

Studentische Arbeitshilfe Nr. 1

Anleitung zur Abfassung eines wissenschaftlichen Textes, wie Versuchsprotokoll und ggf. Veröffentlichung

Autor: Dr.-Ing. Jürgen Uhlemann

(Ausgabe 2004)

Inhalt

| | Seite |
|--|-------|
| 1. Einführung | 2 |
| 2. Gliederung einer wissenschaftlichen Arbeit | 3 |
| 2.1 Einleitung | 3 |
| 2.2 Material und Methoden | 3 |
| 2.3 Ergebnisse | 5 |
| 2.4 Diskussion | 7 |
| 2.5 Zusammenfassung | 8 |
| 2.6 Literatur | 8 |
| 3. Gestaltungshinweise | 9 |
| 3.1 Graphiken und Tabellen | 9 |
| 3.2 Textlayout | 14 |
| 4. Schlussbemerkungen | 14 |
| Anlage: Protokolldeckblatt | 16 |

1 Einführung

Diese Anleitung soll Sie beim Erstellen eines wissenschaftlichen Textes (Protokoll, Beleg u. s. w.) unterstützen. Dabei können Sie grundsätzlichen Regeln erlernen, die es Ihnen ermöglichen, später Ihre Diplomarbeit zu schreiben bzw. eine wissenschaftliche Veröffentlichung (englisch: paper) für ein internationales Fachjournal zu verfassen. Diese Anleitung will Ihnen helfen, Ergebnisse in der wissenschaftlichen Gemeinschaft korrekt darzustellen.

Ausgangspunkt jeder wissenschaftlichen Untersuchung ist gewöhnlich eine gute Idee, eine Hypothese oder eine Aufgabenstellung, um ein Problem zu lösen. Danach sind exakt erhobene Daten Grundlage jeder guten Arbeit.

Protokollieren Sie sehr sorgfältig, während Sie die Untersuchung durchführen; vertrauen Sie nicht auf Ihr Gedächtnis.

Nach kurzer Zeit haben Sie meist Details vergessen, vor allem bei der Fülle von Versuchen oder Messdurchläufen, die Sie an einem Praktikumstag durchführen. Notieren Sie sich daher auch im Moment scheinbar nicht zentrale Parameter (z. B. Temperatur, Druck, Strom und Spannung, Fluss u. s. w., wenn Sie ein Experiment durchführen). Nur anhand eines während der Experimente genau geführten Protokolls können Sie später herausfinden, was unter Umständen "schiefl gelaufen" sein könnte, wenn die ausgewerteten Daten nicht den Erwartungen entsprechen. Manchmal wird auch von Betreuern, Versuchsleitern und Gutachtern nach solchen Details gefragt. Es ist hilfreich, diese dann im Protokoll nachlesen zu können.

Bei Gruppenarbeit sollten mehrere Personen, die nicht unmittelbar mit der Durchführung der Datenerhebung betraut sind, gleichzeitig protokollieren. Falls Ihnen nicht klar ist, was Sie protokollieren sollen, wird Ihnen Ihr Betreuer gern weiterhelfen.

Der sprachliche Stil eines wissenschaftlichen Protokolls

Wissenschaftliche Arbeiten sind kurz und prägnant. Vermeiden Sie umständliche Darstellungen und verbale Beschreibungen. Überlegen Sie stets, ob das, was Sie schreiben, wirklich in direktem Zusammenhang mit Ihren Untersuchungen steht.

Beeindrucken Sie mit Qualität und nicht mit Quantität.

Legen Sie Wert auf eine **präzise Sprache und sachgerechte Formulierung**. Das heißt, verwenden Sie wissenschaftliche Fachausdrücke. Ausdrücke wie "etwa", "mehr oder weniger" und ähnliche Wörter sind nicht wissenschaftlich. Eine Formulierung wie: "Es wurde eine Speziallösung oder ein Spezialgerät verwendet" ist ebenfalls zu ungenau. Beschreiben Sie statt des Wortes "spezial" die genaue Funktion und Aufgabe des Gerätes beziehungsweise den genauer Versuchsplatzaufbau.

Jede **Abkürzung**, die Sie im Text oder in einer Formel verwenden, muss bei ihrem ersten Erscheinen erklärt werden. Davon ausgenommen sind lediglich die offiziellen SI-Einheiten (The International System of Units [1]).

Beispiel: Der Buchstabe m steht für Meter oder die Buchstaben cd stehen für Candela (Lichtintensität). Falls Sie viele Abkürzungen verwenden (mehr als 5), erstellen Sie am Anfang des Protokolls (vor dem Kapitel Einleitung) zusätzlich eine Liste mit allen Abkürzungen und ihren Bedeutungen. Zu viele Abkürzungen können jedoch den Lesefluss stören.

2 Gliederung einer wissenschaftlichen Arbeit

Jede wissenschaftliche Arbeit besteht zumindest aus folgenden Abschnitten:

- **Einleitung** (introduction)
- **Material und Methoden** (material and methods)
- **Ergebnisse** (results)
- **Diskussion** (discussion)
- **Zusammenfassung** (summary, abstract)
- **Literaturliste** (references)

Eine Zusammenfassung ist für ein einfaches Protokoll nicht notwendig. Eine Diplomarbeit oder wissenschaftliche Veröffentlichung enthält jedoch immer eine Zusammenfassung.

Die Logik hinter diesem System ist einfach:

- Welches Problem, welche Frage wurde studiert?
Die Antwort findet sich in der "Einleitung."
- Wie wurde die Frage, das Problem bearbeitet?
Die Antwort steht in "Material und Methoden".
- Welche Resultate wurden erzielt?
Die Antwort liest man im Abschnitt "Ergebnisse".
- Was bedeuten diese Resultate?
Die Antwort findet sich in der "Diskussion".

Diese Vorgehensweise hilft dem Autor, sein Manuskript (und damit auch seine Gedanken) richtig zu organisieren. Ebenso hilft eine klare Gliederung dem Leser, die Arbeit leichter zu verstehen. Versuchen Sie daher, schriftliche Protokolle immer nach dieser international üblichen Gliederung aufzubauen.

2.1 Einleitung

In der Einleitung wird das wissenschaftliche Problem (Fragestellung) definiert, welches untersucht wurde. Das ist nicht immer ganz leicht. Man muss dazu selbst verstanden haben, warum diese Arbeit wichtig ist. Versuchen Sie dem Leser zu erklären, warum gerade diese Untersuchungen so interessant sind. Machen sie den Leser neugierig auf das, was noch folgt. Zitieren Sie bereits in der Einleitung Literatur, die auf das Problem hinführt. Zeigen Sie auch den Hintergrund der Untersuchung auf. Sie helfen dem Leser dadurch, die Arbeit besser verstehen und einordnen zu können, ohne umständlich ältere Literatur lesen zu müssen. All das soll den Leser letztendlich auf die Definition des Problems hinführen, mit der die Einleitung gewöhnlich endet.

2.2 Material und Methoden

Dieser Abschnitt dient dazu, die kompletten Details der verwendeten Untersuchungsmethoden anzugeben. **Damit sollte es einem anderen Experimentator prinzipiell möglich sein, das Experiment zu wiederholen.** Die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen hängt wesentlich von einer sorgfältigen Beschreibung des Versuchsaufbaus sowie der Versuchsdurchführung ab.

Geben Sie in diesem Kapitel zuerst an, welche Objekte Sie untersuchten, welche Geräte und Hilfsmittel Sie verwendet haben. Für manche Details dürfen Sie - wenn möglich - auf eine frühere Arbeit verweisen, in der ein Gerät in allen Einzelheiten beschrieben ist. Der Leser muss Ihrer Arbeit aber trotzdem klar entnehmen können, unter welchen Bedingungen welche Daten erhoben wurden.

Untersuchungsobjekte

Zum Untersuchungsobjekt trägt man die maximal erreichbaren Informationen zusammen, um eine sichere Beschreibung des Arbeitsgegenstandes zu ermöglichen. Besonders wichtig sind Anschlussgrößen, Einsatzzweck (Betriebs-, Funktions- und Sicherheitsparameter), Hard- und Software sowie Medien und Messaufbauten. Die Besonderheiten, wie verwendetes Zubehör, spezielle Anordnungen, Umgebungsbedingungen u. ä. sollten im Sinne der Reproduzierbarkeit des Versuches erfasst werden.

Geräte

Für die verwendeten Geräte geben Sie nicht nur die Art des Gerätes wie z. B. "Verstärker" an, sondern auch das verwendete Modell sowie den Hersteller.

Beispiel: Patch clamp Verstärker EPC-7 (List-Medical/Darmstadt).

Wenn Sie mehrere Geräte zu einem Versuchsaufbau verbunden haben, dann beschreiben Sie diese Verbindungen beziehungsweise Verschaltungen. Hier kann eine kleine schematische Skizze für den Leser sehr wertvoll sein.

Chemikalien

Wenn Sie bei Ihren Untersuchungen Chemikalien verwenden, geben Sie diese mit ihrem vollen wissenschaftlichen Namen und deren Ursprung an.

Beispiel: Kaliumchlorid KCl (Sigma, St. Louis, USA).

Wenn Sie in Ihrem Experiment Lösungen verwenden, geben Sie auch deren genaue Zusammensetzung an. Also nicht nur: Als Badlösung wurde eine Ringerlösung verwendet, sondern Badlösung: 140 mmol NaCl, 5 mmol KCl, 2 mmol CaCl₂, 1 mmol MgCl₂, 20 mmol HEPES (N-2-Hydroxyethylpiperazine-N'-2-Ethanesulfonic acid), pH 7,2

Durchführung

Nach dem WOMIT beschreiben Sie, WAS Sie damit gemacht haben, also die methodische Durchführung Ihrer Experimente. Wie sind Sie konkret vorgegangen, um die Daten zu gewinnen? Beschreiben Sie nicht, was "man" theoretisch machen könnte, sondern was Sie tatsächlich gemacht haben.

Bei Laborexperimenten werden Sie normalerweise (aber nicht immer) den Versuchsablauf chronologisch beschreiben - so wie Sie ihn durchgeführt haben.

Datenaufnahme

Lassen Sie den Leser wissen, welche **Merkmale** (Variablen) Sie an Ihren Untersuchungsobjekten ermittelt haben, zum Beispiel: Strom, Spannung, Temperatur, Frequenz, Lichtintensität, Geschwindigkeit, Kraft, u. s. w.. Definieren Sie die Variablen eindeutig (z. B. nicht "Netzspannung" am Energieversorgungsteil, sondern "230 V AC ± 10 %"). Oft ist eine ausführliche Erläuterung notwendig, um eine Variable zweifelsfrei (nachvollziehbar!) zu definieren.

Bei dynamischen Vorgängen wird auch der **Zeitpunkt** der Datenerfassung von Bedeutung sein. Daten können z. B. isochron ermittelt werden (immer zum selben Zeitpunkt im Ablauf vergleichbarer Experimente) oder es werden die Maximalwerte von Impulsen unabhängig

vom Zeitpunkt des Auftretens erfasst. Bei physikalisch basierten Experimenten sind Drücke, Temperaturen, Temperaturgänge, Lichtverhältnisse, Gaskonzentrationen u. a. auch im Bereich der Umgebungsverhältnisse von Bedeutung. Machen Sie daher ausreichende Angaben dazu.

Geben Sie hier auch den **Stichprobenumfang** für jede Beobachtung und die Anzahl der Wiederholungen bei jedem Experiment an.

Datenanalyse

Anschließend beschreibt man, wie man die Daten analysiert und miteinander verglichen hat. Die besten Daten nutzen nichts, wenn sie nicht sorgfältig ausgewertet werden. Führen Sie an, ob Sie

- a) die Rohdaten miteinander vergleichen,
- b) die Rohdaten umgewandelt haben und nun sogenannte transformierte Daten verwenden (zum Beispiel durch Umwandlung der Rohdaten in Prozentangaben, oder durch Logarithmierung der Rohdaten u. s. w.) oder
- c) Daten aus statistischen Analysen miteinander vergleichen (zum Beispiel Mittelwerte [wenn ja, welche] oder Mittelwerte und Streuungen).

Fast immer muss eine statistische Analyse durchgeführt werden. Erläutern Sie die eingesetzten Verfahren und ob Sie parametrische oder nicht parametrische (verteilungsfreie) Tests angewandt haben. Geben Sie Quellen für alle Verfahren an.

Haben Sie ein Softwarepaket zur Analyse eingesetzt, dann geben Sie hier den Namen der Software, die Versionsnummer und den Hersteller an.

Anmerkung

Geben Sie in diesem Abschnitt nur die Fakten zur Methodik an. Haben Sie Verbesserungsvorschläge oder gar Grund, die Brauchbarkeit der Methode anzuzweifeln, so ist dies im Abschnitt "Diskussion" auszuführen.

2.3 Ergebnisse (Resultate der Experimente)

Im Gegensatz zu manch verbreiteter Unsitte sollten sich in diesem Abschnitt **keine methodischen Details** finden. Der Ergebnisteil ist auch nicht nur eine reine Abschrift Ihres Protokolls, das sie während der Versuche mitgeschrieben haben. Besonders im Ergebnisteil gilt: Achten Sie auf **äußerste Präzision, sowie eine klare und vor allem einfache Darstellung**, denn die Ergebnisse sind das, was Sie anderen eigentlich mitteilen wollen.

Darstellung der Daten

Im Ergebnisteil werden die Messdaten entweder als Rohdaten oder in einer transformierten Form, sowie dazugehörige Berechnungen und statistische Analysen präsentiert. Umfangreiche Rohdatenlisten beeinträchtigen allerdings die Übersichtlichkeit und werden sinnvoller Weise im Anhang platziert. An ihre Stelle treten **Graphiken und statistische Kennwerte**.

Zu beachten ist, dass die Werte immer in der richtigen, international üblichen Einheit angegeben werden. Zumeist werden die SI-Einheiten verwendet. Sollten Sie aus zwingenden Gründen davon abweichen, so begründen Sie kurz Ihre Entscheidung und geben einmalig die Umrechnung der nicht SI-konformen Einheit in die Si-Einheit an.

Der rote Faden

Es macht einen guten Eindruck, wenn sich im Aufbau des Ergebnisteils ein logisches experimentelles Vorgehen widerspiegelt.

Also

- welche Frage ist zuerst untersucht worden,
- was ist dabei herausgekommen.

Dann wird man überlegen, welche neue Frage sich davon ableiten lässt, wie wurde sie bearbeitet und was waren die Ergebnisse. Eine solche logische Ordnung entspricht vielleicht nicht immer dem chronologischen Arbeitsablauf, macht es aber leichter, die Bearbeitung des Problems zu verstehen.

Beispiel: In einem Versuch zur Charakterisierung der Substratoberfläche beginnen Sie mit der Aufnahme eines Oberflächenprofils mittels Laserabtastung. Zunächst reicht eine Mantellinie über kurze Distanzen zur Darstellung der Profiltiefe P_t , um sich in der Größenordnung der Rauigkeit zu orientieren. In der weiteren Abfolge sind Abtastspuren über normgerechte Bezugslängen im kartesischen Koordinatensystem möglich, um die Rauigkeitskenngrößen zu ermitteln. Schließlich ist ein Flächenscan zur Abrundung der Ergebnisse zweckmäßig und in der Weiterführung des wissenschaftlichen Anliegens sollte die freie Oberflächenenergie an einem zweiten Versuchsort bestimmt werden.

Der Ergebnisteil sollte so aufgebaut sein, dass man die Entwicklung des Problems vom Einfachen zum Komplizierten, vom Grundsätzlichen zum Speziellen verfolgen kann.

Abbildungen und Tabellen

Oft ist es angebracht, die Daten in Form von Graphiken oder Tabellen aufzubereiten bzw. auf Originalabbildungen und Originalaufzeichnungen zu verweisen. Um den Überblick nicht zu verlieren, ist es notwendig, Abbildungen und Tabellen voneinander getrennt durch zu nummerieren. Wenn im Text auf eine Abbildung verwiesen wird, führt man die entsprechende Abbildungsnummer an. Eine Angabe wie: "siehe Abbildungen im Anhang" ist nicht sehr hilfreich. Für den Leser ist es dann schwierig, die passende unter möglicherweise zahlreichen Abbildungen zu finden. Richtig heißt es: "siehe Abbildung 5 im Anhang".

Jede Abbildung oder Tabelle muss mit einer Legende versehen werden, in der erklärt wird, worum es in dieser Abbildung oder Tabelle geht. Worauf verweist ein eventuell eingezzeichneter Pfeil oder Stern in der Abbildung, was bedeuten die verwendeten Symbole (Beispiele: n = Drehzahl, M = Moment)? Falls Sie Abbildungen aus anderen Arbeiten einfügen oder modifizieren, so muss darauf in der Abbildungslegende verwiesen werden. Dabei stehen die Tabellennummer und –bezeichnung oberhalb der Tabelle und die Bildnummer und –bezeichnung unterhalb des Bildes.

Berechnungen

Im Ergebnisteil werden auch die Berechnungen aus den Rohdaten eingearbeitet.

Beispiel: In einem Lastkreis tritt ein Spannungsimpuls auf. Man hat den dazu fließenden Strom gemessen und möchte nun den Widerstand im Lastkreis ausrechnen. Hierzu gibt man das erste Mal die entsprechende Formel an, nach der die Berechnung durchgeführt wurde. Formeln werden durch Ziffern in runder Klammer neben der Formel durchnumeriert. Die Formeln sollten linksbündig, etwas eingekückt untereinander stehen. Für die Nummerierung empfiehlt sich ein rechtsbündiger Tabulator.

Beispiel:

$$U = R \cdot I \quad (1)$$

Im Weiteren kann man sich immer wieder auf Formel (1) beziehen, ohne sie jedes Mal neu angeben zu müssen. Wichtig ist es, dass Sie nicht vergessen, jedes Symbol einer Formel

beim ersten Mal zu erklären und die Dimension anzugeben (in unserem Beispiel: U = Spannung in V, R = Widerstand in Ω , I = Strom in mA).

Statistik

Unterziehen Sie Ihre Daten abschließend einer statistischen Analyse, falls genügend Messwerte erfasst wurden. Nur so können Sie die Signifikanz der Ergebnisse (besteht ein statistisch bedeutsamer Unterschied zwischen Kontrollwert und Versuchswert?) richtig beurteilen. **Literaturzitate werden in den Ergebnissen nur in Ausnahmefällen angeführt. Eine Diskussion der Resultate oder Vergleiche mit anderen Arbeiten sind hier nicht angebracht.** Das ist dem nächsten Teil der Arbeit vorbehalten.

2.4 Diskussion (Bedeutung der Ergebnisse)

Die Diskussion ist wohl der am schwierigsten zu schreibende Abschnitt. Vielfach zerstören Autoren durch eine mangelhafte Diskussion ihre ganze Arbeit, obwohl die Ergebnisse vielleicht interessant und richtig sind. Eine zu lange Diskussion weist oft darauf hin, dass sich die Autoren nicht ganz sicher sind, was ihre Ergebnisse eigentlich bedeuten. Versuchen Sie daher nicht alles in einem konfusen Wirrwarr zu ersticken. Beziehen Sie sich immer konkret auf Ihre gewonnenen Ergebnisse. Eine zu kurze Diskussion von zwei, drei Sätzen lässt oft den Schluss zu, dass sich die Autoren nicht richtig mit der Materie befasst haben. Es gilt also auch hier ein ausgewogenes Mittelmaß zu finden. Man sollte immer die Tatsache im Auge behalten: **Die Ergebnisse werden hier diskutiert und nicht noch einmal wiederholt.**

Wie fange ich eine Diskussion an?

Ihr Vorlesungswissen oder die Hinweise des Betreuers werden manchmal einer ersten Orientierung dienen, wo Sie mit der Diskussion beginnen sollen. Von dort ausgehend, werden Sie versuchen sich relevante Literatur zum Thema zu besorgen.

Goldene Regeln, um eine gute Diskussion zu schreiben

- Welches Problem, welche Frage wurde studiert? Zeigen Sie, inwieweit Ihre Ergebnisse und Interpretationen mit Ergebnissen in der Literatur übereinstimmen oder auch ihr widersprechen. In Anfängerübungen werden als Quellen meist Lehrbücher oder Standardwerke (Monographien) herangezogen. In fortgeschrittenen Lehrveranstaltungen des Hauptstudiums werden Sie auch Originalarbeiten aus Fachjournalen verwenden.
- Zeigen Sie auf, welche Punkte Ihrer Ergebnisse nicht zum bisherigen Kenntnisstand passen. Definieren Sie ungelöste Probleme und diskutieren Sie mögliche Ursachen. Gehen Sie auf Fehlerquellen in ihrer Untersuchung ein und machen Sie Angebote zu besseren Klärung der Sachverhalte. Versuchen Sie nie, Unstimmigkeiten zu vertuschen.
- Versuchen Sie, Prinzipien, Beziehungen zu bereits Bekanntem und Grundlegendem - so weit es aus den Ergebnissen folgt - darzustellen.
- Vergewissern Sie sich, dass Sie die richtigen Schlüsse aus Ihren Untersuchungen ziehen.
- Zeigen Sie ruhig auch mögliche theoretische Zusammenhänge auf, die sich aus Ihrer Arbeit ergeben, und beschreiben Sie mögliche praktische Anwendungen. Stellen Sie also einen möglichen Praxisbezug her.

- Eine kurze kompakte Schlussfolgerung am Ende soll noch einmal die wichtigsten Gedanken zusammenfassen.

Zeigen Sie in Ihrem Protokoll durch intensive Auseinandersetzung mit der Literatur, dass Sie **die Materie studiert und die Bedeutung der Experimente verstanden** haben.

Literatur richtig im Text zitieren

Achtung: Verwenden Sie hierbei die *Empfehlung für die Ausarbeitung wissenschaftlicher Arbeiten "WIARB97.ZIP" bzw. "WIARB97.PDF"*, die unter der Adresse des Prüfungsamtes unserer Fakultät <http://www.et.tu-dresden.de/fakultaet/pruefungsamt.html> abgelegt sind und die Ausarbeitung *Zitieren im Internet.doc* von Frau Dr. Morgenstern (IBMT).

2.5 Zusammenfassung (wichtige Etappen der Aufgabenlösung)

Die Zusammenfassung sollte in einer Diplomarbeit den Umfang von 2 Seiten DIN A4 nicht überschreiten, in einer Präsentation sind es wenige Zeilen. Die Zusammenfassung enthält kurze aussagefähige Sätze aus den Arbeitsetappen der Aufgabenlösung und gestattet einen Ausblick auf **offene** Fragen und noch **zu lösende** Probleme. Das ist kein Eingeständnis der eigenen Unzulänglichkeit, sondern ein Zeichen der wissenschaftlichen Gründlichkeit und des Weitblicks. Damit zeigt man dem Nachfolger seine Arbeitsmöglichkeiten auf.

2.6 Literatur

In der Literaturliste werden **nur jene Literaturstellen angeführt, die auch im Text erwähnt** worden sind. Es sollte allerdings auch nichts fehlen, was in den vorhergehenden Kapiteln zitiert wurde.

Ordnen Sie die in Ihrer Literaturliste angeführte Literatur alphabetisch nach dem Namen der jeweiligen Erstautoren. Ein Lehrbuch oder eine Arbeit, die Sie mehrfach zitiert haben, müssen Sie in der Literaturliste nur einmal anführen.

Regeln zu Reihung der Autoren

Grundsätzlich werden die Literaturzitate alphabetisch angeordnet. Wenn ein Autor Alleinautor ist und mehrere Arbeiten von ihm zitiert werden, dann erfolgt die Anordnung innerhalb dieses Blocks nach dem Publikationsjahr der einzelnen Arbeiten.

Beispiel 1: Müller, D. (1968):
Müller, D. (1972):
Müller, D. (1996):

Wenn der gleiche Autor als Erstautor einer Autorengruppe mit wechselnden Koautoren mehrmals zitiert wird, dann erfolgt die Reihung innerhalb dieses Blocks alphabetisch anhand des Zweit- oder Drittautors und nicht anhand des Publikationsjahrs.

Beispiel 2: Müller, D.; Huber, W. & Maier, C. (1996):
Müller, D.; Maier, C. & Huber, W. (1992):

Hat ein Autor oder eine Autorengruppe, mit der genau gleichen Abfolge der Autoren, im gleichen Jahr mehrere Arbeiten publiziert, die zitiert werden, dann wird an die Jahreszahl ein kleines "a", "b" "c" und so weiter angehängt.

Beispiel 3: Müller, D. (1996, a):
Müller, D. (1996, b):
Müller, D. (1996, c):

Dieses "a", "b" oder "c" richtet sich nach dem erstmaligen Zitieren der jeweiligen Arbeit im Text. Auch im Text steht dann entsprechend: Müller (1996,a) zeigt.....

Das genaue Layout einer Literaturliste (ob das Erscheinungsjahr in Klammer steht oder nicht, wo welche Interpunktions gesetzt werden) variiert von Fachjournal zu Fachjournal. Daher gibt es diesbezüglich keine allgemein gültige Regel - man sollte in **einem** Dokument jedoch auf Einheitlichkeit achten!

3 Gestaltungshinweise

3.1 Graphiken und Tabellen

Grundsätzlich erhalten jedes Bild, jede Abbildung, jede Graphik und Tabelle fortlaufende Nummerierungen und eigene Bezeichnungen. Die Bildnummerierungen und Titel stehen links- oder randbündig unter dem Bild, die Tabellennummerierungen und -bezeichnungen stehen links oberhalb der Tabelle (vgl. Beispiele).

Tabelle 1: Elastizitätsmoduln von biologischem Material und anorganischen Substanzen

| Material | Elastizitätsmodul in GPa |
|-------------|--------------------------|
| Knochen | 29 |
| Kohlenstoff | 23 |
| Titan | 105 |
| Vitallium | 210 |

Vielfach wird es notwendig sein, die gewonnenen Daten als Graphik darzustellen. In einer Graphik soll man sozusagen auf den ersten Blick sehen, was in einem Experiment geschehen ist. Deshalb ist auch die Bezeichnung so zu wählen, dass der Leser die Darstellung auch ohne die entsprechende Textpassage versteht (vgl. Bild 1 Seite 10).

Layout

Ein gutes Graphiklayout berücksichtigt verschiedene Aspekte. Die Daten sollten möglichst kompakt dargestellt sein und wichtige Informationen "auf einen Blick" transportieren. Dabei darf die Übersichtlichkeit nicht unter der Menge der dargestellten Details leiden. Im Vordergrund steht bei einer wissenschaftlichen Graphik **die Informationsvermittlung und nicht das "Beeindrucken"**. Alle Werte sollten daher gut ablesbar und interpretierbar sein. Nutzen Sie das Blattformat für Bildbreite- und Höhe gut aus! Vermeiden Sie Verzerrungen, die beim Betrachter unbewusst zu einer falschen Interpretation führen. Geschickt eingesetzte Bezugslinien und -erläuterungen,

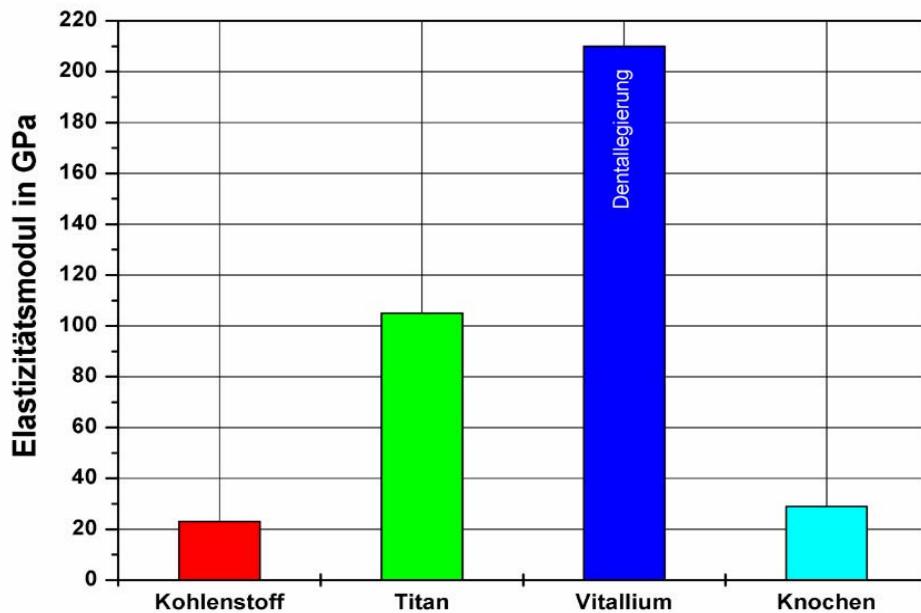


Bild 1: Elastizitätsmodul von Kohlenstoff im Materialvergleich

Legenden und Piktogramme können die Informationsaufnahme erleichtern, sollten aber ausschließlich diesem Zweck dienen. Farbige Graphen und bunte Hintergründe sind für Präsentationen und Poster geeignet, aber nicht für schriftliche Ausarbeitungen.

Müssen zusammengehörige Informationen auf mehrere Graphiken aufgeteilt werden, so ist darauf zu achten, dass die Vergleichbarkeit erhalten bleibt. Dies betrifft die Skalierung der Achsen (siehe unten) wie auch die verwendeten Symbole und Linienarten. Wenn möglich sollten zusammengehörige Graphiken auch auf einer oder gegenüberliegenden Seiten im Manuskript angeordnet werden, um den optischen Vergleich zu erleichtern.

Werkzeuge

Verfallen Sie nicht dem Glauben, dass "der Computer (die Software) schon weiß", welche Graphik für Ihre Daten richtig ist. Die meisten Graphikprogramme wurden für die Bedürfnisse der Wirtschaft und nicht für jene der Wissenschaft entwickelt (z. B. Excel)!

Aber auch wissenschaftlich orientierte Software (SigmaPlot, SPSS, Microcal ORIGIN u. a.) kann nicht wissen, was Ihre Daten ausdrücken und welche Graphik für die Analyse Ihrer Fragestellung geeignet ist. Widerstehen Sie vor allem der 3D-Versuchung - es geht in erster Linie um eine klare Darstellung der Daten und erst sekundär um ein "zugkräftiges" Layout. Eine dreidimensionale Darstellung erschwert mitunter durch die räumliche Perspektive das Ablesen der Werte, manchmal wird es sogar unmöglich.

Bitte lösen Sie sich von der scheinbaren Unfehlbarkeit des Computers und arbeiten Sie auch im einfachen mit Blei- und Buntstift gezeichneten kartesischen oder Euler'schen Koordinatensystem (Messpunkte, Kurvenlineal, Achsenbezeichnungen). Während der Versuchsdurchführung ist ein planares Koordinatensystem mit deutlicher Maßeinteilung, Achsenbeschriftung, Maßeinheiten und freihandgezeichneten Kurvenverläufen außerordentlich hilfreich.

Diagrammtyp

Zur richtigen Wahl des Diagrammtyps sind oft grundlegende Kenntnisse erforderlich. Sie hängt wesentlich von folgenden Kriterien ab:

1. Art der Variablen in der Abszissenzuordnung (qualitative Merkmale wie lineare / nicht-lineare Teilung; äquidistante Abschnitte u. s. w.)
2. Art der Parameter in der Ordinatenzuordnung (quantitative Merkmale, die in einer Reihenfolge angeordnet werden, wie nach der Größe "klein", "mittel", "groß" u. s. w.)
3. Art der quantitativen Ordinatenwerte (quantitative Merkmale wie Wert, Zahl, Betrag und zugehörige Maßeinheit)
4. Einzeldaten (Rohdaten oder transformierte Daten) oder statistische Kennwerte (Mittelwert)
5. Anzahl der Werte (Stichprobenumfang)
6. Art des Zusammenhangs zwischen den Werten auf der Ordinate und Abszisse

Wenn sie statistische Kennwerte verwenden, so ist es unumgänglich sie richtig zu kombinieren. Insbesondere der viel verwendete Mittelwert sollte nie ohne ein Maß für Streuung (z. B. Standardabweichung, standard deviation, SD) oder Schätzfehler (standard error, SE oder Vertrauensgrenzen, confidence interval, CI) eingesetzt werden. Welches der beiden gewählt wird, hängt von der Fragestellung ab.

➤ *Balkendiagramme (bar charts)*

Ein Balkendiagramm wird zumeist dann verwendet, wenn Häufigkeiten von nominalen und ordinalen Variablen dargestellt werden sollen.

a) *Beispiel für eine nominale Variable*

Sie messen die Positioniergenauigkeit eines Koordinatentisches bei unterschiedlichen Verfahrgeschwindigkeiten. Die Abweichungen vom Zielort betragen $\pm 0,075 \mu\text{m}$, $\pm 0,12 \mu\text{m}$ und $\pm 0,2 \mu\text{m}$. Die Höhe der Balken entspricht dann der Abweichung an den Geschwindigkeitsorten.

b) *Beispiel für eine ordinale Variable*

Sie untersuchen die Positioniergenauigkeit eines Koordinatentisches bei unterschiedlichen Verfahrgeschwindigkeiten und berücksichtigen dabei die Drehrichtung der Schrittmotoren (Flankenspiel am Bewegungsgewinde). Die Höhe eines Balkens entspricht dann der Zielabweichung in Abhängigkeit von der Anfahrrichtung des Ziels.

Wenn es darum geht, Mittelwerte mehrerer Gruppen graphisch zu vergleichen, dann wird auch auf das Balkendiagramm zurückgegriffen. Vergessen Sie in diesem Fall nicht, SD oder SE aufzutragen.

➤ *Punkt- oder Liniendiagramme (line chart)*

Für die Darstellung von Mittelwerten können an die Stelle der Säulen im Balkendiagramm auch einfache Symbole (Punkte) treten. Natürlich wird man auch in dieser Art der Darstellung SD oder SE einzeichnen.

Ein Liniendiagramm wird man dort einsetzen, wo ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Datenpunkten besteht. Verbinden Sie die einzelnen Datenpunkte nur, wenn es Sinn macht, das heißt, auch wirklich eine Zusammengehörigkeit besteht, zum Beispiel die Veränderung einer Variablen mit der Zeit.

Beispiel: Oberflächenenergie

Die nominelle Adhäsionsenergie (Ordinatenwert) von vier verschiedenen Standardprüfflüssigkeiten auf den Oberflächen von zu untersuchenden Materialproben wird am Ort des jeweiligen Energiequotienten (polarer dividiert durch dispersiver Energieanteil) der Prüfflüssigkeiten (Abszissenwert) aufgetragen. Die miteinander verbundenen Messpunkte folgen einer Geradengleichung der zugehörigen Materialprobe. Die Lage der Geraden sagt etwas über das energetische Verhalten des Materials gegenüber der Anwendungsumgebung aus.

➤ *Kreisdiagramme (pie charts)*

Kreisdiagramme sind ähnlich wie Balkendiagramme für die Darstellung von Häufigkeiten geeignet. Sie machen dann Sinn, wenn der Anteil weniger Gruppen (bis maximal 10) am Ganzen hervorgehoben werden soll. Verwenden Sie Kreisdiagramme **nur** für nominale Variablen.

Beispiel: Sie untersuchen in Messintervallen von jeweils 15 Minuten eine Stunde lang die Impulsanzahl einer Anordnung. Damit ergeben sich vier Kreissektoren unterschiedlicher Größe (Werteangabe in Prozent oder Absolutzahlen) für vier Messzyklen.

➤ *Histogramme (histograms)*

Im Histogramm lässt sich die "**statistische Verteilung**" der Werte - eine wichtige Eigenschaft einer metrischen Variablen - erkennen. Rein optisch gleicht das Histogramm auf den ersten Blick dem Balkendiagramm. Sie können es jedoch von diesem unterscheiden, da in einem Histogramm die einzelnen Balken nicht durch Abstände getrennt sind, sondern direkt aneinander grenzen. Man verwendet es, wenn Verteilungen studiert werden sollen.

Beispiel: Die Verteilung der Grauwerte in einem Bild.

➤ *Streudiagramme (scatter plots)*

Zur Darstellung der Abhängigkeit zwischen zwei metrischen Variablen verwenden Sie ein Streudiagramm. Es sieht in Vielem dem Punkt- oder Liniendiagramm ähnlich. Die einzelnen Messwerte werden als Symbole (Punkte) aufgetragen. Zur Darstellung verschiedener Gruppen können unterschiedliche Symbole verwendet werden.

Beispiel: Die Bestimmung der nominellen Adhäsionsenergie an Materialoberflächen mittels vier verschiedener Prüfflüssigkeiten durch eine acht Probanden umfassende Studentengruppe.

Was auf welche Achse

Üblicherweise wird die sogenannte "unabhängige" (eingestellte, vorgegebene) Größe auf der Abszisse, die "abhängige" (darauf reagierende) Größe auf der Ordinate aufgetragen. Fragen Sie Ihren Betreuer, wenn Sie unsicher sind, wie Sie die Daten auftragen sollen, er wird Ihnen gerne weiterhelfen.

Wie skaliere ich eine Graphik richtig

Wenn man sich für eine Form der Graphik entschieden hat und weiß, was auf welcher Achse aufzutragen ist, muss man sich mit der Skalierung der Achsen beschäftigen. Das ist ein äu-

Der kritische Punkt in der Gestaltung einer Graphik. Man kann **bei falscher Skalierung seine Ergebnisse verzerrn, Informationen verlieren oder Unterschiede vortäuschen**, die nicht relevant sind.

Die Skalierung einer Graphik orientiert sich zunächst immer am Maximalwert der eingetragenen werden soll. **Nutzen Sie das Darstellungsfenster maximal aus!**

Beispiel: Wenn die Werte auf der y-Achse von 5 bis 89 schwanken, dann wird man die y-Achse von 0 bis 95 skalieren. Der Maximalwert soll nämlich nicht mit dem Ende der Achse zusammenfallen. Falsch wäre es, die y-Achse von 0 bis 200 zu skalieren. Damit würde eine Verzerrung eintreten und man könnte möglicherweise bedeutende Unterschiede nicht mehr erkennen. Außerdem besteht die Graphik dann hauptsächlich aus einer leeren weißen Fläche.

Wenn man mehrere Graphen des gleichen Typs anfertigen muss und diese vergleichbar sein sollen, dann orientiert man sich wieder am Maximalwert - dieses Mal aber am Maximalwert aller Daten. Nach diesem Maximalwert wird nun der erste Graph skaliert (man kann ein sog. TEMPLATE erstellen). Alle folgenden Graphen zeichnet man nun mit exakt der gleichen Skalierung. Man darf also nicht mehr die automatische Skalierung der Graphiksoftware verwenden, sondern muss sie manuell vornehmen und für jeden Graph auf den gleichen Wert einstellen. Hier kann es durchaus passieren, dass einmal etwas mehr weiße Fläche in einer Graphik entsteht. In so einem Fall wird man das zu Gunsten der besseren Vergleichbarkeit in Kauf nehmen.

Kurvenanpassung

In manchen Fällen werden sie eine "Kurve fitten". Das heißt Sie versuchen, ein theoretisches Modell in Form einer Gleichung an die Datenpunkte anzupassen, z. B. eine Dosis-Wirkungs-Kurve, oder eine Regressionsgerade. Gute Software enthält bereits mathematische Grundfunktionen, die Sie auf Ihre Messwerte anwenden können. Darüber hinaus lassen sich mathematische Funktionen adaptieren.

Beschriftungen und Abbildungslegende

Jede Achse in einer Graphik muss (!) mit der **dargestellten Variablen** und deren **Maßeinheit** beschriftet werden. Es reicht nicht darauf zu verweisen, dass dies ja ohnehin irgendwo im Text erwähnt ist. Dabei ist auf eine mathematisch korrekte Darstellung der Einheiten zu achten, im Deutschen heißt das z. B.: "I in mA" und "t in s", wohingegen in englischen Publikationen häufig "I [mA]" und "t [s]" verwendet wird. Ebenso ist es sinnvoll, bei Balken- und Punktdiagrammen sowie Box und Whiskerplots für die dargestellten Gruppen nach Möglichkeit aussagekräftige Bezeichnungen zu verwenden anstatt von Codes oder Abkürzungen, die an anderer Stelle des Textes erklärt werden. Fenster und Schriftfelder sollten in der Graphik untergebracht und gegebenenfalls mit Bezugslinien an die Kurven geheftet werden.

Die Zeichengrößen für die Symbole und Beschriftungen einer Graphik sollten so gewählt werden, dass sie auch ohne Lupe leicht lesbar sind.

Jede Abbildung sollte auch eine **Legende** haben. Darin wird erklärt, was auf der Graphik zu sehen ist. Wenn die Erklärung der verwendeten Symbole nicht schon als Box in die Graphik eingefügt wurde, werden sie ebenfalls in der Legende angeführt. Verweisen Sie für die Erklärung einer Graphik nur in Ausnahmefällen auf den Text. Im Idealfall kann ein Leser beim Durchblättern Ihrer Arbeit aus den Graphiken und deren Legenden die Quintessenz herauslesen, ohne sich in den Text zu vertiefen. Im Zeitalter der Informationsflut wird diese Strategie immer wichtiger.

3.2 Textlayout

Schenken Sie auch der Sprache, in der Sie das Protokoll verfassen, ein wenig Ihrer Aufmerksamkeit. Korrigieren Sie Grammatik und Rechtschreibung - die automatische Rechtschreibkorrektur Ihrer Textverarbeitung kann Ihnen dabei helfen. Gegenwärtig ist es noch Ihnen überlassen, die *neue* oder die *alte* Rechtschreibung zu verwenden. Vermischungen sind jedoch unzulässig!

Um Worthäufungen zu vermeiden, kann ein Thesaurus (z. B. Menü Extras in Word) verwendet werden. Wichtige Begriffe (Fachtermini, sinntragende Worte) sollten aber in wissenschaftlichen Abhandlungen konsequent gleich verwendet werden. Dies erleichtert dem Leser die Aufnahme Ihrer Gedankengänge, auch wenn dadurch die "literarische Qualität" der Arbeit etwas leidet.

Setzen Sie Interpunktionszeichen und Leerzeichen richtig (Tabelle 2). Ein Leerzeichen wird nach Interpunktionszeichen (;,:?!), aber nicht davor gesetzt. Bei Verbindungen von Zahlenwerten und Einheiten sowie bei Abkürzungen empfiehlt es sich "geschützte Leerzeichen" zu verwenden (bei MS-WORD: "Shift+Strg+Leertaste"), sie vermeiden damit ein "Auseinanderreißen" am Zeilenende und ein übermäßiges Dehnen bei Blocksatz. Beachten Sie den Unterschied zwischen Gedankenstrich (es ist kalt - vor allem im Winter) und Bindestrich (Winter-Kälte). Das Dezimaltrennzeichen ist im Deutschen ein Komma, im Englischen dagegen ein Punkt. Das Tausendertrennzeichen ist dagegen im Deutschen ein Punkt und im Englischen ein Komma (Tabelle 3). Vermeiden Sie daraus resultierende Verwirrungen.

Tabelle 2: Beispiele für häufige Fehler bei der Verwendung von Leerstellen

| falsch | richtig |
|----------------------|--------------------|
| (1953) | (1953) |
| 1mm, 2% | 1 mm, 2 % |
| Beispiel : | Beispiel: |
| St.Wolfgang | St. Wolfgang |
| 1-2 | 1 bis 2 |
| 2+3 | 2 + 3 |
| z.B. | z. B. |
| Substrat - Halterung | Substrat-Halterung |
| " sprechen " | "sprechen" |

Tabelle 3: Trennzeichen

| | deutsch | englisch |
|---------------|-----------------|----------|
| Dezimal | 0,01 | 0.01 |
| Zifferngruppe | 1.000 (tausend) | 1,000 |

Bei Aufzählungen, die in einem Satz stehen, werden die einzelnen Anstriche auch wie Aufzählungen im Satz behandelt, d. h. der erste Buchstabe wird NICHT generell groß geschrieben und der letzte Anstrich endet gegebenenfalls mit dem Satzpunkt (Beispiel siehe S. 3).

4 Schlussbemerkungen

Versuchen Sie Ihre Protokolle nach diesen Richtlinien zu schreiben. Trennen Sie klar nach Material und Methoden, Ergebnissen sowie Diskussion. Manches mag Ihnen vorerst als überflüssig, umständlich oder gar als Schikane erscheinen. Beachten Sie aber, dass das Abfassen von Protokollen eine kleine Vorübung auf das Schreiben Ihrer Diplomarbeit bzw. einer späteren Veröffentlichung ist.

In der Anlage ist ein Deckblatt (Vorlage) für ein Versuchsprotokoll enthalten, dass alle wesentlichen Angaben zum Versuch und seinen Bedingungen enthält. Durch die persönliche Kennzeichnung des Protokollanten ist auch eine individuelle Bewertung der Leistung möglich. Die Datierung ist für eine fristgemäße Leistungsbewertung notwendig. Der Kursleiter kommentiert das Dokument und bewertet die Ergebnisse (in der Regel entsprechend der gültigen Diplomprüfungsordnung unserer Fakultät).

Das Versuchsprotokoll erhält der Studierende zur weiteren Verwendung noch in der laufenden Prüfungsperiode zurück.

Quellenangabe:

[1] Volkmann, Peter: *Größen und Einheiten in Technik und fachbezogenen Naturwissenschaften*, VDE-Verlag GmbH, Berlin-Offenbach, 1998

Anlage: Vorlage Protokolldeckblatt

Literatur: http://www.zoologie.sbg.ac.at/anleit_wiss_protocol.htm in <http://www.sbg.ac.at/home.htm>

Autor: Thomas M. Weiger u. a., Universität Salzburg, Institut für Zoologie, Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg

Für vorliegendes Arbeitspapier habe ich die Ausführungen aus oben genannter Quelle verwendet und einige auf unsere Ingenierätigkeit bezogene Ergänzungen vorgenommen.

Redaktion: Dr.-Ing. Jürgen Uhlemann

Ausgabe: \Arbeitshilfe 1 Vers. 09_2004.doc

