

Anhang C

Praktikumsberichte

C.1 Vorbemerkungen

Das Verfassen von Dokumenten ist im Bereich der Forschung, aber auch bei der beruflichen Tätigkeit in Industrie und Dienstleistungsbetrieben von grösster Bedeutung. Wissenschaftliche Ergebnisse werden zur Hauptsache in Form von *Artikeln* (*paper*) in dafür spezialisierten Zeitschriften publiziert. Die Herausgeber solcher Periodika stellen an jedes eingereichte Manuskript Anforderungen nicht nur bezüglich des wissenschaftlichen Gehalts, sondern auch bezüglich der Strukturierung des Texts. Formell ungenügende Manuskripte werden von den Herausgebern aller reputierten Zeitschriften ungeachtet ihres Inhalts abgewiesen. Allgemeine Hinweise für Autoren findet man im *ACS Style Guide*¹ der American Chemical Society, die Zeitschriften-spezifischen Regeln meist in den entsprechenden Januarheften.

Im Rahmen eines wissenschaftlichen Studiums ist es vor diesem Hintergrund sinnvoll, dem Verfassen von Berichten die nötige Sorgfalt zu widmen. Am zweckmässigsten erfolgt dies im Praktikum anhand der Laborberichte, in denen sich die theoretischen Grundlagen, die experimentellen Arbeiten und schliesslich die Resultate und Befunde in einem eigenständigen und informativen Dokument niederschlagen. Dieses soll so abgefasst sein, dass es im Idealfall den Charakter einer originalen Forschungsarbeit annimmt. Der Aufwand, der zu Beginn für das Abfassen eines Berichts aufgewendet werden muss, ist auf jeden Fall eine lohnende Investition im Hinblick auf jede spätere Tätigkeit. Damit ist zwangsläufig auch eine seriöse Auseinandersetzung mit Theorie, Experiment und Auswertung verbunden. Berichte schreiben soll deshalb nicht als allwöchentliche Schikane oder bestenfalls notwendiges Übel aufgefasst werden, sondern als Herausforderung, ein selbständig bearbeitetes Thema sachkundig darzustellen und letztlich zu „verkaufen“.

Mit dem Versuchsbericht dokumentiert die Autorschaft die durchgeführten experimentellen Arbeiten und die Auswertung der Messdaten. Er ist ein Ausweis für die Tätigkeit im Labor und den erfolgreich absolvierten Praktikumsversuch. Die im physikalisch-chemischen Praktikum geforderten Laborberichte bestehen aus dem eigentlichen Bericht sowie einem Anhang. Letzterer enthält alle für die Vorbereitung und Auswertung notwendigen Berechnungen und Zwischenergebnisse sowie ausführliche Fehlerrechnungen. Diese Strukturierung des Berichts ergibt einen übersichtlicheren und besser lesbaren Text, bei dem sich der eigentliche Untersuchungsgegenstand nicht in einem Wald von Details verliert (die dennoch wichtigen Einzelheiten können bei Bedarf dem Anhang entnommen werden).

C.2 Aufbau eines Praktikumsberichts

Ein vollständiger Bericht ist nach folgenden formalen Kriterien aufgebaut:

Titelseite: Der Suche nach einem aussagekräftigen Titel soll grosse Aufmerksamkeit geschenkt werden. Einerseits soll damit der Inhalt der Arbeit adäquat umrissen werden, andererseits darf er nicht zu lang und kompliziert sein – aber auch nicht zu allgemein. Die Versuchsbezeichnung ist kein geeigneter Berichtstitel!

Nach dem Titel folgen die vollständigen Namen der verantwortlichen Personen mit ihren E-Mail-Adressen sowie der Name des Assistenten.

Der *Abstract* fasst die wichtigsten Resultate in wenigen, aber präzisen Sätzen zusammen: Welche Problemstellungen wurden mit welchen Mitteln untersucht und was waren die hauptsächlichsten qualitativen und quantitativen Resultate? Die Zusammenfassung

¹ J.S. Dodd (ed.), *The ACS Style Guide, A Manual for Authors and Editors*, 2nd ed., American Chemical Society, Washington, DC, 1997.

enthält keine Formeln, Tabellen oder Darstellungen. Numerische Angaben müssen mit der richtigen Anzahl signifikanter Stellen gemacht werden.

Die Titelseite enthält ferner Ort und Datum. Mit ihren Unterschriften bezeugen alle Autoren, dass es sich um eine eigenständige Arbeit handelt.

Einführung: In der Einführung soll der eigentliche Untersuchungsgegenstand vorgestellt werden. Wie lautet das gestellte Problem und in welchem Zusammenhang steht dieses mit der Theorie des Versuchs? Die wenigen wirklich benötigten Formeln sind mit erläuterndem Text auf eine für die Auswertung geeignete Form angepassten Umfangs zu bringen. Alle verwendeten Symbole müssen definiert sein.

Experimentelles: Hier werden die verwendeten Chemikalien mit Herkunfts- und Reinheitsangaben aufgeführt und, soweit für den Versuch relevant, charakterisiert. (Toxizitätsangaben, Sicherheitsratschläge und Entsorgungsvorschriften gehören zwingend ins Laborjournal, aber nicht in den Versuchsbericht!) Verlangt werden ferner schematische und informativ beschriftete Zeichnungen von Versuchsaufbauten (keine Ansichtsfotos der Apparaturen) sowie die Beschreibung eines typischen Messvorgangs. Das Messprinzip ist darzulegen; ebenso sind die Typenbezeichnungen und wichtigsten Spezifikationen der verwendeten Apparaturen festzuhalten.

Resultate und Diskussion: In diesem Abschnitt werden die experimentellen Resultate präsentiert und erörtert. Die Beschreibung der durchgeführten Messungen muss stets so erfolgen, dass sie nachvollzogen werden könnten. Dabei muss nicht zwingend chronologisch vorgegangen werden, sondern so, dass die Abfolge der Experimente Sinn macht. Tabellen mit Messergebnissen und weiteren daraus berechneten Daten führt man nur auf, wenn ihre Präsentation Sinn macht; andernfalls verlegt man sie in den Anhang. Alle Tabellendaten und ermittelten Resultate sind korrekt mit ihren Einheiten und mit der erforderlichen Anzahl signifikanter Stellen anzugeben.

Graphische Darstellungen: (Vgl. dazu insbesondere den Anhang B auf den Seiten 546ff.) Alle Figuren sind entsprechend ihrer Abfolge im Bericht nummeriert. Sie enthalten *keine Titel*, dafür vollständige und ausführliche *Legenden*: Was genau zeigt die Abbildung und was ist die Botschaft? Die einzelnen Messpunkte werden (ausser bei Spektren u.Ä.) nicht miteinander verbunden, sondern als Symbole (Kreise, Quadrate usw.) in den Vordergrund gestellt; eine im Hintergrund verlaufende Kurve zeigt die theoretische, vermutete oder suggerierte Abhängigkeit. Graphik und Legendentext sollen weitgehend selbsterklärend sein. Die graphischen Darstellungen können entweder im Fliesstext untergebracht oder im Anhang beigelegt werden.

Diskussion: Die Resultate und deren Relevanz müssen ausführlich diskutiert werden: Welches sind die wichtigsten Resultate in qualitativer Hinsicht? Sind die Daten in sich konsistent? Wie reproduzierbar sind die Daten? Gibt es Ausreisser und sind sie erklärbar? Deckt sich das theoretisch vorhergesagte Verhalten mit den Daten über den ganzen gemessenen Bereich oder ist die Theorie nur über einen Teilbereich gültig? Man vergleiche die Resultate mit Literaturwerten (sofern vorhanden) oder mit Abschätzungen aus verwandten Literaturdaten: Wie erklären sich eventuelle Diskrepanzen? Wie steht es mit der Gültigkeit von vereinfachenden Approximationen und mit der Anwendbarkeit von Theorie und Modellvorstellungen auf das untersuchte System? Ist beim Experimentieren etwas Besonderes aufgefallen? Wo sind Probleme aufgetaucht und wie wurden sie behoben? Gibt es Schwächen im Versuchsaufbau? Wie liesse sich der Versuch optimieren?

Literatur: Die verwendeten Literaturquellen sind zu nummerieren und vollständig und korrekt anzugeben. Bezüglich der Gestaltung der Literaturzitate orientiere man sich an den Beispielen am Ende der Versuchskapitel in diesem Buch.

Anhang: Falls die Abbildungen nicht im Haupttextteil des Berichts eingebunden werden, fügt man sie – mit vollständigen Legenden – dem Anhang bei.

Im Anhang befindet sich immer eine Kopie des Laborjournals (Substanzangaben – Herkunft, Reinheit, R/S-Sätze –, Einwaagen, Details zur Herstellung von Lösungen, Apparaturskizzen usw.) und eine Sammlung der Rohdaten aller Messungen. Die Auswertungen und Fehlerfortpflanzungsrechnungen protokolliert man detailliert und vollständig, sodass sie bei Bedarf nachvollzogen werden können. Dazu gehören auch Listings von Computerprogrammen zur Auswertung.

Die wichtigsten Punkte, die beim Verfassen eines Praktikumsberichts berücksichtigt werden sollen, sind in Form einer Checkliste auf Seite 559 zusammengefasst.

C.3 Vorgehen beim Abfassen eines Praktikumsberichts

Die durchgeführten Arbeiten sind vollständig und für Dritte nachvollziehbar im Laborjournal festgehalten. Dieses dient als Quelle für die Auswertung der Messdaten. Für das Schreiben des Berichts empfehlen wir das folgende schrittweise Vorgehen:

1. Auswerten der Messdaten.
Erstellen aller graphischen Darstellungen.
Ausdrucken der Datentabellen und Computerprogramme (für den Anhang).
2. Schreiben der Legenden zu den Figuren.
3. Schreiben des Kapitels *Resultate und Diskussion*.
Präsentieren der Resultate mit u.a. Bezug auf die graphischen Darstellungen und Tabellen.
Diskutieren der Resultate.
4. Schreiben des Kapitels *Einführung*.
Aus den Resultaten geht hervor, in welchem Umfang theoretische Grundlagen in der Einführung anzugeben sind und welches die Untersuchungsziele sind.²
5. Finden eines geeigneten und aussagekräftigen Titels.
6. Schreiben der Zusammenfassung (*Abstract*).
7. Nachbearbeiten aller Berichtteile (Punkte 1–6) und Korrekturlesen durch alle Autoren.
Überprüfen auf Vollständigkeit.

² Das Abfassen der Einführung *nach* dem Kapitel *Resultate und Diskussion* mag zunächst irritieren, entspricht aber der realen Situation. Die Einführung ist nicht ein Forschungsplan, sondern eine Vorbereitung des Lesers auf den Gegenstand der Untersuchung und die Resultate.

C.4 Checkliste für Praktikumsberichte

Titelseite

1. Sind die Namen aller Beteiligten aufgeführt und haben sie alle unterschrieben? Sind Ort und Datum angegeben?
2. Hat der Bericht einen aussagekräftigen Titel, der auf den Inhalt Bezug nimmt?
3. Informiert der Abstract in knapper Form darüber, was im Verlauf des Versuchs bearbeitet, gemessen und ausgewertet wurde und welches qualitativ und quantitativ die wichtigsten Resultate sind?
4. Sind numerische Ergebnisse im Abstract korrekt mit der richtigen Anzahl Dezimalstellen und mit Einheiten angegeben? Keine Tabellen im Abstract!

Einführung

1. Habe ich das Wesentliche (wichtigste physikalisch-chemische Beziehungen, Art der Untersuchungsmethode) knapp und prägnant auf maximal zwei Seiten formuliert?
2. Habe ich alle verwendeten Größen und Symbole definiert bzw. erklärt?

Experimentelles

1. Habe ich alle verwendeten Instrumente mit Herstellernamen und Typenbezeichnung aufgeführt?
2. Habe ich alle verwendeten Substanzen aufgeführt und charakterisiert (Herkunft, Reinheit, Toxizität, relevante physikalisch-chemische Daten)?
3. Habe ich eine Skizze des Versuchsaufbaus angefertigt? Keine Photos!
4. Habe ich die Einzelheiten der Experimente und Messungen so geschildert, dass sie eine Kollegin oder ein Kollege selber nachvollziehen könnte?

Resultate und Auswertung

1. Habe ich die Rohdaten (soweit möglich) und die daraus ermittelten Größen sauber

und in übersichtlicher Weise zusammengefasst?

2. Sind die detaillierten Auswertungen, die ich im Anhang beifüge, klar, numerisch richtig und nachvollziehbar?
3. Habe ich im Text Verweise auf die Figuren und Tabellen, die ich im Anhang beifüge, gemacht?
4. Habe ich die Resultate mit Vertrauensintervallen und der korrekten Anzahl Dezimalstellen angegeben?

Graphische Darstellungen

1. Habe ich alle Figuren durchgehend nummeriert?
2. Habe ich alle Achsen vollständig mit Symbolen und Einheiten beschriftet?
3. Haben die Zahlenmarkierungen an den Achsen eine vernünftige Anzahl Dezimalstellen?
4. Falls mehrere Figuren miteinander verglichen werden: Habe ich gleiche Achsenbereiche verwendet?
5. Habe ich die Messwerte als einzelne Symbole gezeichnet und die Funktion $y(x)$ als Kurve (keine Zickzacklinie) eingetragen?
6. Habe ich allen unnötigen Ballast (z.B. Hintergrundfarben, Clip Art, Linien) aus den Figuren entfernt?
7. Hat jede Figur eine Legende, die kurz beschreibt, was in der Abbildung dargestellt ist? Keine Figuren-Überschriften!
8. Vermittelt jede Darstellung eine Botschaft? Habe ich diese in der Legende auch explizit formuliert?

Diskussion

1. Habe ich die wichtigsten Resultate meiner Untersuchungen auch qualitativ in Worten geschildert?
2. Habe ich die numerischen Ergebnisse kommentiert und mit vorhandenen Daten aus anderen Quellen verglichen?

C.5 Titelseite (Beispiel)

A	Physikalisch-chemisches Praktikum I Wintersemester 2005	Versuch Kinetik	
B	Temperaturabhängigkeit der Hydrolysegeschwindigkeit von 4-Nitrophenylacetat in wässriger Lösung		
	Maria Rossellini, Studiengang Chemie, 4. Semester E-Mail: maross@student.ethz.ch	C	
	Assistent: Max Freundlich		
D	<p>Abstract: 4-Nitrophenylacetat (4NPA, 4-Nitrophenylethyl-ester) wird in basischer wässriger Lösung hydrolysiert. Bei den gewählten Bedingungen verläuft die Reaktion nach einem Geschwindigkeitsgesetz pseudo-1. Ordnung bezüglich der 4NPA-Konzentration. Dank seiner bei 400 nm liegenden Absorptionsbande kann das Produkt 4-Nitrophenolat gut mit einem Spektrophotometer detektiert werden.</p> <p>Die Geschwindigkeit der Reaktion untersuchte man bei pH 10.0 im Temperaturbereich zwischen 25 °C und 48 °C. Aus der gemessenen zeitabhängigen Zunahme der Absorbanz $A(t)$ liess sich die effektive Geschwindigkeitskonstante k_{eff} durch nichtlineare Kurvenanpassung an die Messwerte bestimmen. Bei 25.4 °C wurde $k = 13.3 \pm 0.4 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ermittelt. Aus der Temperaturabhängigkeit von k_{eff} erhielt man eine Arrhenius-Aktivierungsenergie von $E_A = 85.6 \pm 0.9 \text{ kJ mol}^{-1}$ für die Bruttoreaktion.</p>		
E	Sessa TI, 10. Dezember 2005	 M. Rossellini	F

- A Bezeichnung des Praktikums, des Versuchs und des Semesters.
- B Aussagekräftiger Titel, der über den Inhalt der Arbeit informiert.
- C Name(n), Studiengang und E-Mail-Adresse der Autorschaft. Name des Assistenten.
- D Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse der Untersuchungen in knapper Textform. Korrekte Angabe der numerischen Ergebnisse. Keine Tabellen.
- E Ort und Datum der Berichterstellung.
- F Name(n) und Unterschrift(en).