

**Anleitung**  
**für eine**  
**experimentelle Maturaarbeit**  
**im Fach**  
**Biologie**

Dr. Peter Salzer und Dr. Christine Baader  
Gymnasium Muttenz,  
im Dezember 2015

# Inhalt

<b>1 Zielsetzung der naturwissenschaftlichen Maturaarbeit</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Die Bedeutung von Experimenten in der Biologie und Chemie</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Die Spielregeln, wie man richtig experimentiert</b> .....	<b>2</b>
3.1 Eine klare und eindeutige Fragestellung ist der Schlüssel zu jedem Experiment .....	2
3.2 Pro Versuch darf nur ein Parameter verändert werden.....	3
3.3 Die richtigen Kontrollversuche sind das A und O eines jeden Experiments .....	3
<b>4 Führung eines Laborjournals</b> .....	<b>4</b>
<b>5 Gliederung Ihrer Maturaarbeit und Bedeutung der einzelnen Abschnitte</b> .....	<b>7</b>
5.1 Generelle Gliederung einer naturwissenschaftlichen Arbeit .....	7
5.2 Deckblatt .....	7
5.2.1 Titel der Arbeit.....	7
5.2.2 Autor(en) der Arbeit, Datum und Ort der Durchführung der Arbeit .....	8
5.3 Inhaltsverzeichnis.....	9
5.4 Vorwort mit Danksagung.....	9
5.5 Einleitung .....	10
5.6 Material und Methoden.....	12
5.7 Ergebnisse.....	13
5.8 Diskussion .....	14
5.9 Zusammenfassung.....	14
5.10 Literaturverzeichnis .....	15
5.11. Abkürzungsverzeichnis.....	17
<b>6 Schreibstil und Regeln zum Verfassen Ihrer naturwissenschaftlichen Maturaarbeit</b> .....	<b>18</b>
6.1 Der naturwissenschaftliche Sprachduktus und der Einbau von Abbildungs- und Tabellenhinweisen in den Text.....	18
6.2 Darstellung und Beschriftung von Abbildungen .....	19
6.3 Darstellung von Tabellen .....	21
6.4 Zitieren im Text und Quellenangaben bei übernommenen Daten und Abbildungen.....	21
6.4.1 Zitieren in naturwissenschaftlichen Texten.....	21
6.4.2 Wann muss man wie in den Geisteswissenschaften zitieren? .....	22
6.4.3 Wie zitiert man Internetquellen im Text? .....	22
6.4.4 Wie kennzeichne ich Abbildungen, die aus anderen Arbeiten oder dem Internet stammen? .....	23
<b>7 Umfang, Schrifttyp, Schriftgröße und Seitenränder meiner Maturaarbeit</b> .....	<b>24</b>
<b>8 Redlichkeitserklärung</b> .....	<b>24</b>
<b>9 Beispiel für Bewertungsbogen einer Maturaarbeit in Biologie</b> .....	<b>25</b>

## 1 Zielsetzung der naturwissenschaftlichen Maturaarbeit

Nach der Projektarbeit sind Sie in der Lage

eine mit biologischen oder chemischen Methoden bearbeitbare Fragestellung zu formulieren, die Regeln der Durchführung praktischer biologischer und chemischer Arbeiten anzuwenden, Daten mathematisch sinnvoll auszuwerten, zu interpretieren und adäquat darzustellen, biologische und chemische Arbeiten formal korrekt zu schreiben.

## 2 Die Bedeutung von Experimenten in der Biologie und Chemie

In der Chemie gehören Experimente seit Alters her zum Repertoire der angewendeten Arbeitsmethoden. Praktische Versuche waren es, die zur Erfindung alltäglicher Dinge wie Seifen, Kunststoffe oder Autoreifen führten. Chemische Analysen spielen in unserem täglichen Leben eine wichtige Rolle. Denken Sie beispielsweise an Schadstoffkontrollen bei Lebensmitteln oder Qualitätskontrollen in der Pharmaindustrie.

Auch in der Biologie wird das Experiment zunehmend zum wichtigsten Weg, neue Erkenntnisse zu gewinnen. Waren es in früheren Zeiten die exakte Beobachtung und Beschreibung, die zu neuem Wissen führten, wird der Erkenntnisfortschritt in der Biologie heute vermehrt durch Experimente erzielt. Viele Fragen lassen sich oft mit relativ einfachen Versuchen experimentell beantworten. Was dazu benötigt wird, ist etwas Phantasie und das Wissen um die Spielregeln, wie Experimente wissenschaftlich exakt durchgeführt werden.

## 3 Die Spielregeln, wie man richtig experimentiert

### 3.1 Eine klare und eindeutige Fragestellung ist der Schlüssel zu jedem Experiment

Bereits die richtige Fragestellung entscheidet, ob ein Experiment zum Erfolg werden kann oder nicht. Je klarer und eindeutiger eine Frage gestellt ist, desto zielgerichteter kann das Experiment geplant und durchgeführt werden. Eine gut durchdachte Fragestellung ist also auch der Schlüssel zu einer erfolgreichen experimentellen Maturaarbeit in Biologie.

Nachfolgend sind ein paar Beispiele für eine ungünstige Fragestellung angeführt:

*Wieviel Wasser kommt in die Blätter?*

*Wie schadet Alkohol im Gehirn?*

*Welche Funktion hat die Behaarung des Edelweiss?*

Keine dieser Fragestellungen erlaubt es, einen bestimmten, messbaren Parameter klar mit seinem Vorhandensein oder der Änderung seiner Quantität in Beziehung zu bringen.

Geeignete Fragestellungen sind daher beispielsweise:

*Wieviel mL Wasser verdunstet ein Buchenblatt pro cm<sup>2</sup> Blattfläche im Verlauf einer Stunde?*

*Ab welcher Blutalkoholkonzentration sind Verzögerungen der Reaktionsfähigkeit des Menschen feststellbar?*

*Führt eine Entfernung der Behaarung des Edelweiss zu einer vermehrten Fragmentierung der DNA durch UV-Strahlen?*

Sie sehen, die Fragestellung ist so ausgerichtet, dass folgende Aspekte berücksichtigt sind:

Welcher Parameter wird gemessen?  
An welchem Untersuchungsobjekt wird gemessen?  
Unter welchen Bedingungen wird gemessen?

Häufig sind es auch die Veränderungen der Bedingungen, die zu einer Präzisierung der Fragestellung führen; z.B.

*Ist die Transpirationsrate eines Buchenblattes bei Temperaturen unter 25° C gegenüber der bei Temperaturen über 25° C verändert?*

### 3.2 Pro Versuch darf nur ein Parameter verändert werden

In der Wissenschaft spricht man von einer Einfaktorenanalyse. Damit gemeint ist, wenn ein Experiment durchgeführt wird, müssen alle Faktoren konstant gehalten werden, bis auf denjenigen, der untersucht wird. Würde man zwei Faktoren gleichzeitig ändern, könnte man nicht zuordnen, auf die Veränderung welchen Faktors das beobachtete Ergebnis beruht.

Die Konsequenzen dieser Aussage sollen an einem einfachen Beispiel veranschaulicht werden, nämlich der bereits oben angeführten Fragestellung: *“Ist die Transpirationsrate eines Buchenblattes bei Temperaturen unter 25° C gegenüber der bei Temperaturen über 25° C verändert?”*.

Es ist ein milder, sonniger Morgen, die Temperatur beträgt gegen 10:30 Uhr angenehme 20° C. Ideal für Ihren Versuch, die Transpirationsrate eines Buchenblattes bei Temperaturen unter 25° C zu messen. Gegen 12:00 Uhr hat es 26° C, allerdings ziehen bereits erste Gewitterwolken auf und es wird zunehmend schwül. Da Sie mittags einen wichtigen Termin haben, messen Sie auch noch schnell die Transpirationsrate des Buchenblattes bei 26° und erhalten folgende Messergebnisse:

Transpirationsrate Buchenblatt bei 20° C: 0,010 mL x cm<sup>-2</sup> x h<sup>-1</sup>  
Transpirationsrate Buchenblatt bei 26° C: 0,009 mL x cm<sup>-2</sup> x h<sup>-1</sup>

Sie schauen sich das Ergebnis an und denken: "Dies entspricht ja gar nicht meinen Erwartungen."

Die Erklärung für dieses unerwartete Ergebnis ist offensichtlich. Die Transpiration hängt nicht nur von der Temperatur, sondern auch von der Luftfeuchtigkeit ab. Die erhöhte Luftfeuchtigkeit bei Schwüle führte zu einer verminderten Transpiration, obwohl die Temperatur auf 26° anstieg. Spielregel 2 war nicht eingehalten: Es wurde mehr als ein Parameter verändert.

### 3.3 Die richtigen Kontrollversuche sind das A und O eines jeden Experiments

Die Fehler, die sich beim Konzept eines Experiments einschleichen, sind nicht immer so offensichtlich wie im oben geschilderten Versuch. Deshalb sind geeignete Kontrollversuche, die möglichst alle relevanten Bedingungen abdecken, bei jedem Versuch unerlässlich.

Um die Wichtigkeit der Kontrollen zu unterstreichen, soll folgendes Beispiel aus der Enzymatik dienen.

Es wurde die pH-Abhängigkeit des Enzyms Amylase beim Stärkeabbau bestimmt. Dazu wurde nach folgendem Messprinzip vorgegangen:

Gelöste Stärke wurde mit Lugolscher Lösung (Iod/Jod-Kalium-Lösung) nachwiesen. War Stärke vorhanden, dann lagerte sich Jod in die Stärkemoleküle ein und erfuhr eine Blaufärbung. Gab man Amylase in einen Versuchsansatz, in dem sich Stärke und Lugolsche Lösung befanden, konnte man eine Abnahme der Blaufärbung beobachten. Die Zeitdauer, die die Amylase brauchte, um die Stärkelösung vollständig zu entfärben, wurde als messbare Grösse verwendet, die einen Vergleich der Enzymaktivität unter verschiedenen Bedingungen ermöglichte. Die Dauer bis zur vollständigen Entfärbung wurde nun bei verschiedenen pH-Werten der Stärkelösung gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Zeitdauern, die die Amylase zur vollständigen Entfärbung der mit Lugolscher Lösung gefärbten Stärkelösung bei unterschiedlichen pH-Werten benötigte.

pH-Wert in Versuchsansatz	Zeit bis zur vollständigen Entfärbung
pH 1	17 s
pH 4	20 s
pH 7	18 s
pH 11	20 s

Aus der Literatur wissen Sie, dass tierische Amylasen ein ausgeprägtes pH-Optimum im neutralen bis leicht alkalischen Bereich haben. Das Versuchsergebnis sieht aber gar nicht danach aus! Völlig klar!! Es wurden keinerlei Kontrollen durchgeführt. Die entscheidende Kontrolle wäre hier zu messen, welchen Einfluss alleine eine pH-Änderung ohne Enzym auf die Stärkefärbung mit Lugolscher Lösung hat. Stärke wird nämlich auch nichtenzymatisch bei sauren und alkalischen pH-Werten abgebaut.

#### 4 Führung eines Laborjournals

Es ist in jedem Labor üblich, dass über die tatsächlich verrichtete Arbeit sorgfältig Buch geführt wird. Dies ist in der Industrie so, ebenso in allen Labors der Universitäten und Forschungsinstitute. Daher sollten Sie auch bei Ihrer Maturaarbeit sorgfältig ein Laborjournal führen, in dem Sie Ihr Vorgehen und Ihre Ergebnisse detailliert dokumentieren. Ziel dieser Protokollführung ist es, jederzeit nachvollziehen zu können, was tatsächlich gemacht wurde. Es sollte geradezu so sein, dass mit Ihrem Protokoll jeder andere in der Lage sein sollte, den Versuch zu reproduzieren. Hier gehören also auch die selbstverständlich erscheinenden Tricks dazu, sowie sämtliche relevanten Fehler, die gemacht wurden.

Oft ist auch eine Skizze des Versuchsaufbaus oder ein Flussdiagramm, das den Ablauf einer Versuchserie zeigt, sehr hilfreich.

Einträge in ein Laborjournal erfolgen handschriftlich und werden nachträglich nicht manipuliert. Auf sprachliche Ausformulierung wird kein gesteigerter Wert gelegt. Das Geschriebene muss allerdings eindeutig sein.

Die Punkte, die in ein Laborjournal eingetragen werden müssen, sind nachfolgend aufgeführt.

1. Ort und Datum, an dem das Experiment durchgeführt wurde

2. Name des Experimentators
3. Versuch mit Versuchsziel in Stichworten
4. Material und Durchführung des Versuchs in Stichworten. Gegebenenfalls Skizzen vom Versuchsaufbau, Flussdiagramme vom Versuchsablauf oder Pipettierschemata
5. Ergebnisse mit Originaldaten und Berechnungen
6. Diskussion mit Überlegungen, welche Schritte als nächste getan werden müssen.

Im nächsten Abschnitt finden Sie ein Musterprotokoll, wie es in einem Laborjournal stehen könnte. Halten Sie sich bei Ihrem Protokoll an die formale Gliederung, wie sie im Musterprotokoll vorgegeben ist.

Ort, Datum: MuttENZ, 23. 10. 15

Name: Peter Salzer

Versuch: Invertase aktivitätsmessung bei Fichtenwurzeln und Hyphen des Fliegenpilzes.

Material und Methoden:

Fichtenwurzeln: Homogenat vom 20.10. 15 verwendet (Homogenat von 5 Stück, 8 Wochen nach Keimung homogenisiert, waren bei  $-20^{\circ}\text{C}$  gelagert)  $20\ \mu\text{L}$  Homogenat mit  $160\ \mu\text{L}$  Natriumacetat-Essigsäurepuffer ( $200\ \text{mMol/L}$ , pH 4,6) gemischt.

Enzymreaktion durch Zugabe von  $20\ \mu\text{L}$  Sacch. ( $200\ \text{mmol/L}$ ) gestartet. Inkubation für 20 Min. bei  $37^{\circ}$  in Wasserbad.

Reaktionsstop durch Zugabe von  $200\ \mu\text{L}$  Glukosenachweisreagens 1. (Nelson, 1944)

Fliegenpilz: Homogenat vom 19.10.2015 verwendet (Homogenat von 200 mg Hyphen verwendet, 8 Wochen auf Agar gewachsen, bei  $-20^{\circ}\text{C}$  gelagert)

$40\ \mu\text{L}$  Homogenat mit  $140\ \mu\text{L}$  Natriumacetat-Essigsäurepuffer ( $229\ \text{mMol/L}$ , pH 4,6) gemischt.

Reaktionsstart durch Zugabe von  $20\ \mu\text{L}$  Sacch. ( $200\ \text{mmol/L}$ ) Inkubation 40 min  $37^{\circ}\text{C}$  in Wasserbad.

Reaktionsstop durch Zugabe von  $200\ \mu\text{L}$  Glukosenachweisreagens 1.

Glukosenachweis erfolgte bei Pilz und Fichtenwurzel nach der Methode von Nelson (1944), Absorption wurde bei  $500\ \text{nm}$  gemessen.

Ergebnisse:

Absorption  $500\ \text{nm}$  Fliegenpilz: 0,043

Absorption  $500\ \text{nm}$  Fichtenwurzel: 0,001

Beim Fliegenpilz scheint keine Invertaseaktivität vorzuliegen, bei Fichtenwurzel sehr hohe Aktivität

Diskussion:

Bezugsgrösse Proteingehalt bei beiden Homogenaten bestimmen.

Eichgerade zur Bestimmung der Glukosekonzentration bei Absorption bei  $500\ \text{nm}$  erstellen.

Spezifische Enzymaktivität ( $\text{nkat/mgprot}$ ) berechnen.

Enzymmessungen bei frisch homogenisierten Wurzeln und Hyphen testen.

Möglicherweise waren die Hyphen zu alt. 4 Wochen alte Hyphen testen.

## 5 Gliederung Ihrer Maturaarbeit und Bedeutung der einzelnen Abschnitte

Ihre Maturaarbeit ist Ihre erste eigene wissenschaftliche Arbeit, die Sie alleine und selbständig durchführen und verfassen. Als Anleitung, wie experimentelle naturwissenschaftliche Arbeiten korrekt verfasst werden, sollen Ihnen die folgenden Kapitel dienen.

### 5.1 Generelle Gliederung einer naturwissenschaftlichen Arbeit

Bei Ihrer experimentellen Maturaarbeit in Biologie halten Sie sich an die unten stehende Gliederung, wie sie in naturwissenschaftlichen Arbeiten üblich ist. Was am Ende Ihrer Maturaarbeit auf jeden Fall erscheinen muss, ist die von Ihnen unterschriebene Redlichkeitserklärung.

Beispiel für Gliederung einer experimentellen naturwissenschaftlichen Arbeit:

- Deckblatt mit Titel, Autoren und Jahresangabe
- Inhaltsangabe
- Vorwort (optional) mit Danksagung (obligatorisch)
- Einleitung
- Material und Methoden
- Ergebnisse
- Diskussion
- Zusammenfassung
- Zitierte Literatur
- Abkürzungen
- Anhang (optional)
- Redlichkeitserklärung

### 5.2 Deckblatt

Auf dem Deckblatt befindet sich der Titel Ihrer Arbeit, die Art der Arbeit, der Ort, an dem sie angefertigt wurde, und das Jahr, in dem die Arbeit fertiggestellt wurde.

#### 5.2.1 Titel der Arbeit

Titel naturwissenschaftlicher Arbeiten sind keine reisserischen Schlagzeilen, wie sie in der Boulevardpresse zu finden sind. Die Titel naturwissenschaftlicher Arbeiten sind informativ. Sie benennen das Untersuchungsobjekt und den Untersuchungsgegenstand klar.

Beispiel für Titel:

Die Rolle der zellwand-gebundenen Invertase beim Saccharosetransfer aus Wurzeln der Fichte (*Picea abies*) in Hyphen des Ektomykorrhizapilzes *Amanita muscaria* (Fliegenpilz)



### 5.2.2 Autor(en) der Arbeit, Datum und Ort der Durchführung der Arbeit

Es sollten alle Mitwirkenden der Arbeit, die einen nennenswerten Beitrag geleistet haben, benannt sein. In einer Maturaarbeit sind das Sie, wenn Sie die Arbeit alleine, oder in Ausnahmefällen Sie mit Ihrem Kollegen oder Ihrer Kollegin, wenn Sie die Arbeit zu zweit anfertigten. Als Orte werden die Institutionen benannt, von denen die Mitwirkenden stammen, die in der Autorenliste aufgeführt sind. Bei Ihrer Maturaarbeit sollte zumindest der Name des Gymnasiums Muttenz auftauchen.

Beispiel für Deckblatt:

**Rolle der zellwand-gebundenen Invertase beim  
Saccharosetransfer aus Wurzeln der Fichte (*Picea abies*)  
in Hyphen des Ektomykorrhizapilzes  
*Amanita muscaria* (Fliegenpilz).**

Maturaarbeit von

Peter Salzer

Gymnasium Muttenz

April 2016

## 5.3 Inhaltsverzeichnis

Bei längeren Arbeiten, beispielsweise einer Doktorarbeit, einer Masterarbeit oder Ihrer Maturaarbeit, folgt auf das Deckblatt ein Inhaltsverzeichnis. Verwenden Sie in Ihrer Maturaarbeit diejenige Form der Gliederung, wie sie in diesen Unterlagen verwendet wird. Achten Sie dabei darauf, dass die Überschriften des Inhaltsverzeichnisses mit den Überschriften der einzelnen Kapitel übereinstimmen. Geben Sie ebenfalls die Seitenzahlen an, bei denen die jeweiligen Kapitel beginnen. Die Seite 1 beginnt mit der Einleitung. Die Seite(n) des Inhaltsverzeichnisses werden mit römischen Zahlen nummeriert. Sie erleichtern sich die Arbeit sehr, wenn Sie das Inhaltsverzeichnis von Ihrem Schreibprogramm automatisch erstellen lassen. Für Microsoft Word gilt: 1. Den Titeln Überschriften zuordnen, 2. das Inhaltsverzeichnis unter dem Menüpunkt "Einfügen", "Index und Verzeichnisse" erstellen.

Beispiel für Inhaltsverzeichnis:

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	
1 Vorwort mit Danksagung	1
2 Einleitung	1
2.1 Die Bedeutung der Ektomykorrhiza für heimische Waldbäume	4
2.2 Die Rolle von Invertase bei der Zuckerversorgung der Pflanzenwurzeln	6
2.3 Zielsetzung der Arbeit	7
3 Material und Methoden	9
3.1 Anzucht von Fichtenkeimlingen und Fliegenpilzen	9
3.2 Extraktion von Invertase aus Fichtenwurzeln	10
3.3 Invertaseaktivitätsmessung in Ektomykorrhizen	11
4 Ergebnisse	12
4.1 Invertaseaktivität in Wurzeln, Hyphen und Ectomycorrhizen	14
4.2 Saccharosetransport in Wurzeln	16
4.3 Pilz und Pflanze können nur Glukose und Fruktose aufnehmen	17
5 Diskussion	18
5.1 Die Rolle der Invertase für beide Symbiosepartner	19
5.2 Ein Funktionsmodell der Kohlenhydratversorgung in einer Ektomykorrhiza	20
6 Zusammenfassung	21
7 Zitierte Literatur	22
8 Abkürzungsverzeichnis	24

## 5.4 Vorwort mit Danksagung

Im Vorwort erläutern Sie Ihre persönlichen Beweggründe und Ihr eigenes Interesse, die zur Wahl des Themenbereiches geführt haben.

Anschliessend erfolgt die Danksagung.

Wenn Sie Hilfsmittel, z.B. schwierig zu beschaffende Chemikalien oder Organismen von anderen Personen erhalten haben, dann sollten Sie die Personen und die Institution, in der die Personen arbeiten, dankend erwähnen. Auch wenn jemand praktische Hilfe leistete, z.B. Tiere fütterte, Pflanzen goss sollte demjenigen gedankt werden. Ebenfalls wird Betreuern oder Chefs gedankt, wenn diese einen geistigen Beitrag zum Gelingen der Arbeit leisteten.

Beispiel für Vorwort mit Danksagung:

## 1 Vorwort

1

Weisse Punkte auf rotem Hut - so kennt man den Fliegenpilz. Meinen ersten Fliegenpilz fand ich im Gebirge in einem Fichtenwald. Damals war ich zwölf und mit meinem Opa wie so oft in der freien Natur unterwegs. Als ich in der Schule davon hörte, dass Fliegenpilze meist in Fichtenwäldern stehen, weil sie eine Symbiose mit den Baumwurzeln bilden, war mein Interesse an dem spannenden Themenbereich der Mykorrhizen, der Symbiose zwischen Pilzen und Pflanzenwurzeln, geweckt.

Die vorliegende Maturaarbeit zum Thema Ektomykorrhizen zwischen Fliegenpilz und Fichte wurde am Gymnasium Muttenz angefertigt. Meinem Betreuer, Herrn Dr. Fritz Mayer, möchte ich für sein ständiges Interesse und die konstruktiven Vorschläge im Verlauf der Arbeit danken. Mein Dank gilt auch Frau Frieda Müller vom Botanischen Institut Basel, die mich grosszügigerweise mit Hyphen von *Amanita muscaria* versorgte.

## 5.5 Einleitung

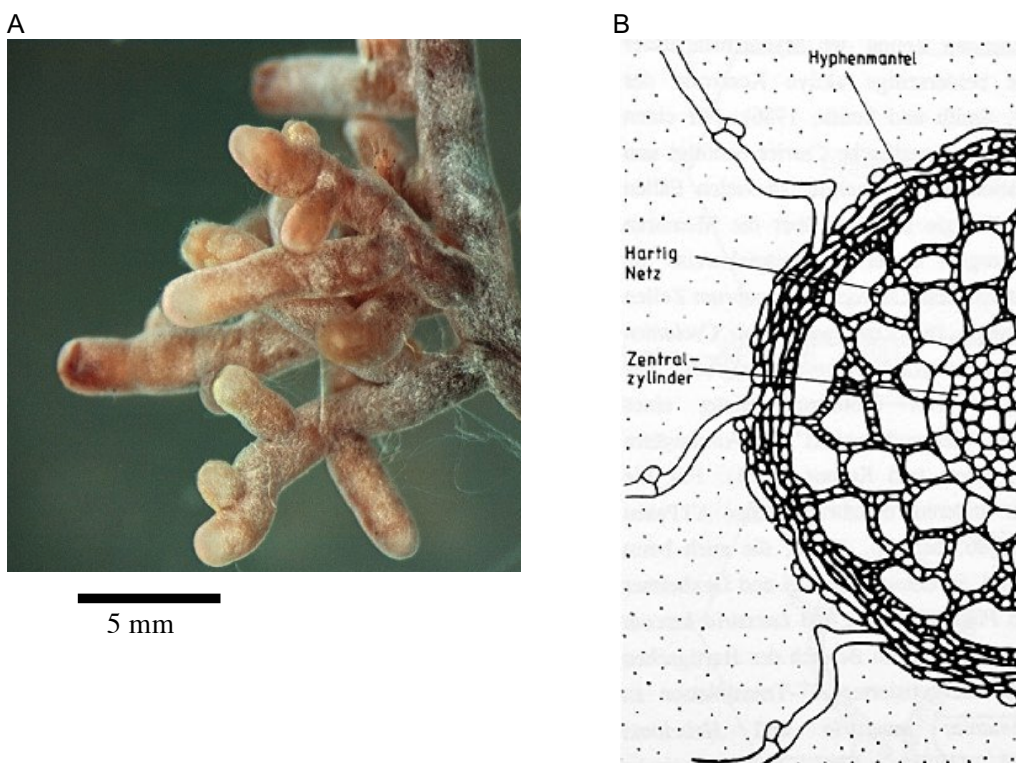
Die Einleitung muss klar gegliedert sein. In einem ersten Abschnitt werden diejenigen Informationen dargelegt, die zum Verständnis der Arbeit notwendig sind. Es wird der aktuelle Wissensstand geschildert, auf dem Ihre Fragestellung aufbaut. Sie belegen dabei Ihre Aussagen mit Zitaten. In den Naturwissenschaften versteht man unter Zitaten Literaturangaben, die den sinngemässen Inhalt Ihrer Aussage stützen. Wie Sie korrekt zitieren, ist im Abschnitt 4.4 detailliert beschrieben.

Am Schluss der Einleitung wird die Zielsetzung der gesamten Arbeit klar formuliert, wobei die wichtigsten zur Untersuchung eingesetzten Methoden benannt werden.

Beispiel für Einführung in das Themengebiet: (Nur Ausschnitt, Einführung nicht vollständig!)

### 2.1 Die Bedeutung der Ektomykorrhiza für heimische Waldbäume

Bereits 1851 entdeckte T. Hartig, dass im Rindenbereich von Baumwurzeln interzelluläre Pilzinfektionen vorkommen, die er jedoch als parasitären Befall der Pflanze interpretierte. Erst über 30 Jahre später, 1885, erkannte A. B. Frank den symbiontischen Charakter dieser Pilz-Wurzel-Assoziation und prägte den Begriff Mykorrhiza, der sich aus dem Griechischen "mukes" der Pilz und "rhiza" die Wurzel ableitet. Heute definiert man die Mykorrhiza als ein komplexes Wurzelorgan, in dem beide Partner durch ihr Zusammenleben einen Nutzen ziehen (Jackson und Mason, 1984). Die bei unseren heimischen Waldbäumen auftretende Form der Mykorrhiza ist die Ektomykorrhiza (EM). Bei ihr bleiben die Pilzhyphen auf den Bereich der pflanzlichen Zellwand beschränkt. Die Hyphen dringen nicht in die Rindenzellen ein, sondern umspinnen die einzelnen Wurzelzellen und bilden das sog. Hartig Netz (Abb. 1). Die heimische Fichte (*Picea abies*) und der Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) sind typische Partner, die eine solche EM bilden (Ritter et al., 1992) und wurden daher als Untersuchungsobjekte dieser Arbeit gewählt.



**Abb. 1** Äussere Form und innerer Aufbau einer Ektomykorrhiza. (A) Äussere Ansicht einer Ektomykorrhiza des Fliegenpilzes mit einer Fichtenwurzel. Pilzhyphen umspinnen die jungen Seitenwurzeln und bilden den sog. Hyphenmantel. Über ihn versorgt der Pilz die Pflanze mit Nährstoffen, die von Hyphen im Boden aufgenommen und zur Wurzel transportiert werden. (B) Der Querschnitt durch eine Ektomykorrhiza zeigt den mehrschichtigen Hyphenmantel, der die Wurzel vollständig umschliesst. Im Rindenbereich umspinnen die Hyphen die Wurzelzellen und bilden das sog. Hartig Netz. In ihm erfolgt der wechselseitige Stoffaustausch zwischen den Symbiosepartnern Pilz und Pflanze.

Beispiel für Zielsetzung in einer Einleitung:

### 2.3 Zielsetzung der Arbeit

Es war Ziel der vorliegenden Arbeit, die Verfügbarkeit von Saccharose im Hartig Netz der Ektomykorrhizen zwischen Fichtenwurzeln und dem Fliegenpilz quantitativ mit Hilfe von Isotopenmarkierung zu bestimmen und die Invertaseaktivität in Pilz- und Pflanzenzellwänden im Bereich des Hyphenmantels, des Hartig Netzes und des Zentralzylinders an Gewebeschnitten zu messen und enzymatisch zu charakterisieren. Aus den Daten sollte ein Funktionsmodell zur Rolle der Invertase bei der Zuckerversorgung der beiden Ectomykorrhizapartner Fliegenpilz und Fichtenwurzel entwickelt werden.

## 5.6 Material und Methoden

In diesem Abschnitt werden detailliert alle Materialien und Vorgehensweisen, die in der Arbeit zur Anwendung kamen, in zusammenhängenden Sätzen beschrieben. Die Reihenfolge der Methoden, die Sie hier beschreiben, ist völlig unabhängig von der Reihenfolge der Darstellung der Resultate im nachfolgenden Abschnitt "Ergebnisse". Begonnen wird mit Organismen, Aufzuchtbedingungen, Geräten und Chemikalien, die Sie für Ihre Arbeit benutzten. Für wichtige Geräte sollten die Typen und Hersteller benannt sein, für Chemikalien der Reinheitsgrad und der Hersteller.

Beispiel für Beschreibung von Organismen, Aufzuchtbedingungen, Geräten und Chemikalien:

### 3 Material und Methoden

9

#### 3.1 Anzucht von Fichtenkeimlingen und Fliegenpilzen

Die Samen von *Picea abies* wurden vom Staatlichen Forstamt Nagold (Bundesrepublik Deutschland) bezogen und in sterilisierter Einheitserde Typ T (Gebrüder Patzer KG, Sinntal, Bundestrepublik Deutschland) kultiviert. Die Anzucht erfolgte in einer Anlage zur Umweltsimulation der Firma Heräus Vötsch (Balingen, Bundesrepublik Deutschland) unter folgenden Bedingungen: 6 h 30 Min. Dunkel, 90 Min. Morgendämmerung, 15 h Lichtphase (92 W/m<sup>2</sup>), 1 h Abenddämmerung. Der Temperaturverlauf mit 12° C im Dunkeln und 25° C im Licht folgte dem Belichtungsverlauf mit 1 h Verzögerung. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug konstant 75 %. Die Pflänzchen wurden täglich mit sterilisiertem Leitungswasser gegossen.

Hyphen von *Amanita muscaria* wurden in Petrischalen (9 cm Durchmesser) auf modifiziert-Melin-Norkrans-Medium nach Kottke et al. (1987) mit 2 % Agar jedoch ohne Melzextrakt bei 22° C im Dunkeln kultiviert.

Auf die Beschreibung der Geräte und Chemikalien folgt eine detaillierte Beschreibung aller experimentellen Vorgehensweisen. Hier werden Messmethoden, Einstellungen von Versuchsaapparaturen und der generelle Versuchsablauf beschrieben. Auch statistische Berechnungen, die Anzahl von Versuchswiederholungen oder Computerprogramme, die Sie zur Auswertung der Daten benutzten, werden hier in ausformulierten Sätzen beschrieben. Wenn nötig, können Abbildungen eines Versuchsaufbaus oder Flussdiagramme des Versuchsablaufs im Abschnitt "Material und Methoden" gezeigt werden. Sind die Methoden, die Sie anwenden bereits an einer anderen Stelle beschrieben, dann genügt ein Zitat mit Angabe des Autors und des Jahres der Veröffentlichung. Es sind im Abschnitt "Material und Methoden" keine Ergebnisse oder Interpretationen erwünscht. Auch keine Wertungen oder Empfindungen sollten in naturwissenschaftlichen Arbeiten auftauchen.

Beispiel der Beschreibung einer Vorgehensweise:

#### 3.2 Extraktion von Invertase aus Fichtenwurzeln

10

Zwei Gramm Fichtenwurzeln wurden mit 10 mL eisgekühltem Aceton (100 %) auf Eis mit einem Mörser und Pistill homogenisiert. Das Homogenat wurde 10 min bei 1 000 x g bei 4° C zentrifugiert. Der Überstand wurde verworfen. Das Pellet wurde in 1 mL Natriumacetat/Essigsäurepuffer (pH 4,6) der Konzentration 200 mmol/L resuspendiert und bis zur Bestimmung der Invertaseaktivität bei - 10° C gelagert.

## 5.7 Ergebnisse

In diesem Abschnitt folgt eine nüchterne, nicht wertende Darlegung der Versuchsergebnisse in ausformulierten Sätzen, Abbildungen und / oder Tabellen. Diese Darlegung ist inhaltlich logisch gegliedert und gibt die wichtigsten Ergebnisse explizit in Worten wieder. (Die Reihenfolge der Ergebnisse muss nicht chronologisch sein!) Im Text wird auf Abbildungen und Tabellen verwiesen, in denen detaillierte Datensätze dargestellt sind. Die Abbildungen enthalten allerdings keine Rohdaten, sondern statistisch ausgewertete Daten. Beispielsweise werden in einem Histogramm (Balkendiagramm) die Mittelwerte der verschiedenen Messungen mit der zugehörigen Standardabweichung (Fehlerbalken) gezeigt.

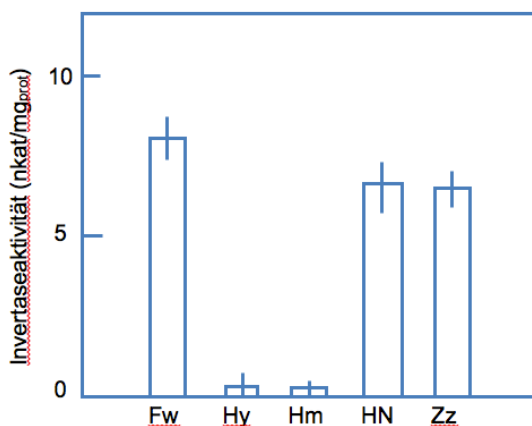
Beispiel für Beschreibung eines Ergebnisses mit Abbildungshinweis und zugehöriger Abbildung:

### 4 Ergebnisse

12

#### 4.1 Invertaseaktivität in Wurzeln, Hyphen und Ectomycorrhizen

Bei Fichtenwurzeln und im Hartig Netz der Ectomycorrhiza wurde eine hohe spezifische Invertaseaktivität nachgewiesen. Im Gegensatz dazu war Invertaseaktivität in Hyphen des Fliegenpilzes und dem Hyphenmantel der Ectomycorrhiza an der Grenze der Nachweisbarkeit (Abb. 2).



**Abb. 2** Invertaseaktivität in verschiedenen Schichten einer Ectomycorrhiza der Fichte mit dem Fliegenpilz. Fw = Fichtenwurzel ohne Ectomycorrhiza, Hy = Hyphen des Fliegenpilzes, Hm = Hyphenmantel, HN = Hartig Netz und Zz = Zentralzylinder. Die Messungen erfolgten am pH-Optimum der Invertase bei 20 mmol/L Ausgangskonzentration Saccharose. Die Enzymaktivität wurde auf den eingesetzten Proteingehalt bezogen. Die dargestellten Werte sind Mittelwerte aus 3 unabhängigen Versuchsreihen mit jeweils 5 Versuchswiederholungen. Die Fehlerbalken geben  $\pm \sigma_{n-1}$  an.

## 5.8 Diskussion

In der Diskussion werden die Ergebnisse bewertet und interpretiert. Es wird beurteilt, ob die Zielsetzung erreicht wurde. Einen wichtigen Teil der Diskussion stellt der Vergleich der eigenen Daten mit Daten anderer Arbeiten dar. Die Daten anderer Arbeiten müssen dabei mit Zitaten belegt sein, in denen Autor(en) und das Jahr der Veröffentlichung angegeben sind. (Eine genaue Beschreibung, wie Sie im Text zitieren, finden Sie in Kapitel 6.4). Auch neue, weiterführende Fragestellungen können in der Diskussion formuliert werden. In der Diskussion können Sie zeigen, was Sie „auf dem Kasten“ haben.

Beispiel für Diskussionsabschnitt mit Zitaten:

### 4 Diskussion

18

#### 4.1 Die Rolle der Invertase für beide Symbiosepartner

In Fichtenwurzeln ohne Ektomykorrhizen konnte Invertaseaktivität nachgewiesen werden. Ebenso im Bereich des Hartig Netzes und des Zentralzylinders. Im Gegensatz dazu waren nur Spuren von Invertaseaktivität in den Hyphen und dem Hyphenmantel detektierbar. Somit gleicht die Fichtenwurzel anderen heimischen Waldbäumen wie Buche und Birke, die in ihren Wurzeln Invertase besitzen (Miron und Schaffer, 2012; van Schaewen et al., 2009). Überraschend war das Fehlen von Invertaseaktivität bei Hyphen von *Amanita muscaria*. Dies steht im Gegensatz zu Hefepilzen, die eine hohe Invertaseaktivität im Bereich ihrer Zellwand aufweisen (Moreno et al., 2013; Harley und Smith, 2015). Für die Kohlenhydratversorgung eines Ektomykorrhiza-bildenden Pilzes hat der Befund, über nahezu keine Invertase zu verfügen, einschneidende Konsequenzen: Der Pilz ist nicht nur von der Pflanze abhängig, indem er Zucker von der Pflanze erhält. Darüberhinaus ist er abhängig von der Invertase in der pflanzlichen Zellwand, die Saccharose in Glukose und Fruktose spaltet. Dass Steinpilze, die ebenfalls Ektomykorrhizen bilden, Transportproteine für Glukose und Fruktose besitzen, wurde bereits von Hampp et al. (1999) gezeigt. Weitere Untersuchungen mit radioaktiv markiertem Kohlenstoff und Sauerstoff müssen zeigen, ob im Bereich des Hartignetzes der Ectomykorrhiza von Fichte und Fliegenpilz tatsächlich nur Glukose und Fruktose vom Pilzpartner aufgenommen werden können.

## 5.9 Zusammenfassung

In der Zusammenfassung werden so knapp als möglich die Zielsetzung, die wichtigsten Methoden, die wesentlichen Ergebnisse und die Hauptschlussfolgerung in klar formulierten Sätzen dargelegt. Zusammenfassungen sind in ihrem Umfang stark begrenzt. Die Zusammenfassung Ihrer Maturaarbeit ist auf eine halbe Seite beschränkt. Es gibt keine Abbildungen, Tabellen und Zitate. Denken Sie daran, die Zusammenfassung ist das Aushängeschild ihrer Arbeit!

Bsp. einer Zusammenfassung:

### 5 Zusammenfassung

21

Die Verfügbarkeit von Saccharose in Ektomykorrhizen der Fichte (*Picea abies*) und dem Fliegenpilz (*Amanita muscaria*) wurde mit <sup>14</sup>C-Isotopen untersucht und die Invertaseaktivität im Hyphenmantel, im Hartignetz und dem Zentralzylinder der Mykorrhiza gemessen und enzymatisch charakterisiert. Invertaseaktivität konnte nur in den Zellwänden der Fichte, nicht in Hyphen und dem Hyphenmantel gefunden werden. Auch konnte gezeigt werden, dass Saccharose aus dem Phloem in den Apoplasten der Wurzel entladen wird und von dort ins Hartig Netz gelangt, wo sie in Glukose und Fruktose gespalten wird. Wachstumsversuche zeigten, dass der Fliegenpilz Saccharose nicht direkt verwerten kann, sondern nur auf Glukose oder Fruktose wächst. Somit ergibt sich folgendes Funktionsmodell: In Ektomykorrhizen wird Saccharose aus dem Phloem in den Apoplasten entladen, wo sie von der pflanzlichen Invertase in Glukose und Fruktose gespalten wird. Diese Spaltung ist Voraussetzung für die Nährstoffversorgung des Pilzes, der somit nicht nur von den Kohlenhydraten der Pflanze sondern auch von der Invertaseaktivität der Wurzel abhängig ist.

## 5.10 Literaturverzeichnis

Die in Ihrer Arbeit zitierten Veröffentlichungen werden in alphabetischer Reihenfolge der Erstautoren (Nachname) in einem eigenen Kapitel, dem Literaturverzeichnis, aufgeführt. Veröffentlichungen sind Bücher, einzelne Buchkapitel, Artikel aus Fachzeitschriften oder Internetseiten. Internetseiten sind allerdings nur dann zitierbar, wenn eine eindeutige Autorschaft besteht. D.h. Seiten von Universitäten, Forschungsinstituten und offiziellen Organisationen sind zitierbar. Wikipedia oder Werbung ist nicht zitierfähig. Allerdings sind am Ende der Wikipedia-Einträge Literaturhinweise, die Ihnen helfen, die geeignete Literatur zu finden und zu zitieren.

Beim Erstellen des Literaturverzeichnisses Ihrer Maturaarbeit halten Sie sich an die unten aufgeführten Regeln:

(Schweizer Jugend forscht, [http://sjf.ch/wp-content/uploads/2014/Leitfaden\\_Projektarbeit.pdf](http://sjf.ch/wp-content/uploads/2014/Leitfaden_Projektarbeit.pdf), 21.10.2015).

- **Ein Autor, ein Buch**  
Name, Vorname des Autors. Erscheinungsjahr. Titel. Verlag. Erscheinungsort.  
Bsp.: Portmann, Adolf. 1973. Biologie und Geist. Suhrkamp. Frankfurt am Main.
- **Zwei und mehr Autoren, ein Buch**  
Name, Vorname des ersten Autors und Name, Vorname des zweiten Autors.  
Erscheinungsjahr. Titel. Verlag. Erscheinungsort.  
Bsp.: Jungk, Robert und Müller, Norbert R. 1981. Zukunftswerkstätten. Hoffmann und Campe. Hamburg.
- **Sammlung von Artikeln, ein Herausgeber**  
Name, Vorname des Herausgebers (Hrsg.). Erscheinungsjahr. Titel. Verlag.  
Erscheinungsort.  
Bsp.: Hülsewede, Manfred (Hrsg.). 1980. Schulpraxis mit AV-Medien. Beltz. Weinheim und Basel.
- **Artikel in einer Sammlung**  
Name, Vorname des Autors (Jahr). Titel des Artikels. In: Name, Vorname des Herausgebers (Hrsg.). Titel. Verlag. Erscheinungsort.  
Bsp.: Schlapbach, Louis (1997). Metallhydride auf dem Weg in die Energietechnik. In: Gränicher, Heini H. W. (Hrsg.). NEFF 1977 - 97, Förderung der Energieforschung. vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich.
- **Artikel in einer Zeitschrift**  
Name/n, Vorname/n des/der Autors/Autoren (Jahr). Titel des Aufsatzes. Zeitschrift.  
Band (Ausgabenummer/Monat). Seitenzahlen.  
Bsp.: Skinner, Todd, Bünzli, Kari (1996). Die steinerne Versuchung. GEO. 707 (Nr. 7/Juli). S.68 - 82.
- **Zeitungsartikel**  
Name, Vorname der Autors (Jahr). Titel des Artikels. Name der Zeitung  
(Erscheinungsdatum) Seitenzahl.  
Bsp.: Jandl, Paul (2004). Schule der Welt – das Selbstbewusstsein einer heroischen Epoche. Neue Zürcher Zeitung (26.8.2004) S. 43.



- **Nachschlagewerk**

Titel des Nachschlagewerks. Erscheinungsjahr. Verlag. Erscheinungsort.  
Bsp.: Bauhandbuch. 1989. CRB. Zürich.

- **Texte aus dem Internet**

Name, Vorname des Autors des Textes (Jahr). Titel des Aufsatzes. Genaue Internetadresse (Datum der Benützung). Das Zugriffsdatum ist wichtig, da sich die Informationen im Internet laufend ändern. Über die „Wayback Machine“ des Internetarchivs (<http://www.archive.org/index.php>) kann auf die archivierten Seiten zugegriffen und zitierte Informationen können rückblickend wieder gefunden werden.  
Bsp.: Weitze, Marc-Denis (2004). Katalysatoren – die unentbehrlichen Helfer der chemischen Industrie.  
<http://www.nzz.ch/2004/08/25/ft/page-article9RJNU.html> (26.8.2004).

- **Texte offizieller Institutionen**

Name der Institution, (Jahr) Titel der Veröffentlichung, genaue Internetadresse, Datum des Internetzugriffs.  
Bsp.: BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004a)  
Nationaler Allokationsplan für die Bundesrepublik Deutschland 2005 - 2007, Berlin,  
<[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemeine/application\)pdf/nap\\_kabinettsbeschluss.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemeine/application)pdf/nap_kabinettsbeschluss.pdf)>  
(29. Juni 2007)

Auf der nächsten Seite finden Sie ein Beispiel für ein alphabetisch geordnetes Literaturverzeichnis, wie Sie es in Ihrer Maturaarbeit erstellen sollten.

## 6 Zitierte Literatur

22

Bauhandbuch. 1989. CRB. Zürich.

Hülsewede, Manfred (Hrsg.). 1980. Schulpraxis mit AV-Medien. Beltz. Weinheim und Basel.

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004a) Nationaler Allokationsplan für die Bundesrepublik Deutschland 2005 - 2007, Berlin, <[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemeine/application/pdf/nap\\_kabinettsbeschluss.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemeine/application/pdf/nap_kabinettsbeschluss.pdf)>(29. Juni 2007)

BMU Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004b) Nationaler Allokationsplan für die Bundesrepublik Deutschland 2008 - 2012, Berlin, <[http://www.bmu.de/files/emissionshandel/downloads/application/pdf/nap\\_2008\\_2012.pdf](http://www.bmu.de/files/emissionshandel/downloads/application/pdf/nap_2008_2012.pdf)>(30. Juni 2007)

Jandl, Paul (2004). Schule der Welt – das Selbstbewusstsein einer heroischen Epoche. Neue Zürcher Zeitung (26.8.2004) S. 43.

Jungk, Robert und Müller, Norbert R. 1981. Zukunftswerkstätten. Hoffmann und Campe. Hamburg.

Portmann, Adolf. 1973. Biologie und Geist. Suhrkamp. Frankfurt am Main.

Schlapbach, Louis (1997). Metallhydride auf dem Weg in die Energietechnik. In: Gränicher, Heini H. W. (Hrsg.). NEFF 1977-97, Förderung der Energieforschung. vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich.

Skinner, Todd, Bünzli, Kari (1996). Die steinerne Versuchung. GEO. 707(Nr. 7/Juli). S.68-82.

Weitze, Marc-Denis (2004). Katalysatoren – die unentbehrlichen Helfer der chemischen Industrie. <http://www.nzz.ch/2004/08/25/ft/page-article9RJNU.html> (26.8.2004).

## 5.11. Abkürzungsverzeichnis

Wenn offizielle Abkürzungen allgemein bekannt sind, können sie ohne Erklärung verwendet werden, z. B. „UNO“. Nicht offizielle oder eigene Abkürzungen müssen dagegen bei ihrer ersten Verwendung im Text erklärt werden. Das bedeutet, dass beim ersten Auftreten des abgekürzten Begriffs dieser ausgeschrieben und die entsprechende Abkürzung in Klammern hinzugefügt wird, z. B.: "Alkoholdehydrogenase (ADH) ist ein Enzym, das Ethanol zu Acetaldehyd (AA) umwandelt.". Danach sollte man nur noch die Abkürzung verwenden. Generell sollte man mit Abkürzungen sparsam umgehen. Als Faustregel gilt: Wird ein Begriff in der gesamten Arbeit nicht mehr als fünf Mal verwendet, sollte man keine Abkürzung verwenden. Biologische Standardabkürzungen wie DNA, ATP oder RNA dürfen Sie ohne Erklärung benutzen, auch wenn der Begriff nur ein Mal in Ihrer Arbeit vorkommt. In längeren Arbeiten ist es üblich die selbst eingeführten Abkürzungen nochmals am Ende der Arbeit in einem eigenen Kapitel alphabetisch aufzulisten. Dies macht es dem Leser leichter eine Abkürzung zu verstehen, sollte er sie mitten im Text vergessen haben.

Beispiel für Abkürzungsverzeichnis:

## 7 Abkürzungsverzeichnis

24

AA = Acetaldehyd  
ADH = Alkoholdehydrogenase  
EM = Ektomyorrhiza

## 6 Schreibstil und Regeln zum Verfassen Ihrer naturwissenschaftlichen Maturaarbeit

Naturwissenschaftliche Arbeiten sind in einer nüchternen, sachlichen, präzisen Sprache dargelegt. Sie unterscheiden sich damit grundlegend von literarischen Texten, Zeitungsartikeln oder Abenteuererzählungen. Naturwissenschaftliche Texte sind knapp, prägnant und bringen Inhalte auf den Punkt. Floskeln oder adjektivische Ausschmückungen sind unüblich. Die Schreibweise ist bevorzugt in der dritten Person passiv und üblicherweise in einer Vergangenheitsform. Neben der Verwendung von Vergangenheit und Passiv gibt es noch weitere Regeln, die Sie einhalten sollten. So müssen Sie auf eine korrekte Form der Abbildungshinweise achten und Literaturhinweise korrekt in den Text integrieren.

### 6.1 Der naturwissenschaftliche Sprachduktus und der Einbau von Abbildungs- und Tabellenhinweisen in den Text

Einige Auschnitte aus einer hervorragenden Maturaarbeit sollen Ihnen Schreibstil und den Einbau von Abbildungs- oder Tabellenhinweisen veranschaulichen. Wie in naturwissenschaftlichen Arbeiten zitiert wird, können Sie in dem Textbeispiel ebenfalls erkennen. Im Normalfall findet man keine ich-Form im Text. Zudem befinden sich an den entsprechenden Stellen Hinweise auf Abbildungen und Tabellen. Diese Hinweise können im Text ausformuliert sein. Meist genügt es, an einer im Text sinnvollen Stelle den Hinweis auf eine Abbildung oder eine Tabelle in Klammern einzufügen.

Beispiel eines ausformulierten Abbildungshinweises aus einer Einleitung:

Wie die Abbildung 1 zeigt, handelt es sich bei Mykorrhizen um eine Symbiose aus Pilzen und Pflanzenwurzeln.

Beispiel eines in Klammern eingefügten Tabellenhinweises aus einem Material und Methodenteil:

Zur Erhaltung der Zelllinie der *Picea abies* Zellen diente eine Kalluskultur (Abb. 2), von der ca. 4 g Zellmaterial in vierwöchigem Turnus auf frisches 4X-Gamborgs-Medium (Gamborg et al., 1968) überimpft wurde, das zur Verfestigung 2 % Agar enthielt (Tab. 2).

Beispiel für Sprachduktus aus einem Ergebnisteil:

Im Vergleich zu Fichtenwurzeln besitzt der Fliegenpilz, ein Mykorrhizapartner der Fichte, keine nennenswerte Invertaseaktivität. Während im pH-Optimum der Fichteninvertase (pH 4,6) und sättigender Saccharosekonzentration (20 mmol/L) die spezifische Aktivität der Fichtenwurzel-Invertase 1,2 nkat/mg<sub>prot</sub> betrug, lag die spezifische Aktivität bei Hyphen des Fliegenpilzes bei 3 pkat/mg<sub>prot</sub>.

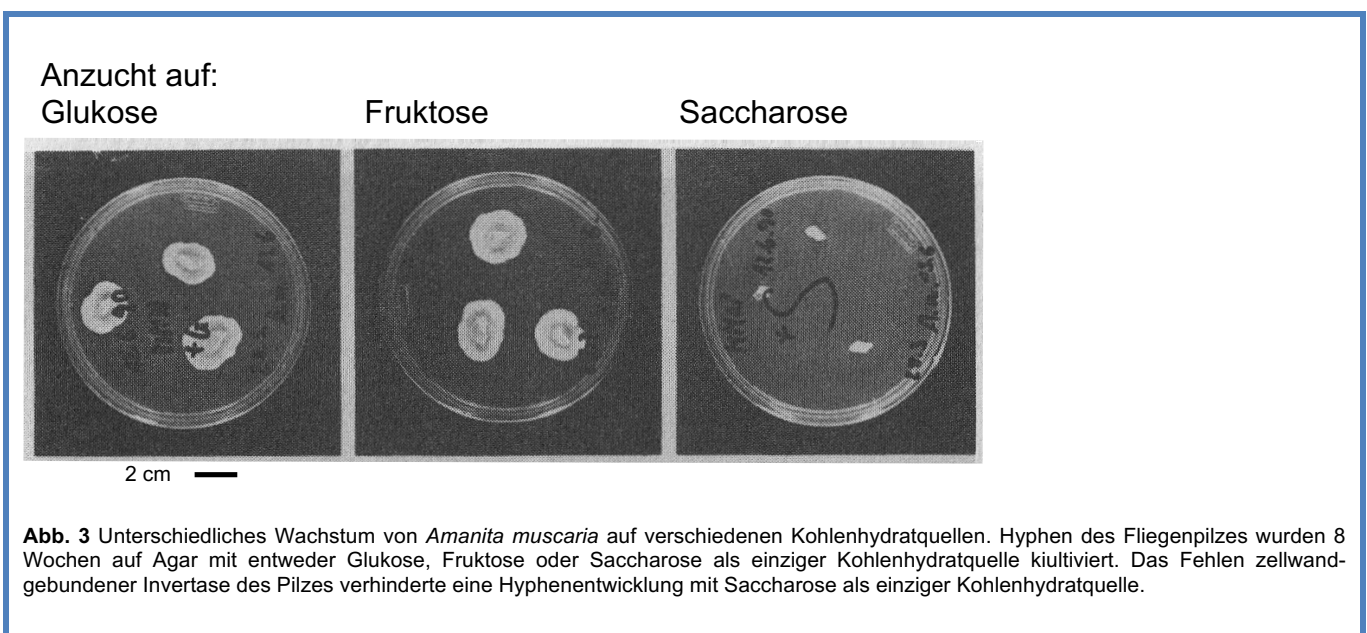
## 6.2 Darstellung und Beschriftung von Abbildungen

In einer naturwissenschaftlichen Arbeit fasst man Diagramme, Fotografien, mikroskopische Bilder, Zeichnungen oder Modelldarstellungen unter der gemeinsamen Kategorie "Abbildung" zusammen.

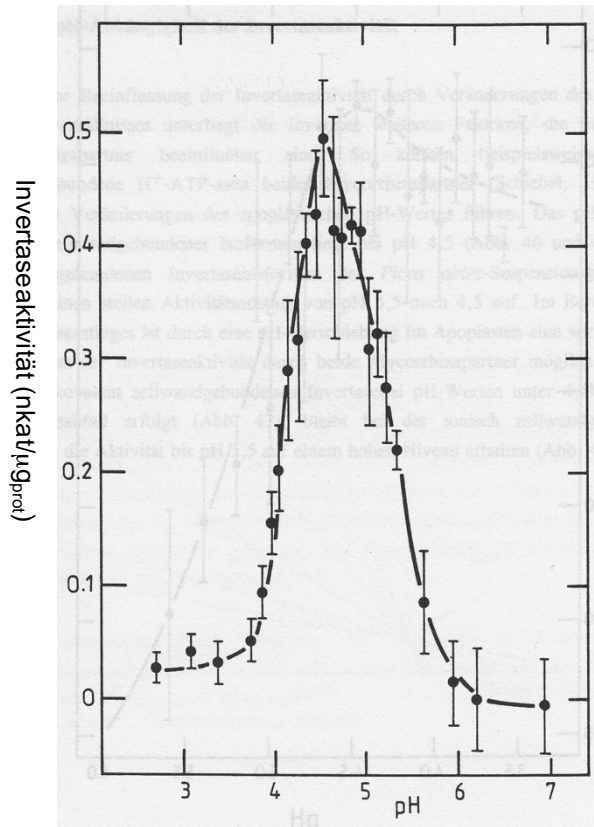
Alle Abbildungen der gesamten Maturaarbeit werden fortlaufend nummeriert, beginnend mit Abb. 1, gefolgt von Abb. 2, Abb. 3 etc.

Jede Abbildung ist mit einer Bildunterschrift versehen, die unter der Abbildung steht. Die Bildunterschrift sollte alle Angaben enthalten, die einem Leser erlauben, die dargestellten Daten oder Bilder zu verstehen. Mikroskopische Aufnahmen müssen einen Skalenstrich mit Grössenangabe enthalten. Die Achsen in Diagrammen sind beschriftet mit der Messgrösse oder dem Objekt, das dargestellt wird. Skalierungen müssen eine Angabe der Einheit aufweisen.

Beispiel eines Bildes als Abbildung mit zugehöriger Bildunterschrift:



Beispiel eines Diagramms als Abbildung mit zugehöriger Bildunterschrift:



**Abb. 4** pH-Optimum der zellwandgebundenen Invertase der Fichtenwurzeln aus dem Bereich des Zentralzylinders. Je Messpunkt liegen 3 Messungen aus jeweils drei unabhängigen Wurzelpräparationen zugrunde. Fehlerbalken entsprechen  $\pm \sigma_{n-1}$ .

### 6.3 Darstellung von Tabellen

Alle Tabellen der gesamten Arbeit werden durchgehend, beginnend mit "Tabelle 1" nummeriert und mit einer Tabellenüberschrift versehen, die über der Tabelle steht. Die Tabellenüberschrift sollte alle Angaben enthalten, die einem Leser ermöglichen, die dargestellten Daten zu verstehen. Der Inhalt der einzelnen Spalten und Reihen muss klar benannt sein. Wenn Messdaten dargestellt sind, müssen die Einheiten angegeben sein.

Beispiel für Tabelle mit Tabellenüberschrift:

**Tabelle 3:** Ionenzusammensetzung des zur Kultur von *Amanita muscaria* verwendeten MMN- Nährmediums bei Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) als Stickstoffquelle und bei Ersatz von Ammonium durch Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ).

Komponenten	MMN-Medium ( $\text{NH}_4^+$ ) (mmol/L)	modifiziertes MMN-Medium (mmol/L)
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	1,89	0
$\text{KNO}_3$	0	3,78
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	10,96	5,34
$\text{NaCl}$	0,42	0,42
$\text{MgSO}_4$	0,68	0,68
$\text{FeCl}_2$	0,54	0,54
$\text{CaCl}_2$	0,45	0,45

### 6.4 Zitieren im Text und Quellenangaben bei übernommenen Daten und Abbildungen

Während des Schreibens ist es wichtig, stets klar zwischen eigenen Ideen und solchen, die der Literatur entnommen wurden, zu unterscheiden. Diese Unterscheidung muss aus Ihrem Text klar ersichtlich sein.

Manchmal haben schon andere formuliert, was Sie in Ihrer Arbeit erwähnen wollen. Wie aber werden Zitate in den Text eingebaut? Auch hier wird in naturwissenschaftlichen Texten oft anders vorgegangen als in geisteswissenschaftlichen Arbeiten.

Beim Zitieren in Ihrer Maturaarbeit halten Sie sich bitte an die in den folgenden Abschnitten 6.4.1, 6.4.2 und 6.4.3 aufgeführten Regeln aus "Schweizer Jugend forscht"

([http://sjf.ch/wp-content/uploads/2014/Leitfaden\\_Projektarbeit.pdf](http://sjf.ch/wp-content/uploads/2014/Leitfaden_Projektarbeit.pdf) (21. 10. 2015)).

Wie Sie Quellenangaben zu Daten aus anderen Arbeiten machen, ist in Abschnitt 6.4.4 beschrieben.

#### 6.4.1 Zitieren in naturwissenschaftlichen Texten

In Ihrer Maturaarbeit folgt dem sinngemäss wiedergegebenen Inhalt einer Literaturstelle ein Hinweis auf das Literaturverzeichnis. Ist die Literaturstelle von einem einzelnen Autor verfasst, folgt in Klammern der Autorenname und Jahreszahl, z.B. (Meier, 2002).

Bei Zitaten mit mehreren Autoren wird nur der erste Autor angegeben und die weiteren mit „et al.“ (lateinisch für: „und andere“) abgekürzt, z.B. (Meier et al., 2002). Sie können auch den Autoren direkt im Text erwähnen und die Jahreszahl der Veröffentlichung hinter den Namen in Klammern setzen.

## Beispiel für Literaturhinweise im Text:

Anfang der 90er Jahre wurde die Luftqualität in Züricher Klassenzimmern untersucht (Müller, 1992). In einer deutschen Studie stellten Mayer et. al. (2001) ebenso fest, dass nach einer Schulstunde der Kohlendioxidgehalt bereits signifikant angestiegen war. Besonders drastisch war der Effekt in Klassenzimmern, die mit mehr als 24 Schülern und Schülerinnen besetzt waren (Klose et al., 2013). In seiner neuesten Studie konnte Seehuber (2015) zeigen, dass nur durch zweimaliges Stosslüften für mindestens 10 Minuten innerhalb einer Lektion Luftbedingungen geschaffen werden konnten, die den Schülern und Schülerinnen erlaubten, mit hoher Konzentration 45 Minuten zu arbeiten.

### 6.4.2 Wann muss man wie in den Geisteswissenschaften zitieren?

Übernehmen Sie eine Textstelle direkt in Ihre Maturaarbeit, dann handelt es sich um ein direktes Zitat, das Sie als solches kenntlich machen müssen. Sie müssen dafür die Regeln beachten, wie sie in den Geisteswissenschaften gelten:

Ein direktes Zitat muss wörtlich und zeichengetreu wiedergegeben werden. Kürzungen werden mit drei Punkten in einer eckigen Klammer [...] gekennzeichnet. Zusätze, Änderungen oder Einfügungen werden in eckige Klammern gesetzt [xyz]. Direkte Zitate stehen stets in Anführungs- und Schlusszeichen.

Beispiel für ein direktes Zitat:

Die Wissenschaft kann wie folgt charakterisiert werden: „Die grundlegenden Kriterien für Wissenschaft sind Systematik und Methodik [...]. Die Wissenschaft sammelt Tatsachen [reproduzierbar messbare Dinge] und organisiert sie zu Systemen. Dabei folgt sie anerkannten methodischen Regeln. Die Einhaltung oder Nichteinhaltung dieser Regeln unterscheidet die wissenschaftliche Aussage von der unwissenschaftlichen.“ (Theimer, 1985)

### 6.4.3 Wie zitiert man Internetquellen im Text?

Im Text zitieren Sie nur den oder die Autoren oder die offizielle Institution und das Jahr der Erscheinung der Internetseite. Im Text geben Sie nicht den gesamten URL-Link an, da er im Literaturverzeichnis erscheint. Die Angabe von Internetstellen im Literaturverzeichnis ist in Kapitel 5.10 dargestellt.

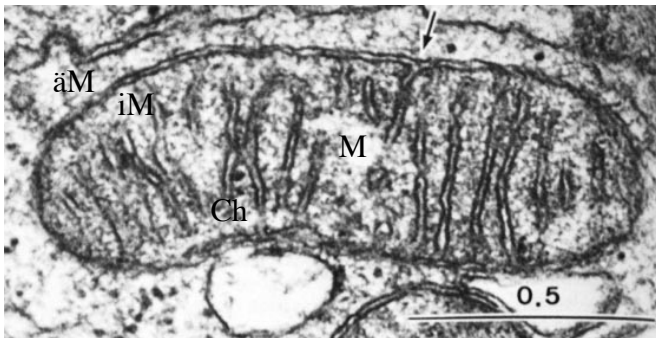
Beispiel für Literaturhinweis auf Internetstelle im Text:

In Deutschland konnten die Treibhausgas-Emissionen seit 1990 deutlich vermindert werden. Die in Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)-Äquivalente umgerechneten Gesamtemissionen (ohne Kohlendioxid-Emissionen aus Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft) sanken bis 2013 um rund 297 Millionen Tonnen (Mio. t) oder 23,7 Prozent (%). Für das Jahr 2013 wurden Gesamtemissionen in Höhe von 953 Mio. t berichtet, etwa 5,5 Mio. t mehr als im Vorjahr 2012, aber rund 14 Mio. t weniger als 2011 (Umweltbundsamt, 2015).

### 6.4.4 Wie kennzeichne ich Abbildungen, die aus anderen Arbeiten oder dem Internet stammen?

Jede Abbildung oder Tabelle, die Sie vollständig einer anderen Arbeit entnommen haben, müssen Sie unmittelbar darunter mit der Quellenangabe versehen. Diese Quellenangabe entspricht der Zitierweise in naturwissenschaftlichen Texten (6.4.1). Die vollständige Quellenangabe nehmen Sie mit Seitenangabe im Abschnitt "Zitierte Literatur" vor.

Beispiel einer Abbildung, die vollständig einer anderen Arbeit entnommen wurde:



**Abb. 5** Transmissionelektronenmikroskopische Aufnahme eines Mitochondriums aus Lymphocyten der Maus. Man erkennt die äussere (äM) und innere Membran (iM), die Christae (Ch) sowie die Matrix (M) des Mitochondriums.  
Quelle: Kleinig und Sitte (1986)

Haben Sie Daten verschiedener Arbeiten in einer Tabelle zusammengefasst, dann geben Sie sämtliche Quellen unter der Tabelle mit dem Hinweis "Werte entnommen aus:" an. Auch diese Quellenangabe entspricht der Zitierweise in naturwissenschaftlichen Texten (6.4.1). Die vollständige Quellenangabe nehmen Sie mit Seitenangabe im Abschnitt "Zitierte Literatur" vor.

Beispiel einer Tabelle, die aus Daten unterschiedlicher Arbeiten zusammengestellt wurde:

**Tabelle 4:** Treibhausgasemissionen nach Vorausberechnungen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in Gt (Gigatonnen) Kohlendioxidemission pro Jahr.

Jahr	Treibhausgasemission in Gt CO <sub>2</sub> /Jahr
2004	49
2030	57
2060	98
2100	102

Werte entnommen aus: IPCC (2007a), IPCC (2007b)



## **7 Umfang, Schrifttyp, Schriftgrösse und Seitenränder meiner Maturaarbeit**

Die Teile Einleitung, Material und Methoden, Ergebnisse, Diskussion und Zusammenfassung dürfen maximal 20 000 Wörter betragen. Die Länge der Zusammenfassung ist auf eine halbe Seite begrenzt. (Literaturverzeichnis, Vorwort und Dank und gegebenenfalls ein Anhang werden nicht gezählt.)

Als Schrifttyp verwenden Sie Arial, Schriftgrösse ist 11 Pt. oder 12 Pt. für den Fliesstext. Kapitelüberschriften können auch grösser sein, Bildunterschriften kleiner.

Binäre Namen von Organismen schreiben Sie kursiv.

Der Zeilenabstand beträgt 1,5.

Der Text ist in Blocksatz formatiert.

Als Seitenrand lassen Sie auf drei Seiten des Blattes ca. 3 cm, auf der linken (gebundenen) Seite einen cm mehr.

## **8 Redlichkeitserklärung**

Auf der letzten Seite Ihrer Maturaarbeit steht Ihre von Ihnen unterschriebene Redlichkeitserklärung. Sie hat folgenden Wortlaut:

"Ich bestätige, dass ich die Arbeit selbständig durchgeführt habe, sämtliche Eigen- und Fremdleistungen daklariert und die verwendeten Quellen nach den Regeln wissenschaftlichen Arbeitens nachgewiesen habe."

## 9 Beispiel für Bewertungsbogen einer Maturaarbeit in Biologie

Das unten gezeigte Bewertungsraster soll Ihnen als Checkliste dienen, ob Sie in Ihrer Arbeit diejenigen Aspekte berücksichtigt haben, die von Ihrer Betreuungsperson bewertet werden. Sollten einzelne Punkte des Rasters aufgrund des von Ihnen gewählten Themas nicht bewertbar sein, dann wird das Bewertungsraster an Ihre Arbeit angepasst. Auch können weitere Bewertungsaspekte aufgrund der Besonderheit Ihrer Arbeit hinzukommen. Die dargestellten Punktzahlen haben bei einer bestimmten Arbeit Anwendung gefunden. Die jeweilige Punktzahl kann entsprechend der Bedeutung des jeweiligen Aspekts in Ihrer Maturaarbeit stark variieren. Der Anhang wird nicht bewertet.

### Beispiel eines Bewertungsrasters

		Max. Punktzahl
Titel	Treffend und informativ formuliert	2
Einleitung	Sachlich korrekt in thematisches Umfeld eingeführt, qualitativ hochwertige Literaturangaben integriert	9
	Zielsetzung klar formuliert	4
Material und Methoden	Verwendete Materialien vollständig aufgeführt	3
	Verwendete Methoden vollständig und nachvollziehbar beschrieben	10
Ergebnisse	Ergebnisse korrekt und verständlich dargelegt, Abbildungs- und Tabellenhinweise sinnvoll in Text integriert	5
	Geeignete Form der Ergebnisdarstellung gewählt	6
	Angabe über Versuchswiederholungen vorhanden	2
	Kontrollversuche geeignet gewählt	5
	Experimente korrekt durchgeführt	8
	Sofern erforderlich, statistische Analyse vorhanden	4
Diskussion	Ergebnisse korrekt interpretiert	10
	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit anderen Arbeiten zum Themengebiet vorgenommen	8
Danksagung	Vorhanden	1
Allgemeine Beurteilungskriterien	Kompetenz und Ideenreichtum während der Durchführung gezeigt	10
	Sprache wissenschaftlich korrekt, präzise und verständlich	12
	Formale Kriterien einer wissenschaftlichen Arbeit eingehalten (Gliederung, Bildnummerierung, Tabellenummerierung, Bildunterschriften, Tabellenüberschriften, Abbildungen korrekt beschriftet)	12
	Optischer Gesamteindruck	6
Laborjournal vorschriftsgemäss	Aufzeichnungen mit Name und Datum versehen. Gute nachvollziehbarkeit der Notizen, Originalnotizen vollständig vorhanden, Originalskizzen vorgelegt, Rohdaten vorgelegt,	24
<b>Gesamtpunktzahl</b>		<b>141</b>

Maximal erreichbare Punktzahl: 141, ab 126 Punkten Note 6, mit 76 Punkten Note 4

Erreichte Punktzahl:

Gesamtnote:

Betreuer: Peter Salzer