Sie diese mit ihm, bevor Sie schließlich mit dem Schreiben wirklich beginnen. Aber erinnern Sie sich dabei daran: es ist **Ihre** Doktorarbeit, und **Sie** – nicht Ihr Professor, Assistent oder Betreuer – **sind verantwortlich** für das Ergebnis, welches sich schlussendlich ergeben wird.

2.3.1 Titel

Es beginnt mit dem Titel der Arbeit. Er soll kurz und informativ sein. Ein klarer Titel zeugt von einem klaren Kopf. Um nur ein besonders abschreckendes Beispiel zu geben, wie Sie **Ihre Arbeit nicht nennen sollten**:

Beiträge zur Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse im UV und nahen VUV durch nichtlinear optische Frequenzkonversionsprozesse 2. Ordnung in Kristallen und Erzeugung von Laserimpulsen hoher Spitzenleistung durch Nachverstärkung in ArF Excimerlasern.

Dieser Title signalisiert doch, dass der Kandidat einer außerordentlich speziellen und überaus detailliert aber ohne größeren Kontext spezifizierten Frage nachgegangen ist. **Besser wäre also** z.B.:

*Erzeugung und Anwendung
ultrakurzer, verstärkter Laserimpulse im UV und VUV*

2.3.2 Einleitung

Der Haupttext beginnt mit einer Einleitung, welche Ihnen die Gelegenheit gibt, kurz zu umreißen, was Sie erreichen wollten, was Sie erreicht haben, und was Sie davon mitteilen wollen – das ist auch für Sie selbst enorm wichtig. Die Einleitung sollte nicht wesentlich mehr als 3 Seiten umfassen und den Leser ganz kurz in das Forschungsgebiet und seine Bedeutung einführen, die offenen Probleme und Fragen kurz ansprechen, die Ausgangslage im eigenen Labor mit wenigen Sätzen charakterisieren (welche Apparaturen, welche Programmpakete wurden vorgefunden), die Zielstellung sauber definieren und ggf. sich schon zu Beginn der Arbeit abzeichnende Lösungsansätze skizzieren. Schließlich sollten Sie das (oder die) wichtigste(n) Resultat(e) kurz (ein Absatz) skizzieren, welche Sie durch Ihre Anstrengungen erreicht haben, möglichst mit Hinweis auf entsprechende, eigene Publikationen. Ganz kurz sollte dann die Gesamtgliederung der Arbeit erläutert werden.

2.3.3 Grundlagen/Theorie

Sodann wird ein Grundlagen- und Theoriekapitel folgen, z.B. Grundlagen der Erzeugung ultrakurzer Laserimpulse, mit den Untergliederungen *(i) Stand der Forschung*, *(ii) Theoretische Grundlagen*, *(iii) einzelne Verfahren, Methoden etc.* Hier sind alle grundsätzlichen theoretischen und experimentellen Handwerkszeuge aufzuführen, die dem aktuellen Erkenntnisstand zu Beginn der Arbeit entsprechen und ggf. entsprechende Entwicklungen, welche sich während der Arbeit an anderer Stelle ergeben haben.

Bei der Darstellung von theoretischen Grundlagen kann man zwei Strategien verfolgen:

- Entweder man entwickelt in wirklich nachvollziehbarer Weise das theoretische Grundgerüst (der Literatur folgend) mit didaktischem Geschick (und für den Leser mit Gewinn) bis zu dem Punkt, wo man es für die späteren Teile der Arbeit auch wirklich braucht. Dabei sollte eingangs gesagt werden, an welche Quellen man sich bei der Darstellung hält, ggf. warum man diese umfassende Darstellung wählt (z.B. weil es keine guten Textbücher zum Thema gibt).
- Alternativ dazu gibt man nur eine minimale Zusammenstellung, Definition und physikalische Erläuterung der tatsächlich in der Arbeit benut-

zen Begriffe, Formeln und Zusammenhänge und verweist zur Ableitung auf die einschlägige Literatur.

Einen Kompromiss zwischen diesen beiden Verfahren gibt es eigentlich nicht. Ein solcher wäre ja eine unvollständige Ableitung, ein Springen von einem zum übernächsten Entwicklungsschritt und die Bereitstellung eines Konvoluts von zusammenhanglosen Formeln, die man gar nicht alle im späteren Text braucht und die von niemandem nachvollzogen werden können.

Zusammenfassend sollte man im **Theoriekapitel/Abschnitt** wirklich alles an Formeln zusammentragen, was man später braucht, sodass man nicht eine über die ganze Arbeit verstreute Formelsammlung ohne erkennbaren Zusammenhang produziert.

2.3.4 Eigene Modelle, Berechnungen

Es folgen dann eigene Vorüberlegungen, Berechnungen der erwarteten Effekte, geschätzte Größenordnungen von Signalen etc., die deutlich als eigene Kapitel oder Unterkapitel vom Literaturstand abgegrenzt sein sollten. Dabei sollte klar dargestellt werden, was, wie mit welchen Methoden selbst überlegt oder berechnet wurde, welcher Algorithmus benutzt wurde, auf welche Formeln des Theoriekapitels aufgebaut wird etc.

Übersichtliche graphische Darstellungen der Ergebnisse und eine anschauliche physikalische Interpretation sind in jedem Falle nützlich. In der Regel ist hier auch schon ein Hinweis auf die später zu diskutierenden experimentellen Aufbauten und Messergebnisse angebracht, wiewohl man damit an dieser Stelle noch zurückhaltend sein sollte.

2.3.5 Experiment

Es schließt sich in der Regel ein Kapitel zum Experiment an. Es schildert experimentelle Aufbauten, ggf. durchgeführte Tests vor den eigentlichen Messungen, Messverfahren und Auswertemethodik (sofern relevant), Erläuterung zur Parameterbestimmung (z.B. des Verfahrens zur Bestimmung eines Laserstrahlprofils, einer Laserleistung, Zählrate etc.).

Dieses Kapitel kann ggf. auch nach einzelnen Sachthemen aufgelöst und als Unterkapitel größeren physikalischen Themenkomplexen vorangestellt werden. Dabei sind die **Experimente wirklich so zu beschreiben, dass man**

sie ggf. nachbauen und nachvollziehen könnte. Die Einzelheiten kritischer Komponenten und die Überlegungen, die gerade zu diesem oder jenem Aufbau geführt haben, sind zu erläutern.

Auch Fehlversuche sind zu dokumentieren, sofern man daraus etwas lernen kann. Und zwar nicht nur im Tenor „dies oder jenes führte nicht zum Erfolg“. Vielmehr sollte erläutert werden, warum, was nicht klappte, welche Nachweisgrenze man abschätzen kann etc.

2.3.6 Durchführung des Experiments und Messergebnisse (bei theoretischen Arbeiten: Rechnungen)

Der Übergang zu diesem Kapitel wird häufig fließend sein. Auch hier ist es aber wieder unverzichtbar, die eigenen Ergebnisse neben den Verweisen auf die Ergebnisse anderer ganz klar zu kennzeichnen. Hierzu gehört in der Regel auch schon eine qualitative und, sofern irgend möglich, quantitative Fehlerabschätzung für die mitgeteilten experimentellen Daten (bzw. Rechnungen).

2.3.7 Diskussion der Ergebnisse

Schließlich folgt die Diskussion der Ergebnisse. Hierbei ist ein physikalisches Verständnis der Ergebnisse ggf. unter Verwendung der eingangs beschriebenen Theorie herbeizuführen. Messergebnisse sind (unter Hinweis auf die entsprechenden Formeln und Verfahren) damit zu vergleichen. Ergebnisse anderer sind in die Diskussion quantitativ und qualitativ einzubeziehen. Am Abschluss steht eine kritische Würdigung der erzielten Resultate, ein Bewertung der erzielten Genauigkeiten, Aussagekraft der verwandten Methoden etc.

2.3.8 Schlussbemerkungen und Ausblick

Dieses Kapitel ist als Abrundung der Arbeit zu verstehen. In möglichst wenigen Kernsätzen soll der erreichte Fortschritt gewürdigt werden – quasi als Gegenstück zur Zielsetzung der Einleitung. Eine Bewertung der künftigen Nutzbarkeit dieser Ergebnisse könnte sodann folgen. Schließlich werden als Ausblick Hinweise erwartet, wie sich das Thema möglicher- oder wünschenswerterweise weiter entwickeln kann, was es noch zu messen und weiter zu erforschen gibt. Auch dieses Kapitel sollte 3 bis 4 Seiten nicht übersteigen.

2.3.9 Zusammenfassung

Davon unabhängig sollte es eine deutsche und eine englischsprachige Zusammenfassung (*Abstract*) geben. Beide sind an den Anfang der Arbeit vor die Einleitung zu stellen. Sie sollten jeweils eine Seite nicht übersteigen und wirklich nur die wichtigsten Highlights der Arbeit aufsummieren.

2.3.10 Danksagungen etc.

Am Ende folgen:

- eine Danksagung an alle die, denen man für die Mithilfe bei der Arbeit danken will (mit einer kurzen Spezifikation der Hilfe, die man von diesen erfahren hat),
- eine Zusammenstellung der aus dieser Dissertation entstandenen publizierten oder zur Veröffentlichung eingereichten Arbeiten (mit Titel-, Autoren- und Quellenangabe),
- eine übersichtliche Literatursammlung,
- bei Dissertationen der eigene Lebenslauf,
- sowie eine Erklärung zu den benutzten Hilfsmitteln, wie dies in der Diplom- bzw. Promotionsordnung vorgeschrieben ist.

2.3.11 Anhänge

Aufwendige Rechnungen, umfangreiches Datenmaterial, Programmstrukturen oder selbst entwickelte (besonders pfiffige) Computercodes oder Messprogramme und innovative elektronische Schaltungen sowie Textteile, die nur für den Spezialisten verständlich sind, sollte man in Anhänge verbannen.

2.4 Formatierung, Stil, Sprache und Abbildungen

2.4.1 Sichtbarmachung der Gliederung, Kapitel, Abschnitte etc.

Es ist sehr wichtig, die Gliederungsebenen bis in die letzten Unter-unterkapitel und Abschnitte klar kenntlich zu machen und durch textliche Gestaltung visuell zu verdeutlichen. Moderne Textverarbeitungssysteme bieten hierzu hervorragende Möglichkeiten (Schriftgrößen, Schriftarten, Einrückungen

etc.) L^AT_EX z.B. übernimmt das alles für Sie mit mehr oder weniger automatisierten Funktionen. Freilich wird der erwünschte Effekt nur sichtbar, wenn Sie aktiven Gebrauch von den angebotenen Werkzeugen machen.

Absätze sollen z.B. deutlich machen, wo ein größerer Gedanken- oder Ergebniszusammenhang anfängt und wo er aufhört, so dass man ihn noch als solchen leicht verfolgen kann. Also nicht zu kurz und nicht zu lang. 3 - 6 Absätze auf einer Seite, sofern es sich nicht um Formeln oder Aufzählungen handelt. Ob Block- oder Flattersatz (beide können in jedem Textverarbeitungssystem eingestellt werden) ist ein wenig Geschmackssache. Blocksatz wirkt meist ruhiger, kann aber leicht zu störenden Lücken führen. Benutzen Sie die automatische Silbentrennung!

Ein ansprechendes Schriftbild und übersichtliche Layouts, einheitlich gestaltete, übersichtliche graphische Darstellungen, Kopfleisten mit durchgehenden Kapitelbezeichnungen, ins Auge springende Gliederungen, Nummerierungen, Textmarkierungen und Kennzeichnungen besonders wichtiger Zusammenhänge und Ergebnisse tragen viel zur Lesbarkeit der Arbeit bei und rechtfertigen einigen Aufwand.

Vermeiden Sie jedoch barocke Schriften! Überhaupt: gehen Sie sparsam mit Schriftarten (Fonts), Typen (Bold, Italic ...) und Schriftgrößen (Sizes) um! Das Gesamtbild wird sonst sehr leicht unruhig.

L^AT_EX hat viele nützliche Werkzeuge, die Ihnen dabei helfen. Machen Sie nicht zu viele eigene Modifikationen and bewährten Voreinstellungen für Formate, Kopfzeilen, Schrifttypen etc. Das "Package" `hyperref` kann viele nützliche Dinge für Ihre Arbeit tun, wenn man es richtig zu nutzen weiß. Die Benutzung dieses „Packages“ wird wärmstens empfohlen, ebenso wie die von `url` zur sauberen Darstellung von URL's im Internet – soweit erforderlich.

Am wichtigsten ist natürlich nach wie vor der Inhalt, der freilich durch eine entsprechende äußere Form und einen gepflegten Umgang mit der deutschen oder englischen Sprache erst voll zur Geltung kommen kann.

2.4.2 Einfacher Satzbau, kein Laborjargon

Bemühen Sie sich also um einen einfachen, wenig verschachtelten Satzbau. Das ist gute Praxis für jede Art des Schreibens, gilt aber a fortiori für naturwissenschaftliche Texte. Kurze Sätze sind in aller Regel viel aussagekräftiger als lange, wobei sprachliche Geschliffenheit und Präzision sowie die Vermeidung von Laborjargon durchaus angesagt sind (benutzen Sie z.B. *Test* anstatt *Testung*, *Impuls* und nicht *Puls* etc.)! Vermeiden Sie das immer häufiger wer-

dende Neudeutsch-Englisch (*Gainprofil* oder *Switchen* etc.). Sehr störend ist auch die häufige Wiederkehr nichts sagender Wörter wie "Effekt" - es gibt immer ein präziseres Wort, das den beobachteten Sachverhalt klar beschreibt.

2.4.3 Erläuterung von Formeln und Rechenverfahren

Bei der Entwicklung von Formeln sollte zu Beginn eines Rechengangs ein kurzer Hinweis auf das Ziel der folgenden Rechengänge gegeben werden. Alle wiederbenutzten Formeln sind kohärent am Rand durchnummerieren. Jeder Rechenschritt ist kurz zu erläutern (z.B. *Einsetzen des nach (7.5) berechneten Wertes von μ in (7.7) ergibt*). Hoffen Sie nicht einfach darauf, dass der Leser schon merken wird, was Sie getan haben!

Rechenverfahren, die nicht unmittelbar evident sind, sind zumindest verbal zu beschreiben. Z.B.: *Man erhält A als Funktion des Parameters B durch numerische Integration von Gleichung (xyz). Dafür wurde ein von Meyer et al. /Zitat/ entwickeltes PC - Programm benutzt, welches die Simpson - Formel verwendet.* Eine andere Variante könnte sein: *Hierfür wurde ein besonders schnelles numerisches Verfahren entwickelt, das in Anhang A3.1 dokumentiert wird. Ein Rechenbeispiel ist in Abbildung 3.20 dargestellt.*

2.4.4 Symbole und Bezeichnungen

Achten Sie auf Einheitlichkeit der Symbole und Bezeichnungen und auf die Vermeidung von Doppelungen bzw. Mehrdeutigkeiten im gesamten Text der Arbeit! Neue Begriffe oder Symbole sollten möglichst unmittelbar vor oder nach ihrer ersten Erwähnung erläutert werden, am besten vor oder hinter der Formel, in welcher sie zuerst benutzt werden.

Falls aber ein Symbol oder Begriff schon lange nicht mehr im Text aufgetaucht ist, empfiehlt sich durchaus eine kurze Wiederholung, ggf. auch ein Verweis auf vorangehende Kapitel. Etwas Redundanz in einer umfassenden Arbeit ist in der Regel hilfreich für den Leser.

2.4.5 Tabellen und Abbildungen beschriften

Alle Tabellen und Abbildungen müssen eine klare und deskriptive Unter- bzw. Überschrift haben (siehe auch 3). Bei der Mitteilung experimenteller Ergebnisse in Tabellen und graphischen Darstellungen muss aus der Überschrift, Unterschrift, aus der Legende bzw. aus Fußnoten leicht erkennbar sein,

mit welchem experimentellen bzw. theoretischen Verfahren die Daten gewonnen und wie sie ausgewertet wurden. Ggf. empfiehlt sich ein Hinweis auf das entsprechende vorangehende Kapitel. Auf jeden Fall müssen Fremdresultate deutlich als solche gekennzeichnet werden (also z.B. *Kreuze: Messungen dieser Arbeit mit dem in Kap. 4 geschilderten XYZ Verfahren, Rechtecke: nach (1.1) umgerechnete Werte aus Referenz /abc/, volle Linien: theoretisches Modell nach (5.10) aus Ref. /abc/*). Bei kurz darauf nachfolgenden ähnlichen Abbildungen oder Tabellen genügt i.A. der Hinweis *im übrigen wie in Abb. 4.3, Tab. 4.2.*

2.4.6 Ganz wichtig: Literaturverzeichnis und Zitate

Man kann die Referenzen kapitelweise oder am Ende der ganzen Arbeit zitieren. In jedem Falle ist **die explizite Nennung der Autoren im Text besonders informativ für den Leser** – jedenfalls bei längeren Texten, wie Doktorarbeiten, Diplomarbeiten, Berichten und Büchern. Dies wird z.B. für Sie z.B. von „apacite.bst“ <http://ftp.gwdg.de/pub/ctan/biblio/bibtex/contrib/apacite/> geleistet. Sie finden dann im Text *Müller et al. (1990) oder auch (Müller et al. 1990) - je nach Aufruf, s. arpacite.pdf, S. 10.* In der Literaturliste steht dann „Müller, Huber and Meier, Phys.Rev.Lett.55 (1990) 22-28“. Weniger hilfreich, aber eventuell akzeptabel ist die alphanumerische Zitierweise /MHM90/ (`harvard.bst`, siehe auch 1.4). Auf rein numerische Zitate (`plain.bst`) sollte man bei Dissertationen nicht zurückgreifen. L^AT_EX hat viele Optionen und BibTeX Styles für Ihre von *EndNote* generierte Bibliography, die für Sie die optimale Darstellung erledigen.

Word - wenn Sie es entgegen gutem Rat wirklich benutzen wollen - macht ebenfalls effizienten Gebrauch von *EndNote* für diesen Zweck.

Aus aktuellem Anlass sei hier noch einmal auf ein paar Dinge hingewiesen, die leider nicht immer sauber beachtet werden. Im Februar 2011 gab es eine interessante und eher peinliche Diskussion – in der Presse und sogar im deutschen Bundestag – über eine bestimmte Dissertation aus dem Bereich der Rechtswissenschaften, in der offenbar zahlreiche Textpassagen wörtlich aus anderen Quellen übernommen wurden. Auf der einen Seite scheinen diese Vorgänge ein charakteristisches Problem aller Doktorarbeiten in den nicht empirischen Wissenschaften zu offenbaren – nämlich die Notwendigkeit, aus einer großen Fülle von verfügbarem Wissen und Meinungen, historischen und aktuellen Dokumenten und sonstigen Daten und Schriften eigenständig und kreativ über einige hundert Seiten hinweg Neues zu erschaffen, oder doch

zumindest eigene geistvolle Gedankengänge und Schlussfolgerungen zu Papier zu bringen. Zu überprüfen und zu bewerten, wie viel davon dann genuin eigene wissenschaftliche Leistung ist, scheint offenbar ein nicht ganz triviales Problem zu sein, das man auch nicht einfach durch Internetroboter löst.

In den Naturwissenschaften, so könnte man meinen, ist dies wesentlich einfacher (vor allem im experimentellen Bereich), denn hier geht es ja um tatsächlich neue, bzw. bislang unbekannte, der Natur abgelauschte Erkenntnisse, deren Novität sich zweifelsfrei belegen lässt. Vorsätzliche Täuschung oder die Manipulation von Daten werden meist rasch erkannt, und jeder Versuch dazu wird streng geahndet. Das zentrale Kriterium ist die Forderung nach Reproduzierbarkeit jedes naturwissenschaftlichen Experiments – Doktorarbeiten und andere Publikationen müssen im Prinzip so geschrieben sein, dass ein Dritter das Experiment (wenn auch ggf. mit einigem Aufwand) zweifelsfrei wiederholen kann! Haben Sie dies bitte stets auch bei der Abfassung des Textes Ihrer Doktorarbeit (wie auch jeder anderen Publikation) im Auge.

Darüber hinaus gemahnen aber die genannten, öffentlich gemachten und intensiv kommentierten Vorgänge doch zur Wachsamkeit und zu einem verstärkt kritischen Umgang mit Quellen und Zitaten. Sowohl bei allgemein einleitenden Texten einer naturwissenschaftlichen (Doktor-)Arbeit, wie auch bei der Vorstellung von experimentellen und theoretischen Grundlagen, ebenso wie bei den Schlussfolgerungen und Zukunftsperspektiven, ist so mancher allzu leicht versucht, mehr oder weniger wörtlich auf Quellen aus der Literatur zurückzugreifen. Warum das Rad wieder neu erfinden, wenn es dies doch schon tausendfach gibt, mag sich so mancher fragen. Im Zeitalter des Internets und moderner Computer-Techniken liegt offenbar die Versuchung zum „copy-paste“ allzu nahe am Key-board.

Lasse Sie sich davor ganz eindringlich warnen! Legen Sie wirklich alle Quellen offen, welche Sie benutzt haben. Wörtliche Zitate (auch in übersetzter Form) sind auf jeden Fall in Anführungszeichen zu setzen, und mit Literaturverweis zu versehen. Besonders ist auch bei Abbildungen auf die Quellenangaben zu achten. Dazu reicht nicht einfach ein Zitat. Vielmehr sollte klar gesagt werden: „Abbildung von Meyer et al. 1990“ bzw. „Abbildung nach Meyer et al. 1990“, je nachdem, ob Sie die Abbildung komplett übernommen, oder modifiziert haben. Auch intern von anderen gefertigte Zeichnungen und Fotos sind zu kennzeichnen: „Die Abbildung entspricht Abb. 4.6 der Dissertation Mustermann (1990)“ oder „3D-Konstruktionszeichnung von H.H. Becker, MBI (2010)“ etc.

Natürlich bedeutet dies nicht, dass man jedwedes allgemein bekannte

Grundwissen auf seine ursprüngliche Entstehung zurückführen muss. Man muss also nicht Kopernikus, Kepler und Galilei zitieren, wenn man darauf hinweist, dass die Erde eine Kugel ist und die Planeten sich auf nahezu kreisförmigen Bahnen um die Sonne bewegen. Ebenso wird man die Schrödinger-Gleichung oder die Heisenberg'sche Unschärferelation nicht mit Originalzitate belegen. Dazu ist im Laufe der Physikgeschichte so viel formuliert und geschrieben worden, dass es fast unmöglich erscheint, für solche Grundzusammenhänge stets neue, noch nie verwendete Wortkombinationen und Sätze zu finden – auch wenn man sich stets um seine je eigenen Formulierungen bemühen sollte und der copy-paste Versuchung nicht unterliegen darf.

Problematisch wird es, wenn man längere Gedankengänge oder gar Kapitel aus einschlägigen Lehrbüchern oder auch aus früheren Doktorarbeiten für den Leser der eigenen Arbeit so aufbereiten muss, dass er sich rasch in den aktuellen Kontext einlesen kann. Dies ist eine durchaus übliches, oft notwendiges und völlig legitimes Anliegen in fast allen Dissertationsschriften – oft über längere Textpassagen hinweg. Versuchen Sie auch in diesen Fällen, die zu kommunizierenden Sachverhalte mit eigenen Worten zu formulieren.

Nennen Sie auf jeden Fall zu Anfang eines Kapitels, eines Abschnitts oder einer längeren Textpassage genau, an welchen Quellen sie die nachfolgende Darstellung orientiert haben – und zwar nicht einfach als Zitat-Nummer, sondern ggf. mit einem erklärenden Satz: (*Nachfolgend geben wir eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Grundlagen der Nichtlinearen Optik nach Diels und Rudolph (2006), Kapitel xyz ... - Oder: Bei der folgenden Darstellung orientieren wir uns an der sehr klaren Monographie von Born und Wolf (1975), Kap. 11*).

Bei einzelnen Absätzen kann man ggf. auch noch spezifischer sein: *Wie Müller und Huber (1990) schon zeigen konnten...*

Kürzere Texte können Sie natürlich auch wörtlich zitieren, dann aber auf jeden Fall in Anführungszeichen und mit genauer Quellenangabe.

Ein ganz eigenes Kapitel sind die Eigenzitate und Wiederverwendung von eigenen oder auch gemeinschaftlich verfassten Texten für neue Zwecke, z.B. für eine Doktorarbeit. Das ist aber ein weite Feld, das hier nicht näher beleuchtet werden soll. Es sei aber vorsorglich darauf hingewiesen, dass auch hier Textübernahmen (auch falls übersetzt) kenntlich zu machen und mit die Quellen zu zitieren sind.

2.4.7 Einheiten

Achten Sie auf eine präzise Angabe von Einheiten bei Formeln, Proportionalitäten, Graphiken, Tabellen, Ergebniszusammenstellungen (manchmal helfen dem Leser Einheitsangaben durchaus beim Verständnis der Zusammenhänge). Benutzen Sie konsistente Einheiten, vorzugsweise die internationalen Standardeinheiten (SI). In manchem Kontext sind auch atomare Einheiten akzeptabel, vorzugsweise dann, wenn die Einheiten a_0, E_0, t_0 auch tatsächlich explizit in die Formeln eingefügt sind und so eine Konsistenzprobe durch Einheitsvergleich möglich bleibt.

Nachdrücklich sei darauf hingewiesen, dass die Masseneinheit „unified atomic mass unit“ in u angegeben wird (und nicht als a.u., was die Abkürzung für „atomic units“ ist): $1u = 1.660\,54 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1/12$ der Masse des Kohlenstoffkerns). Die Masseneinheit in a.u. ist dagegen die Masse des Elektrons.

2.4.8 Grafische Darstellungen

Ein Feld, wo viel und intensiv gesündigt wird! Überlegen Sie sich bei jeder Darstellung, was sie bewirken, bzw. zum Ausdruck bringen soll. Natürlich gilt gerade für wissenschaftliche Texte das geflügelte Wort, nach welchem eine Abbildung mehr ist als 1000 Worte. Andererseits wird auf diese Weise häufig auch viel Datenmüll kommuniziert – auch in wissenschaftlichen Veröffentlichungen! So sind z.B. endlose Variationen von Parametern in numerisch berechneten Kurven – der Computer macht’s möglich – ein Ärgernis für den Leser, wenn sie nicht im Detail zu gutem Zwecke diskutiert oder zum Vergleich mit Messungen vorgestellt werden.

- Achten Sie auf eine **vernünftige Größe der Abbildungen und der Beschriftung**, die es dem Leser erlaubt ohne Lupe die Zusammenhänge, einzelne Datenpunkte und vor allem die Skalierung zu erkennen! Theoretische Ergebnisse sollte man nach Möglichkeit durch Linien, experimentelle Daten durch Symbole darstellen. Vermeiden Sie aber zu dünne Linien und Symbole.
- In aller Regel gehören **Fehlerabschätzungen** zu einer seriösen Dokumentation der Ergebnisse (auch Rechnungen sind fast immer fehlerbehaftet, z.B. wenn die Eingangsparameter bereits unscharf sind oder wenn Näherungen benutzt werden, die Computer Rundungsfehler akkumulieren etc.). Das ist auch bei der Ergebnisbewertung und beim

Vergleich von Experiment und Theorie oder mit Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen wichtig. Bei divergierenden Ergebnissen ist eine Erklärung zu versuchen bzw. eine Präferenz anzugeben!

- Benutzen Sie **einheitliche Schemata für Symbole, Fonts und Schriftgrößen** für Ihr ganzes Dokument. Achten Sie darauf, dass Ihre Symbole nicht größer sind als es der Messgenauigkeit entspricht und geben Sie explizite Fehlerbalken an. Fehlerbalken sind wirklich ganz wichtig, wenn man die Signifikanz von Messungen bewerten will!

- **Einheiten werden nach international gültiger Norm** charakterisiert durch z.B.

Intensität / Wcm^{-2} oder Impulsenergie/mJ.

Die häufig in englischsprachigen Zeitschriften benutzte Schreibweise Intensität [Wcm^{-2}] oder Impulsenergie [mJ] ist ziemlich unlogisch.

Benutzen Sie bitte für den Begriff *willkürliche Einheiten* die Abkürzung *willk. Einh.* oder engl. *arb. un.* und **nicht** *a.u.*. Letzteres steht nämlich allgemein für atomare Einheiten.

- Versuchen Sie, wo immer möglich, **funktionale Zusammenhänge** in Formeln oder Graphiken oder ein auffälliges, charakteristisches Verhalten von Messkurven mit qualitativen physikalischen Verständnis zu interpretieren (neben dem bloßen Verweis auf eine umfängliche Rechnung u.ä.).
- Bei der Darstellung von Experimenten wird man sich in Publikationen meist auf **schematische Skizzen** beschränken. Auch in einer Dissertationsschrift wird man solche zur Übersicht zeigen. Allerdings sollten die **kritischen einzelnen Aufbauten** in ihren essentiellen Punkten soweit möglich einigermaßen **maßstabgetreu und detailliert** mitgeteilt werden. Das heißt andererseits aber nicht, dass man jede Schraube im Sinne einer technischen Zeichnung (heute mit ACAD u.ä.) darstellt. Das bläht die Arbeiten unnötig auf, ohne den Informationsgehalt für den Leser zu erhöhen.
- Häufig fehlen Angaben über Nachweissystem, Datenaufnahme, Messalgorithmen etc. Zumindest als **Blockdiagramm** sollten diese Dinge mitgeteilt werden. Für kritische Bauteile und Messgeräte sind die Hersteller und Konstruktionsprinzipien zu nennen.

3 Publikation und Archivierung von Dissertationsschriften und Diplomarbeiten

Die schließlich geschriebene und als Leistung für eine Promotion anerkannte Arbeit nennt man *Dissertation(sschrift)*. Dissertationen, die ja intensiv referiert werden und stets neue wissenschaftliche Erkenntnisse beinhalten müssen, gelten als Publikationen im weiteren Sinne.

3.1 Veröffentlichung von Teilresultaten

Wenn Sie vorab Teilergebnisse veröffentlichen wollen, wie dies in der raschlebigen Wissenschaftswelt meist unverzichtbar ist, so müssen Sie dies daher vorab bei der Promotionskommission anzeigen. Eine formlose Mitteilung genügt.

3.2 Archivierung und Online Zugang

Die Dissertationsschrift selbst ist zu archivieren und beliebig lange sicher verfügbar zu halten. Früher musste der Doktorand dazu 70 Pflichtexemplare abliefern, die in verschiedenen Bibliotheken aufbewahrt wurden (eher erhielt er seine Promotionsurkunde nicht und durfte sich auch nicht Doktor nennen). Heute im Zeitalter der elektronischen Medien macht man das im *Online-Publishing* Verfahren über das *WWW*.

Die Berliner Universitäten stellen dafür spezielle Dienste bereit, derer Sie sich bedienen können und sollten. Für die FU geschieht das über ihre *Digitalen Dissertationen* <http://www.diss.fu-berlin.de/diss/content/below/index.xml> und ist dort ausführlich dokumentiert. Dort erhalten Sie auch die notwendigen Tools. Die Endfassung wird dabei mit ADOBE Acrobat erstellt. Es wird eine Kombination von HTML und PDF Dateien hinterlegt. Als Quelltexte können Sie dabei sowohl (das bei großen Dokumenten sehr unbequeme) Word wie auch das für Profis optimale, aber eine gewisse Fertigkeit erfordernde \LaTeX benutzen.

Auch wenn dies alles ein wenig aufwendig klingt. Der Aufwand sich einzuarbeiten lohnt sich allemal: zum einen werden Sie das Erlernte später für Veröffentlichungen und sonstige Dokumentationen gut gebrauchen können. Zum anderen bleibt Ihre Dissertation auf diese Weise lebendig und zugänglich für viele Jahre, ohne dass Sie sich persönlich darum zu kümmern brauchen.

Sie können diese aber jederzeit zitieren und darauf zugreifen (lassen).

3.3 Die Sprache

Noch wirksamer wird eine solche Publikation, wenn Sie sich dazu entschließen, die Arbeit in englischer Sprache zu schreiben. Englisch ist halt nun mal die Weltsprache der (Natur-) Wissenschaften und nur ein englischer Text, wie bedeutsam auch immer er sein möge, wird wirklich weltweit gelesen.

Inzwischen ist es kein Problem mehr, die Erlaubnis zur Einreichung einer englischsprachigen Dissertation zu erhalten. Sie , dazu lediglich rechtzeitig um Erlaubnis beim zuständigen Promotionsausschuss bitten. Diese wird in aller Regel gewährt. Eine richtige Erleichterung ist das natürlich für unsere ausländischen Gaststudenten. Auch allen deutschen Studierenden, die des Englischen hinreichend mächtig sind, sei diese Möglichkeit empfohlen.

3.4 Fortgeschrittene Werkzeuge für \LaTeX Texte

Am MBI stellen wir auf den Applikationsservern "Scientific Workplace (SWP)" zur Verfügung, eine leistungsfähige, nutzerfreundliche Oberfläche für \LaTeX und zugleich für MAPLE (oder Mathematika, wenn Sie das lieber mögen). Wer einmal mit SWP gearbeitet hat, wird nie wieder im Urgrund „TeXen“ wollen.