

Naturwissenschaftliche Maturarbeiten

Die Anleitung für Einsteiger, Teil 3

1 Einleitung

Im letzten Teil geht es nur noch um die formale Darstellung der Arbeit. Das ist ein vergleichsweise kleiner Fisch, aber führt immer wieder zu unnötigen Scherereien und Punktabzügen. Dies ist umso ärgerlicher, als dass das definitiv eine Baustelle ist, die nur und ausschliesslich mit Fleiss und Sorgfalt zu tun hat.

Die vorliegenden Ergänzungen *ersetzen* überall dort die Vorgaben des Vademecums, wo eine Differenz besteht. Dies ist dadurch begründet, dass im naturwissenschaftlichen Bereich z.T. spezifische Gebräuche und Konventionen gelten. Da naturwissenschaftliche Texte in Büchern und Journalen meist in der Schriftfamilie Times gesetzt sind, wird dieser Standard auch in dieser Anleitung verwendet und wird für Maturaarbeiten dringend empfohlen.

Im Zweifelsfall müssen/sollen auch formale Dinge mit dem Betreuer besprochen werden. Das Ziel jeder Arbeit ist ein einwandfreies, lesenswertes Endprodukt.

2 Aufbau der Arbeit

Eine wissenschaftliche Arbeit orientiert sich am wissenschaftlichen Forschungsprozess. Sie sollte logisch und leserfreundlich aufgebaut werden. Das Grundprinzip jeder wissenschaftlichen Arbeit besteht aus:

2.1 Titelblatt

Informationen vgl. Vademecum Kap. 3.3.1

2.2 Inhaltsverzeichnis

Informationen vgl. Vademecum Kap. 3.3.1

2.3 Haupttext (Vorwort, Einleitung, Theorie-Methoden-Resultate, Fazit, Nachwort)

Vorwort

- kann persönlich formuliert sein
- vgl. Vademecum
- eigene Bezüge zur Arbeit
- kurz halten (ca. eine halbe Seite)

Einleitung

- Darstellung der Problematik und/oder Projektziele
- Bedeutung und Stellenwert des Themas in einem grösseren Zusammenhang, Wichtigkeit des Projekts etc. aufzeigen
- unformaler Abschnitt, der für jedermann verständlich sein sollte
- thematische Hinführung zur Fragestellung anhand eines Beispiels, einer aktuellen Begebenheit
- ev. Rechtfertigung der Themenstellung
- ev. Abgrenzung des Themas bzw. Eingrenzung oder Aufteilung der Hauptfrage
- ev. Formulierung der Hypothesen/Fragestellungen
- ev. Vorgehen bei der Behandlung des Themas bzw. Inhalt der Arbeit

Theorie-Methoden-Resultate

- wissenschaftlicher Hauptteil der Arbeit
- enthält alle Resultate und Folgerungen
- Definition themenbezogener Begriffe
- Vorstellung der Untersuchungsmethodik
- Darstellung und Diskussion der vorhandenen Daten zu jeder Hypothese/Fragestellung
- Präsentation der Ergebnisse zu jeder Hypothese/Fragestellung
- Angabe der Datenquellen mittels Anmerkungen oder Zitaten
- weiterführende Gedanken als Anmerkungen anführen
- Zusammenhang mit der in der Einleitung gestellten Fragestellung aufrechterhalten

Fazit (=Conclusion)

- allgemein verständliche, zusammenfassende Stellungnahme zu den erreichten Resultaten
- Wertung und Einordnung
- Erkenntnisfortschritt aufzeigen, welchen die durchgeführte Arbeit erzielte

- kritische Anmerkungen zur Methodik
- ungelöste Fragen, Forschungslücken aufzeigen
- Ausblick auf künftig zu erwartende Entwicklungen, Hinweis auf mögliche weitere Forschung
- ev. eigene Beurteilung und Meinung

Nachwort

- kann persönlich formuliert sein
- Dank
- Erfahrungsbericht
- kurz halten (ca. eine halbe Seite), kann auch mit dem Vorwort kombiniert werden

2.4 Literatur-/Quellenverzeichnis

Informationen siehe unten

2.5 Anhang

Aufführung zusätzlicher, weiterführender Materialien, die für die Arbeit von Interesse sind, den Rahmen der eigentlichen Arbeit aber sprengen würden, z.B.: umfangreiche Tabellen, grössere Karten, Originaldaten, wichtige Originaltexte, Zeitungsausschnitte, Illustrationen, Textauszüge, Bildmaterial etc.

3 Haupttext: Allgemeines

Jede wissenschaftliche Arbeit sollte ein einziges Ziel haben: Sie sollte für jeden, der bereit ist, sich auf die Arbeit einzulassen, einen klaren, logischen Weg von den Grundlagen bis hin zu den erhaltenen Resultaten aufzeigen. Der Leser der Arbeit ist ein „Kunde“, dem man sein „Produkt“ verkaufen möchte. In der Wissenschaft ist es überlebenswichtig, gelesen und zitiert zu werden, was mit dem Bild aus der Wirtschaft übereinstimmt. Konkret bedeutet das:

- Jeder Lesende – auch eine mathematisch und wissenschaftlich ungebildete Person – sollte die Einleitung, die Problemstellung und die Schlussfolgerungen verstehen können.
- Lesende mit dem Zielniveau der Arbeit (bei einer Maturaarbeit sind das durchschnittliche, aber interessierte Maturanden) sollten die ganze Arbeit verstehen können, wenn sie sich Mühe geben, die Gedankengänge und die ange deuteten Überlegungen/Rechnungen nachzuvollziehen.
- Das bedingt, dass in jedem Bereich der Arbeit zuerst der rote Faden, die Idee erklärt werden muss. Erst danach geht man in die Tiefe und die Idee wird mit eventuell komplexen Mitteln weiter untersucht und präzisiert. Schemata, Diagramme und Bilder sind für die Veranschaulichung der Problematik gute Mittel.
- Fachbegriffe müssen in jedem Fall genau und umfassend erklärt werden. Wenn Inhalte schwierig sind, muss die Sprache umso einfacher werden. Kurze, klare Sätze sind Pflicht.
- Klarheit in der sprachlichen Darstellung ist erst möglich, wenn Klarheit in den Gedanken herrscht. Sind dem Verfasser Teile der Arbeit oder Definitionen nicht genügend klar, ist es unmöglich, eine gute Erklärung zu schreiben.

Viele der bedeutendsten Wissenschaftler der Vergangenheit zeichneten sich in den oben erwähnten Punkten besonders aus. Ein gutes Beispiel ist Albert Einstein, dessen Arbeiten (zumindest die Einleitungen) durch extreme Klarheit bestechen und problemlos verstanden werden können.

4 Haupttext: Regeln

Zusätzlich gibt es einige formale und inhaltliche Regeln, die in der Wissenschaft üblich sind. Die Aufzählung ist nie vollständig, und kann von Journal zu Journal oder von Fach zu Fach leicht variieren. Standards muss man vor dem Verfassen einer Arbeit abklären. Für die Maturaarbeiten in den Naturwissenschaften gilt generell:

- Mit Ausnahme des Vorwortes und des Nachwortes (inkl. Dank), die eigentlich nicht zum fachlichen Teil der Arbeit gehören, sind alle Teile der Arbeit *unpersönlich formuliert*. Formulierungen wie „...wir haben..“, „...habe ich..“ und „...hat man...“ kommen nirgends vor, sondern „...die Messwerte zeigten einen Trend...“, „...anschliessend wurden die Daten...umgerechnet...“, „...Probleme ergaben sich vor allem..“ usf.
- Die Beschreibung der Theorie erfolgt meist in der *Gegenwart* („Der pH-Wert ist definiert als... und ist eine wesentliche Grösse zur Beschreibung von...“), während die experimentellen Arbeiten und Resultate meist in *Vergangenheit* beschreiben werden („Zur Messung von...wurde ein Messgerät der Firma...verwendet“ und „Beim ersten Messdurchlauf ergaben sich durchwegs unbrauchbare Werte...“).
- Als *Schriftsatz* wird die Schrift Times oder Times New Roman gewählt, Zeilenabstand 1, Textgrösse 12pt bis minimal 10pt. Andere Schriften sind (zumindest in Word) unzweckmässig, da sie nicht zu den mathematischen Formelsätzen passen (insbes. griechische Symbole, Formelzeichen von Microsoft Equation!).

- *Formeln* werden in eigenen Zeilen abgesetzt seitenzentriert dargestellt, und zwingend in mathematischem Formelsatz gesetzt (Word Formel-Editor, Microsoft Equation oder ähnliche Programme). Vorsicht: Der von Word angebotene Formeleditor „Symbol“ eignet sich nicht, stattdessen sollte der Editor unter „Objekte einfügen → Formel Editor (oder Microsoft Equation)“ verwendet werden. Es gilt:
 - Formelzeichen immer kursiv;
 - Masseinheiten und Zahlen nie kursiv;
 - definierte mathematische Funktionsnamen (sin(), exp(), ln(), ...) nie kursiv;
 - Bruchstriche, hoch- und tiefgestellte Indices nach den allgemeinen Standards;
 - Klammern mit automatischer Grössenanpassung;
 - Vektorzeichen, Sonderzeichen etc. gemäss den allgemeinen Standards verwenden;
 - bei stark formalen Arbeiten macht es Sinn, die Formeln durchzunummerieren.
- *Formeln* sind – auch wenn sie abgesetzt in einer Zeile stehen – Teile des Textes. Sie müssen in die umgebenden Sätze als vollwertige grammatikalische Bestandteile eingearbeitet und mit den richtigen Satzzeichen versehen werden. Ein schlechtes Beispiel:

„Der Druck ist durch die folgende Formel definiert:

$$p = \frac{F}{A}$$

Man kann nun...“

Ein gutes Beispiel:

„Die physikalische Grösse Druck p beschreibt die Belastung einer Oberfläche A durch eine wirkende Kraft F . Formal ist die Grösse durch den Ausdruck

$$p = \frac{F}{A}$$

gegeben, mit dem man nun...“

- „Kleine“ *Formeln* oder einzelne *Formelzeichen* können auch normal im Text gesetzt werden. Es gelten aber dieselben Regeln wie für die abgesetzten Formeln, was die Kursivschrift betrifft. Formeln mit Bruchstrichen kann man nicht im Text setzen, da sonst der Zeilenabstand vergrössert wird. Eine Ausnahme sind gebrochene Masseinheiten, die im Text in der Form 13.5m/s oder 13.5ms^{-1} gesetzt werden dürfen.
- Der Umgang mit *Zahlen* ist reglementiert, so gilt z.B.:
 - wissenschaftliche Darstellungsweise mit Zehnerpotenzschreibweise oder Masseinheiten-Vorsilben benutzen; Bsp.: *falsch*: 0.00000344m ; *korrekt*: $3.44 \cdot 10^{-6}\text{m}$ oder $3.44\mu\text{m}$;
 - Anzahl signifikanter Stellen nach den Kriterien der Fehlerrechnung angeben.
- Zu jeder *Figur*, jedem *Bild* und *Diagramm* gibt es eine (durchnummerierte und gegenüber dem Haupttext leicht eingerückte) Bildlegende, die den Inhalt des Objekts (unabhängig vom Text) noch einmal kurz erklärt. Bilder/Diagramme samt Legenden müssen selbsterklärend sein (...viele Leute schauen nur die Titel der Arbeit und die Bilder an...).
- Generell neigen viele Autoren dazu, in ihren Texten extrem oft *Doppelpunkte* zu verwenden, weil man von den eigenen Gedanken (=„direkte Rede“) her kommt. Doppelpunkte als Stilmittel in wissenschaftlichen Arbeiten sollten SEHR sparsam (= kaum je) verwendet werden!
- *Kapitel* sollten *digital nummeriert* sein und verschiedene Hierarchiestufen aufweisen (1. Haupttitel, 1.1 Erster Untertitel, 1.2 Zweiter Untertitel, ...). Je höher die Hierarchiestufe, desto grösser der Titel. Für alle Titel wird aber die fette Version der Standardschrift (Times fett) verwendet. Als Faustregel für eine 30-seitige Arbeit kann man sagen:
 - nicht mehr als drei Hierarchiestufen verwenden;
 - ein Titel/Untertitel, auf den nicht mindestens (!) eine Viertelseite Text folgt, kann sicher weggelassen werden. Arbeit nicht überstrukturieren!
- Jedes experimentell oder via Simulation erhaltene Resultat muss mit einer sauberen *Fehlerrechnung* ausgestattet werden. Sowohl statistische wie auch systematische Fehler müssen erhoben und im Text besprochen und nachgewiesen werden. Angaben von Fehlerbalken in Diagrammen ist Pflicht, genügt aber alleine nicht.
- Erhaltene *experimentelle Resultate* müssen einerseits *dargestellt*, zweitens *ausgewertet*, und drittens *diskutiert* werden. Zur Darstellung werden die Daten tabellarisch oder als Diagramm aufbereitet, zur Auswertung gehört eine korrekte Umrechnung in eine leicht verständliche Form und eine Fehlerrechnung. Zur Diskussion gehören insbesondere der Vergleich mit der Theorie oder den Erwartungen und die Erklärung von eventuellen Abweichungen mittels wissenschaftlich sauberen, logischen Überlegungen und Hypothesen.
- Wenn selber ein *Programmcode* erstellt wird, muss dieser Code erklärt werden. *Codefragmente* – also Ausschnitte oder Variablenamen aus dem Code – werden typischerweise in einer anderen Schriftart – meist in **Courier** – gesetzt, damit sie nicht mit formalen Variablen oder mit Text verwechselt werden.

- *Fussnoten* werden nur dann (und sehr sparsam) gesetzt, wenn eine Randinformation zu einer Textpassage, die im Textkörper selber aus irgendwelchen Gründen störend wirkt, zwingend angegeben werden muss. Quellenverweise gehören nicht in eine Fussnote (vgl. unten!).

5 Leitfaden Quellenverzeichnis (Bibliographie)

Es gibt nur *ein einziges* Quellenverzeichnis, in dem alle schriftlichen, mündlichen und elektronischen Quellen angegeben werden. Andere Bezeichnungen fürs Quellenverzeichnis sind „Bibliographie“, „Quellen“, „Literatur“, „Schrifttum“ (veraltet) usf., aber der Begriff Quellenverzeichnis ist der modernste und präziseste.

5.1 Inhalt des Quellenverzeichnisses

Grundsätzlich gehört das gesamte geistige Eigentum, das nicht ausschliesslich selber vom Autor stammt, ins Quellenverzeichnis:

- gedruckte und digitale/elektronische Literatur, die bei der Bearbeitung der Arbeit gelesen wurde;
- gedruckte und digitale/elektronische Literatur, aus der zitiert wird;
- gedruckte und digitale/elektronische Literatur, die als weiterführendes Studium zu einzelnen Teilen der Arbeit empfohlen werden könnte;
- gedruckte und digitale/elektronische Nachschlage-, Tabellen- oder Datenwerke, die während der Arbeit benutzt wurden;
- Bilder, Tabellen, Karten etc., die nicht selber erstellt wurden, sondern aus anderen Quellen entstammen (auch, wenn diese direkt von anderen Personen erhalten wurden!);
- direkte mündliche Hilfestellungen, sofern sie konkret und entscheidend für die Arbeit sind (darunter fallen die normalen Beratungsgespräche mit einer Betreuungsperson nicht, wenn aber eine wesentliche, zündende Idee von der Betreuungsperson stammt, ist sie im Quellenverzeichnis zu zitieren).

5.2 Zitationsweise im Text

In der deutschsprachigen Literatur besteht kein einheitliches System zur Angabe verwendeter Quellen. Allen Zitationsweisen gemeinsam ist aber der oben erwähnte inhaltliche „Sinn und Geist“. Für Arbeiten im naturwissenschaftlichen Bereich hat sich in den letzten Jahren aber v.a. in Publikationen in Journalen ein einheitlicher und sinnvoller Stil durchgesetzt, der im Folgenden empfohlen wird.

- Jeder Quellenverweis besteht im laufenden Textkörper aus einer eckigen Klammer, in die die Quellennummer und – falls sinnvoll – die Seitenzahl integriert ist: [13] oder [13, S.112ff].
- Alle Quellen werden nach der Reihenfolge ihrer Nennung im Text fortlaufend und aufsteigend nummeriert. Jede Quelle (=Buch, Artikel, Internetseite, ...) bekommt so bei ihrer ersten Nennung eine Quellennummer, die bei jedem zusätzlichen Verweis auf diese Quelle entsprechend im Text eingesetzt wird. Im Quellenverzeichnis werden die Quellen ebenfalls in aufsteigender Reihenfolge (also nach ihrer Quellennummer) aufgelistet.
- Je nach Situation gibt es gewisse Anpassungen. Die wichtigsten Beispiele sind im Folgenden aufgeführt:
 - *Bsp. 1: normaler Quellenverweis.* Im Text wird auf unabhängige Studien zum Zürichsee verwiesen.
Textpassage: Der Zürichsee wurde schon in den Jahren 1980 und 1975 auf Schadstoffe untersucht [11-13; 14 S.35ff; 15].
Erklärung: die Quellen 11, 12, 13, 15 sind kurze Quellen, die über Untersuchungen des Zürichsees Auskunft geben, z.B. dreiseitige Papers in Journalen, während Quelle 14 beispielsweise ein Buch ist, wo eine Seitenangabe nötig ist.
 - *Bsp. 2: Bildlegende.* Eine Figur stammt aus einer fremden Arbeit.
Bildlegende: Abb. 3: Darstellung des Temperaturverlaufs im März 2008 [56].
Erklärung: In der kurzen Quelle [56] findet man entweder genau dieses Bild oder zumindest die Daten dazu.
 - *Bsp. 3: Ein ganzer Satz/Abschnitt wurde wörtlich aus einer Quelle entnommen.* Das kommt in den Naturwissenschaften eigentlich nur äusserst selten vor, zum Beispiel wenn man einzelne Sätze, die von gewichtigen Persönlichkeiten geschrieben wurden, hervorheben möchte, oder wenn man ein besonders interessantes Zitat aus einer Arbeit im Folgenden belegen oder widerlegen möchte. Wenn man Inhalte allgemeiner aus einer Arbeit zitiert, formuliert man es selber um (Zitationsweise: siehe Bsp. 4).
Textpassage: „[There is] at present no definite evidence to believe that X-rays and γ -rays are (...) different kinds of radiation.“ [17, S. 34].
Erklärung: Der ganze Abschnitt vor der Zitationsangabe entstammt wörtlich der Quelle [17]. Man setzt Anführungs- und Schlusszeichen und zitiert in der Originalsprache, kurze Auslassungen von einem bis mehreren

Wörtern werden mit ... gekennzeichnet, Auslassungen von ganzen Sätzen oder Satzteilen mit (...). Sinngemässe eigene Ergänzungen (z.B. fehlende Satzanfänge) werden in eckige Klammern [...] gesetzt.

- *Bsp. 4:* Ein ganzer Abschnitt wurde sinngemäss aus Quellen entnommen.

Textpassage: Bla, bla, bla... ..bla¹.

Fussnote: ¹Ganzer Abschnitt sinngemäss nach [18, S. 11; 19, S. 21-22].

Erklärung: der ganze Abschnitt vor dem Fussnotenverweis (Zitationsangabe) entstammt sinngemäss den Quellen [18] und [19]. Wenn ein ganzes Kapitel so einer Quelle entnommen wurde, kann man die Fussnote auch beim Kapiteltitel setzen.

- *Bsp. 5:* Sekundärzitate.

Textpassage: Schon in Einsteins Arbeiten tauchen erste Verweise auf den Begriff der schweren Masse auf [19, S. 34; zit. in [22]].

Erklärung: In der Arbeit [19] findet sich ein Verweis auf die Arbeit [22]. Solche Sekundärzitate werden nur gemacht, wenn man wirklich genau auf diese Verknüpfung der Arbeiten [19] und [22] hinweisen will, sind also eher selten.

5.3 Zitationsweise im Quellenverzeichnis

Das Quellenverzeichnis ist – wenn überhaupt – nur in zwei Teile gegliedert, nämlich das *Quellenverzeichnis* und die *weiterführende Literatur*. Alle Werke, die direkt im Text zitiert werden, somit für den Text relevant sind und vom Autor studiert wurden, tauchen der Reihe nach im Quellenverzeichnis auf. Alle Quellen, die für den Leser als weiterführende Literatur ebenfalls nützlich sein könnten, aber nicht zitiert wurden, tauchen unter dem Nebentitel „Weiterführende Literatur“ auf. Die Nummerierung der Quellen geht bei der weiterführenden Literatur weiter. Die Unterscheidung zwischen Quellenverzeichnis und weiterführender Literatur ist nicht nötig, kommt aber in grösseren Arbeiten manchmal vor. Im folgenden Beispiel werden alle relevanten Möglichkeiten dargestellt.

Quellenverzeichnis

- [1] Autor A. und Meier B., „Die Schichtung des Zürichsees“, *Spektrum der Wiss.* **12/2009**, 12-23 (2009).
- [2] Kogan V. G. et al., „Topological defects in high-temperature superconductors“, *Phys. Rev. B* **58**, 9427 (1998).
- [3] Pais A., „Inward Bound“, Clarendon Press, Oxford (1986).
- [4] Hochfelder H., <http://www.weltwoche.ch> (Zugriff: 09.03.1998).
- [5] Meier H., private Mitteilung (12.03.2004).
- [6] Steiner B., „Der Fall Mühlbach“ in: Aerni K. und Herzig H. (Hrsg.), „Historische und aktuelle Verkehrsgeographie der Schweiz“. *Geographica Bernensia*, Bern, Heft 18, 212 (1997).

Weiterführende Literatur

- [7] Hinterberger H., „Principles of Background Radiation“, Springer Verlag, München (1977).
- [8] Ohrenstein G. und Mislik G. H., „On fundamental particles“, *Phys. Rev. Lett.* **455**, 3312 (2001).

Erklärungen

- Generell: bei einem Autor schreibt man Nachnamen und Initiale des Vornamens (z.B. [3]), bei zwei Autoren beide Namen mit „und“ dazwischen (z.B. [1]), ab drei Autoren den Namen des ersten Autors und dann „et al.“ (z.B. [2]).
- Quellen [1], [2] und [8] entstammen Journalen. Wenn kein Titel bekannt ist, kann man ihn weglassen. Die Interpunktion ist Standard, ebenfalls, dass man die Nummer des Journals fett druckt. Die Abkürzungen der meisten Journale sind international festgelegt (!) Die korrekte Zitationsweise kann meistens online beim entsprechenden Journal abgefragt werden.
- Quellen [3] und [7] sind Bücher. Autor, Titel, Verlag und Ersterscheinungsjahr sind zu setzen. Interpunktion so wie im Beispiel.
- Quelle [4] ist eine Internetangabe. Wenn der Autor der Seite unbekannt ist, wird er weggelassen. Das Zugriffsdatum auf die Webpage ist anzugeben.
- Quelle [5] ist eine mündliche Mitteilung oder eine privat erhaltene Abbildung o.ä.
- Quelle [6] ist eine Arbeit aus einem Sammelband. Die Arbeit befindet sich auf S.212, stammt von Herrn Steiner, und die anderen beiden Herren sind die Herausgeber des Sammelbands.

Nachtrag

Es gibt immer auch Quellen, die nicht in die obigen Beispiele passen. Man versucht dann, eine sinnvolle Erweiterung des Systems zu generieren.