

# Naturwissenschaftliche Maturarbeiten

## Die Anleitung für Einsteiger, Teil 1

### 1 Kernfragen einer naturwissenschaftlichen Maturaarbeit

Dieses Dossier bezieht sich auf Maturarbeiten in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie, Geographie und Physik; es fallen aber auch Maturarbeiten im anderen Fächern (Sport, Wirtschaft, Linguistik, ...) in diese Kategorie.

Im Rahmen einer naturwissenschaftlichen Maturaarbeit sind die unterschiedlichsten Themen möglich. Oft drehen sich aber auch scheinbar völlig unterschiedliche Arbeiten um ähnliche Kernfragen. Sehr häufig sind die folgenden drei Kernfragen:

#### 1.1 Was ist die geschätzte Grösse eines bestimmten „wahren Wertes“?

Mögliche Beispiele:

- „Wie viele Rehe leben auf dem Gebiet der Gemeinde Wattwil?“  
(Der „wahre Wert“ ist die genaue Anzahl der Rehe, die in der Gemeinde Wattwil vorkommen. Weil man aber kaum alle Rehe einfangen und zählen kann, muss man mit anderen Methoden versuchen, den wahren Wert so gut wie möglich zu schätzen.)
- „Wie viele Schüler der Kanti Wattwil sind Vegetarier?“
- „Wie gross ist die Schallgeschwindigkeit in Helium?“
- „Wie gross ist der mittlere Nitratgehalt des Zürichsees?“

#### 1.2 Besteht zwischen zwei beobachteten oder gemessenen Grössen ein Zusammenhang?

Mögliche Beispiele:

- „Besteht beim Löwenzahn ein Zusammenhang zwischen dem Durchmesser des Blütenstandes und der Anzahl Bienen, die darauf landen?“
- „Besteht ein Zusammenhang zwischen der Bodenfeuchtigkeit und dem Aufenthaltsort von Kellerassel?“
- „Hängt die Leitfähigkeit eines Kupferdrahtes von der Frequenz des angelegten Wechselstroms ab?“
- „Besteht ein Zusammenhang zwischen Kupfergehalt und Eisengehalt von Sedimentgesteinen?“

#### 1.3 Hat die experimentelle „Behandlung“/„Beeinflussung“ einen Effekt auf einen anderen, messbaren Wert?

Mögliche Beispiele:

- „Fördert das Abspielen von klassischer Musik das Wachstum von Pflanzen?“
- „Bevorzugen Echsen bestimmte Farben bei ihrer Nahrung?“
- „Leiten Eisendrähte besser, wenn sie vorher in einem starken Magnetfeld ausgeglüht werden?“
- „Steigert Schlafmangel die Leistung im Kugelstossen?“

Im Kapitel über das Versuchsdesign wird vor allem auf diesen letzten Typ von Arbeit eingegangen.

Es gibt durchaus Themen für Maturarbeiten, die nicht den genannten Typen entsprechen. Zum Beispiel: „Welche Amphibienarten kommen in meiner Wohngemeinde vor und wo kommen sie genau vor?“. An solche Arbeiten werden teilweise abweichende Anforderungen gestellt, was ein anderes Vorgehen nötig macht und mit der betreuenden Lehrkraft abgesprochen werden muss. Nichtsdestotrotz können auch für diese anderen Maturarbeitstypen einzelne Abschnitte dieses Dossiers nützlich sein.

Was passiert im schlimmsten und was im besten Fall, wenn du eine naturwissenschaftliche Maturaarbeit durchführst? Im schlimmsten Fall verbringst du sehr viel Zeit mit dieser Arbeit, bist ständig gelangweilt/frustriert/gestresst und nichts klappt. Du verstehst eigentlich gar nicht so genau, was du machst, bekommst wertlose Resultate und am Schluss noch eine schlechte Note. Zusammengefasst: Viel vergeudete Zeit.

Im besten Fall verbringst du sehr viel Zeit damit, bist nur manchmal gelangweilt/frustriert/gestresst und vieles funktioniert. Du verstehst, was du machst, warum du es machst und bekommst glaubwürdige Resultate. Und am Schluss noch eine gute Note. Zusammengefasst: Du hast viel gelernt über dein Thema, aber letztlich noch viel wichtiger: Du hast sehr viel gelernt über wissenschaftliches Arbeiten. Das kann dir in deiner zukünftigen beruflichen Laufbahn von enorm grossem Nutzen sein.

Das Ziel dieses Dossiers ist es, dir die nötigen Infos zu geben, damit deine Maturarbeit zur zweiten Sorte gehören wird.

## 2 Ein Beispiel zum Einstieg

An dieser Schule gehört zu einer naturwissenschaftlichen Maturarbeit zwingend eigenes, praktisches Arbeiten. Das sind meist Experimente, Beobachtungen oder Untersuchungen. Das bedeutet, für reine Literaturrecherche-Arbeiten wirst du vermutlich keine betreuende Lehrperson aus diesen Fächern finden. Einerseits gäbe es zwar sehr interessante Themen wie z.B. Malaria oder Wale, welche aber im Rahmen einer Maturarbeit auf einer rein theoretischen Basis bearbeitet werden können. Das heisst, man liest Bücher und Internetartikel und fasst diese anschliessend zusammen. Diese Sorte Maturarbeiten wird in den Naturwissenschaften an der Kanti Wattwil nur in begründeten, sehr seltenen Ausnahmen unterstützt. Andererseits gibt es Themen, die weniger attraktiv scheinen, die sich aber hervorragend eignen für eine Maturarbeit, z.B. die Bänderschnecken im eigenen Garten – einfach deshalb, weil das Untersuchungsobjekt erstens verfügbar ist und zweitens auch praktisches Experimentieren möglich ist.

Da du dieses Dossier in die Hand gedrückt bekommen hast, werden vermutlich experimentieren/beobachten/messen wichtige Bestandteile deiner Maturarbeit werden. Erfahrungsgemäss ist dieser Teil zusammen mit der Auswertung der Resultate derjenige Teil der Maturarbeit, der den grössten Einfluss auf die Note hat. Das bedeutet, wenn du diesen Teil richtig machst, musst du dich beim Rest der Arbeit schon fast absichtlich ungeschickt oder faul stellen, um eine ungenügende Note zu schaffen.

Hier gleich noch eine wichtige Anmerkung, die auch später nochmals aufgegriffen wird: Der entscheidende Punkt ist, das du den experimentellen Teil „nach allen Regeln der Kunst“ durchführst und nicht, dass du das „richtige“ (sprich erwünschte) Resultat bekommst. Ein Beispiel dazu:

Eine Schülerin will untersuchen, ob ein selbst entwickelter Dünger bei Erdbeerpflanzen zu mehr Ertrag führt. Wenn sie die Versuche nach allen Regeln der wissenschaftlichen Kunst durchführt und etwas enttäuscht feststellen muss, dass kein Unterschied zu den ungedüngten Pflanzen nachweisbar ist, dann wird sie vermutlich nicht Millionärin mit einem neuen Dünger werden, aber sie bekommt wenigstens eine gute Maturarbeits-Note.

Wenn die Schülerin einen oder mehrere grundlegende und vermeidbare Fehler macht bei ihrer Arbeit, bekommt sie falsche Resultate und schreibt in der Maturarbeit, dass ihr Dünger eine phänomenale Wirkung hat. Sie wird damit trotzdem nicht Millionärin werden, weil bei genauem Hinsehen der Dünger eben doch nicht wirkt. Und ausserdem kriegt sie noch eine schlechte Note, obwohl sie ein scheinbar „tolles Resultat“ vorweisen konnte.

Deshalb ist es wichtig, dass du darüber Bescheid weisst, worauf du bei den Versuchen achten musst. Es ist entscheidend, dass du dir schon im Voraus sehr genau überlegst, was du testen willst, und wie du dabei vorgehen musst. Man nennt dies das *Versuchsdesign*. Ein gutes Versuchsdesign ist schon die halbe Miete. Wie du das machst, wird in einem späteren Kapitel erklärt.

Wenn du dann Daten durch deine Versuche erhalten hast, müssen diese noch ausgewertet werden. Das bedeutet *Statistik*. Das kann zuerst etwas abschrecken, da du dich mit Statistik vermutlich nicht auskennst. Aber das macht nichts, du bekommst dabei Unterstützung. Aber wozu überhaupt Statistik?

Bleiben wir beim Beispiel mit dem Dünger und den Erdbeeren. Die Schülerin hat 20 Erdbeerpflanzen, 10 davon düngt sie, die anderen 10 nicht. Zu einem bestimmten Zeitpunkt erntet sie alle Erdbeerfrüchte und misst das Gewicht der Erdbeeren. Was macht sie nun mit diesen Zahlen? Schauen wir uns verschiedene Möglichkeiten an. Stell dir vor, du sitzt in der Präsentation dieser Maturarbeit.

### 2.1 Erster Versuch

Die Schülerin notiert die Einzelgewichte von allen Erdbeeren, z.B. so wie in Tabelle 1. (In Wirklichkeit sollte sie natürlich viel mehr Werte haben. Aber ist ja nur ein Beispiel.)

Ohne weiter auf ihre Zahlen einzugehen, zieht die Schülerin die Schlussfolgerung: „Der Versuch hat bewiesen: Der Dünger führt zu einem höheren Ertrag.“ Als Zuhörer dieses Maturarbeits-Vortrages wärst du zu Recht skeptisch, ob das wirklich stimmt.

### 2.2 Zweiter Versuch

Die meisten Kantischüler sind so gebildet, dass sie merken, dass man mit den einzelnen Werten noch etwas „rechnen“ müsste. Vermutlich bist du auch schon auf die Idee gekommen: Der Mittelwert = Durchschnittsgewicht der Erdbeeren wäre

Gewicht der Erdbeeren in g	
ungedüngt	gedüngt
16.1	18.2
8.2	5.9
10.6	12.4
12.4	8.8
7.2	15.7
14.9	17.5

Tab. 1: Rohdaten des Erdbeerversuchs

Gewicht der Erdbeeren in g	
ungedüngt	gedüngt
16.10	18.20
8.20	5.90
10.60	12.40
12.40	8.80
7.20	15.70
14.90	17.50
Durchschnitt	Durchschnitt
11.57	13.08

Tab. 2: Zweiter Versuch – leicht ausgewertete Daten.

eine hilfreiche Grösse. In Tabelle 2 ist der Durchschnittswert berechnet. Schon besser. Das Durchschnittsgewicht ist gedüngt höher als ungedüngt. Bist du immer noch nicht ganz überzeugt? Gut so.

### 2.3 Dritter Versuch

Eine schlaue Kantischülerin, die ebenfalls an der Präsentation dieser Maturarbeit mit dabei ist, und die zu viel Zeit hat (ich sag ja, ist nur ein hypothetisches Beispiel), denkt sich: „Ok, das prüfe ich mal nach!“. Die Schülerin, welche die Arbeit geschrieben hat, will aber weder den Dünger rausrücken noch das Rezept dazu, das ist Betriebsgeheimnis, und sie will ja Millionen damit verdienen. Die kritische Schülerin hat aber schon 35 Erdbeerpflanzen gekauft. Sie denkt sich: „Mach ich den Versuch genau gleich wie in der Maturarbeit, aber ich dünge halt keine der Pflanzen.“ Sie teilt die Pflanzen in fünf Siebnergruppen ein und misst das Gewicht der Erdbeeren. Sie bekommt die Resultate in Tabelle 3. Und schon ist es vorbei mit der tollen Dünger-Geschäftsidee. Es zeigt sich hier nämlich, dass man auch ungedüngt Durchschnittsgewichte bekommt, die das Durchschnittsgewicht der Gedüngten erreichen oder übertreffen. Wie ist das möglich? Ganz einfach: Natur! Bei Lebewesen gibt es immer natürliche Unterschiede, Schwankungen, Abweichungen, kleine Zufallseffekte, etc. Und hier setzt die Statistik ein.

Mit geeigneten statistischen Methoden berechnet man, wie gross die Chance ist, dass der beobachtete Effekt auch auf Zufall oder natürlichen Schwankungen beruhen könnte.

ungedüngt	ungedüngt	ungedüngt	ungedüngt	ungedüngt
15.20	8.20	10.70	14.80	7.60
12.50	13.20	18.10	16.10	9.10
4.90	8.90	9.50	10.90	9.50
10.10	12.70	19.50	18.00	12.80
5.00	15.00	9.20	9.20	4.20
11.30	6.80	14.30	13.60	6.00
Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt	Durchschnitt
9.83	10.80	13.55	13.77	8.20

Tab. 3: Kontrollversuch mit fünf Gruppen von ungedüngten Erdbeeren (Versuch Nr. 3).

Noch ein zweites Beispiel, um das zu illustrieren. Du machst mit einem Kollegen ein Würfelspiel. Jeder bekommt drei Würfel. Wer die höhere Gesamtsumme würfelt, bekommt vom anderen einen Franken. Du würfelst 3, 6, 4. Er würfelt 6, 4, 6 und gewinnt den Franken. Nächste Runde. Du würfelst 5, 5, 2, er 6, 6, 6 und gewinnt wieder. Naja, ist möglich, Zufall eben. Dann würfelt er nochmals drei Sechsen. Es ist durchaus möglich, dass er fünfmal hintereinander drei Sechser würfelt. Sehr selten, aber möglich. Oder doch schon unwahrscheinlich? Ab wann beginnst du zu vermuten, dass seine Würfel manipuliert sein könnten, z.B. durch ein Bleigewicht auf der Seite, die der 6 gegenüberliegt? Genau solche Dinge kann man mithilfe der Statistik besser beurteilen.

Du siehst, Statistik eignet sich dafür, um abzuschätzen, wie hoch die Chance ist, dass ein Effekt durch „Zufall“ erreicht wird. Genau dafür brauchst du die Statistik in deiner Maturarbeit. Im Erdbeerenbeispiel heisst das, die Schülerin muss herausfinden, wie gross die Wahrscheinlichkeit ist, dass das höhere Gewicht der gedüngten Erdbeeren nicht auf den Dünger zurückzuführen ist, sondern ein Zufallseffekt ist.

Idealerweise kannst du am Schluss deiner Maturarbeit z.B. sagen: Meine Resultate sind mit einer Wahrscheinlichkeit von unter 5% mit dem Zufall zu erklären. Oder eben auch: Meine Resultate könnten mit einer Wahrscheinlichkeit von 40% auf Zufallseffekten beruhen. Im Düngerbeispiel würde das bedeuten, dass es sich nicht zeigen lässt, ob die Grösse der Erdbeeren wegen dem Dünger zugenommen hat oder wegen anderer Effekte. Das ist zwar nicht „sexy“, aber bei einer seriösen wissenschaftlichen Arbeit völlig in Ordnung. Du bekommst keinen Nobelpreis dafür, wirst aber auch nicht als Betrüger oder ahnungsloser Trottel blossgestellt. Und wie gesagt: Eine gute Maturarbeitsnote liegt trotz dem „unschönen“ Resultat immer noch drin. Ohne Statistik stehst du an der Präsentation da und musst Dinge sagen wie: „Ich hab das Gefühl, meine Daten zeigen, dass . . .“ oder „Meine Oma glaubt, meine Daten zeigen, dass ...“. Man muss der Statistik nicht blind vertrauen, aber sie ist das beste Mittel, um abschätzen zu können, wie vertrauenswürdig Daten und darauf basierende Aussagen sind.

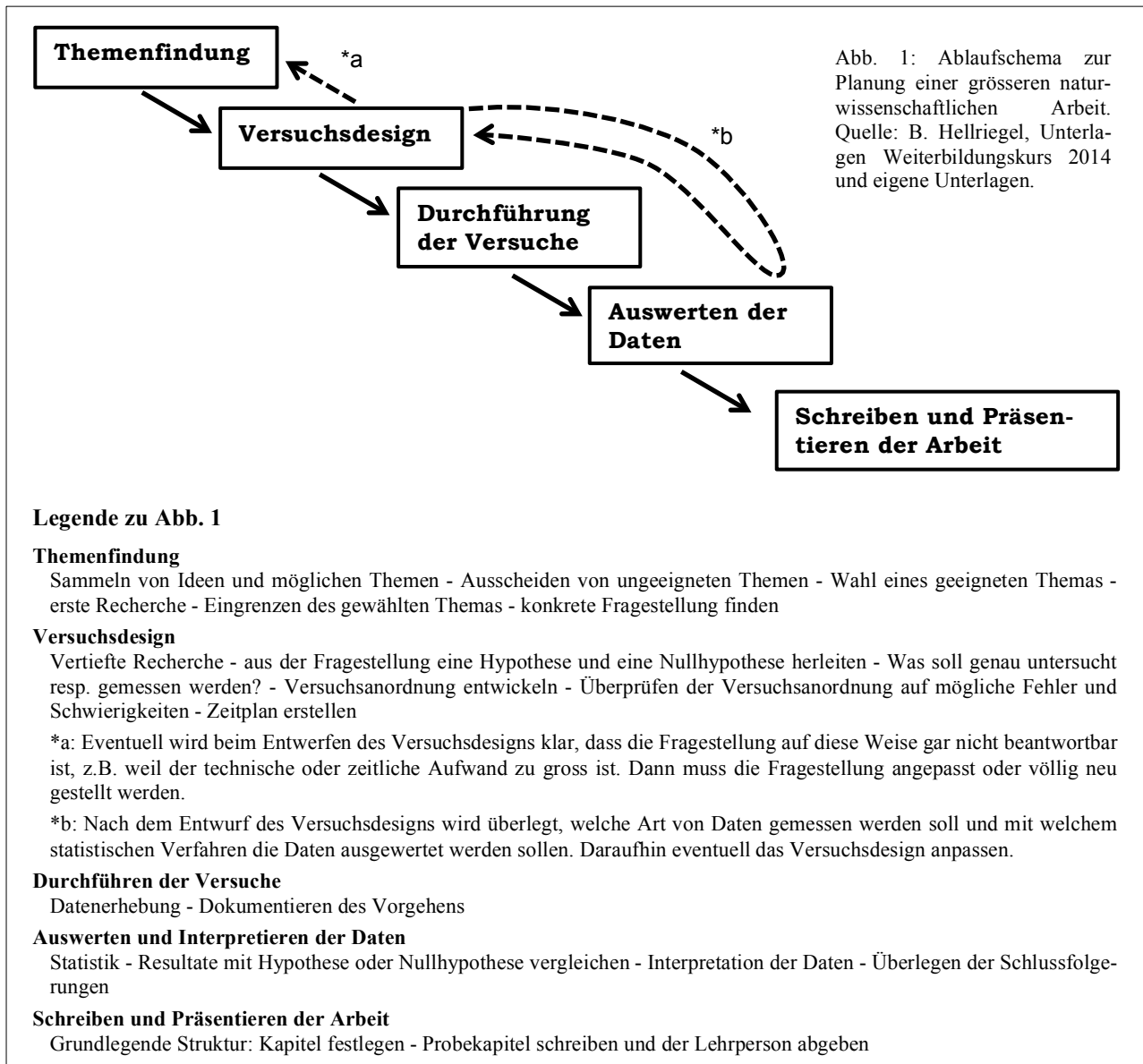
Noch eine letzte Bemerkung zur Statistik: Es gibt tatsächlich biologische Untersuchungen, die ohne Statistik auskommen (oder auskommen müssen). Das sind aber spezielle Fälle, die als Maturarbeit nur in begründeten Ausnahmen vorkommen sollten und mit der Betreuungsperson vorgängig abgesprochen sein müssen.

Genauer zur Statistik folgt dann im Teil 2 des Dossiers.

Wenn du dann beginnst, deine Versuche zu planen, gibt es dabei vieles zu beachten. Ein Punkt dabei ist, sich schon im Voraus zu überlegen, welches statistische Verfahren sich für deine Arbeit eignet. Und dann geht man nochmals zum Versuchsdesign zurück und überlegt sich, ob man das Versuchsdesign noch optimieren kann, damit man möglichst solche Werten misst, die sich für dieses statistische Verfahren eignen. Das klingt kompliziert, heisst aber nur, dass man bei der Planung auf schon getroffene Entscheidungen und Überlegungen zurückkommt und schaut, ob man sie noch verbessern kann.

### 3 Phasen im Ablauf der Maturarbeit, Überblick

Ein mögliches Planungsschema für eine grössere naturwissenschaftliche Arbeit ist in Abb. 1 dargestellt. Auf die einzelnen Schritte wird im Text weiter unten genauer eingegangen.



### 4 Themenfindung

#### 4.1 Themen sammeln

- Was für Themen oder Bereiche interessieren mich?
- Gibt es in früheren Maturarbeiten in der Mediathek Themen, die mich ansprechen? Ist vielleicht eine Nachfolge-Arbeit darüber möglich, die andere Aspekte des behandelten Themas aufgreifen?
- Gibt es Themen, über die ich schon einiges weiss und wo ich dieses Wissen vertiefen möchte?
- Gibt es Themen, über die ich fast nichts weiss, die mich aber interessieren würden?
- Gibt es Themen, über die ich kürzlich etwas in der Zeitung gelesen habe, die mich interessieren würden?
- Gibt es mögliche Themen, die mit einem meiner Hobbies zu tun haben?

#### 4.2 Themen verwerfen

- Welche Themen sind praktisch nicht durchführbar und fallen weg?

Themen müssen zum Beispiel verworfen werden, wenn sie zu teuer, zu zeitaufwändig, technisch zu anspruchsvoll, zu gefährlich, aus Tierschutzgründen verboten sind oder weil das Versuchsobjekt nicht „erreichbar“ ist. (Zu letzterem gehören auch Arbeiten, die z.B. in den Sommerferien im Urlaub im Ausland durchgeführt werden müssen. Beispielsweise in den Tauchferien die Unterwasserfauna in Griechenland untersuchen. Grund: Bist du während dieser Ferien krank und kannst die Untersuchungen nicht machen, ist die Maturarbeit gestorben, denn du kannst kaum zu einem späteren Zeitpunkt nochmals nach Griechenland reisen, um das nachzuholen.)

### 4.3 Verbleibende Themen mit möglichen Betreuungspersonen besprechen

---

Oft macht es Sinn, hier mit möglichen Betreuungspersonen Kontakt aufzunehmen und deine Ideen kurz zu besprechen. Ziel dieses Schrittes ist es einerseits, herauszufinden, welche Lehrperson Interesse an deinem Thema hätte und dich betreuen würde. Vielleicht weiss die angesprochene Lehrperson z.B. dass es in der Fachschaft jemanden gibt, die sich mit diesem Thema besser auskennt und auch besser als Betreuungsperson geeignet wäre. Ebenso kann man hier auch abklären, ob die Lehrperson Kapazität hat, deine Arbeit zu betreuen (vielleicht hat sie ja schon mehrere Anfragen für die Betreuung von Maturarbeiten). Andererseits geht es auch darum, dass die Lehrperson hier schon unterstützend eingreifen kann, indem sie z.B. von einem Thema abrät. Weil sie aus Erfahrung weiss, dass dieses Thema sich trotz deiner Überlegungen nicht für Maturaarbeiten eignet. Oder dass sie dir einen Tipp geben kann, in welche Themen-Richtung du weiter überlegen kannst. Wenn du eine Betreuungsperson gefunden hast, die Interesse hat, deine Maturaarbeit zu betreuen, geht's zum nächsten Schritt.

### 4.4 Überblick über das Thema erarbeiten

---

Falls du das nicht bis hierhin schon gemacht hast, musst du dich spätestens jetzt ins Thema einlesen. Dies deshalb, weil du in einem nächsten Schritt das Thema eingrenzen musst. Aber solange du noch wenig Ahnung von Thema hast, ist es schwierig etwas einzugrenzen oder eine konkrete, interessante Fragestellung zu finden. Du brauchst also ein Buch, welches dir einen Überblick über das Thema verschafft. Schau in der Mediathek nach, ob es vom Thema oder Stil her schon ähnliche Maturaarbeiten gibt. Beides kann dir Ideen liefern, welche konkrete Frage du angehen könntest. Es geht nicht darum, dass du schon die gesamte Literatur zum Thema durcharbeitest (das kommt später noch). Du musst nicht mal das ganze Buch von A bis Z durchgelesen haben. Aber die wichtigsten Kapitel und Abschnitte. Kurz: Du brauchst ein Vorwissen über das Thema.

### 4.5 Thema eingrenzen

---

Oft ist ein Thema als Ganzes zu gross und du musst dir eine Fragestellung überlegen, die du untersuchen möchtest und auch untersuchen *kannst*.

Ein Beispiel: Du interessierst dich für das Lernverhalten von Tieren. Das ist als Thema natürlich viel zu umfangreich. Aus dem Buch, das du zu diesem Thema bearbeitet hast (siehe Punkt 4.4) kennst du einige Versuche, welche von Forschern durchgeführt wurden. Das bringt dich auf die Idee, Lernversuche mit Hauskatzen zu machen. Du überlegst dir, dass du den Katzen kleine Aufgaben stellen könntest, und sie mit Futter für die Lösung der Aufgaben belohnen könntest.

### 4.6 Konkrete Fragestellung suchen

---

Überlege dir nun eine konkrete Fragestellung. Z.B. „Können Katzen lernen, dass bei unterschiedlicher Musik das Futterstücklein unter einer bestimmten farbigen Schachtel versteckt ist? Also z.B. immer wenn klassische Musik abgespielt wird, ist das Futter unter der grünen Schachtel versteckt und bei Pop unter der blauen Schachtel.“

Mit dieser Fragestellung gelangst du zur Betreuungsperson und besprichst das mit ihr. Nach diesem Gespräch wirst du vermutlich die Fragestellung nochmals anpassen müssen.

### 4.7 Thema und Fragestellung in Absprache mit Betreuungsperson festlegen.

---

Das ist dann der letzte Schritt, der letztlich in den unterschrittsreifen Maturaarbeits-Vertrag mündet.

## 5 Versuchsdesign

Hier geht es darum, dir Versuche zu überlegen, die zu verwertbaren Resultaten führen. Das Versuchsdesign ist ein sehr zentraler Punkt für die Maturarbeit und ganz allgemein für wissenschaftliches Arbeiten. Mit einem ungenügenden oder schlechten Versuchsdesign bekommt man keine oder keine brauchbaren Daten. Wenn es bei der Themenfindung um die Frage ging „*Was* mache ich?“ geht es beim Versuchsdesign um das „*Wie* mache ich es?“.

### 5.1 Formulieren einer Hypothese und einer Nullhypothese

---

Nehmen wir wieder das Beispiel mit den Erdbeeren. Die Fragestellung, die schon vorher (bei der Themenfindung) festgelegt wurde, laute „Hat der selbst hergestellte Dünger einen Einfluss auf Grösse der Erdbeeren?“

Die Hypothese, die sich daraus ableiten liesse, könnte z.B. heissen: „Die Verwendung des Düngers führt zu schwereren Erdbeeren.“ Das bedeutet, die Hypothese ist eine konkrete, untersuchbare (=messbare!) Behauptung oder Vermutung. Man versucht also mit seinen Experimenten zu zeigen, dass die Hypothese stimmt. Kann man das nicht, dann muss die Nullhypothese stimmen.

Die Nullhypothese ist *fast* das Gegenteil der Hypothese: „Bei Verwendung des Düngers lässt sich kein höheres Gewicht der Erdbeeren nachweisen.“

Das ist nur *fast* das Gegenteil der Hypothese. Das „echte“ Gegenteil wäre ja „Die Verwendung des Düngers führt *nicht* zu schwereren Erdbeeren.“ Der springende Punkt ist ein kleines Detail: Man kommt unter Umständen durch die Resultate des Versuches zum Schluss, dass man keine sichere Aussage machen kann. Das heisst, man kann nicht belegen, dass der Dünger zu schwereren Erdbeeren führt, aber man kann genauso wenig sicher sein, dass es keinen Einfluss hat. Man kann es aufgrund der Versuche einfach nicht beantworten. Wenn man nun die Hypothese und als Nullhypothese das „echte“ Gegenteil hat, passt dieses Resultat weder zur Hypothese noch zur Nullhypothese. Deshalb muss die Nullhypothese so formuliert sein, dass sowohl ein klares Resultat („die Erdbeeren sind eindeutig nicht schwerer“) als auch ein unsicheres Resultat („es ist unklar, ob die Erdbeeren nun schwerer sind oder nicht“) zur Nullhypothese passen.

Auf den ersten Blick scheint das für den Laien etwas spitzfindig. Man wird ja wohl sagen können, ob die Erdbeeren nun schwerer sind oder nicht. Aber beim Kapitel über die Statistik wirst du sehen, dass das nicht so simpel ist, wenn man sich die Sache wissenschaftlich genau anschaut (siehe das Zahlenbeispiel mit dem Durchschnittsgewicht der Erdbeeren weiter oben).

Kann die Hypothese nicht „bewiesen“ werden, gilt automatisch die Nullhypothese.

Wichtig: Hypothese und Nullhypothese beinhalten keine „Erklärungen“ oder Ursachen des zu beobachtenden Phänomens. Das bedeutet, die Hypothese lautet: „Die Verwendung des Düngers führt zu schwereren Erdbeeren“ und nicht: „Die Verwendung des Düngers führt zu schwereren Erdbeeren, *weil* der Dünger das Wachstum der Pflanzen fördert.“ Der Grund dafür ist, dass man nur das Gewicht der Erdbeeren messen kann, aber nicht, wie der Dünger genau eine allfällige Veränderung bewirkt hat. Stellt man tatsächlich eine Wirkung des Düngers fest, könnte man durch weitere Experimente versuchen herauszufinden, *wie* der Dünger wirkt. Es könnte ja z.B. sein, dass der vermeintliche Dünger gar nicht direkt das Wachstum der Pflanzen fördert, sondern indirekt, indem er Schädlinge abtötet (es wäre also eigentlich gar kein Dünger, sondern ein Insektizid.)

## 5.2 Was messen und wie messen?

---

Das ist eine scheinbar simple Frage, die es aber in der Realität faustdick hinter den Ohren haben kann. Bleiben wir beim Erdbeer-Beispiel. Es ist ziemlich klar, dass man das Gewicht der Erdbeeren misst. Ein erster, relativ offensichtlicher Punkt, den man klären muss, ist: Mit welcher Waage wäge ich das? Wie genau misst die Waage? Wie genau notiere ich das Gewicht, wenn die Waage z.B. bis auf Tausendstelogramm genau misst?

Wenn man das entschieden hat, ist der Punkt aber noch nicht abgehakt. Wenn man nämlich versucht, sich das Vorgehen möglichst konkret vorzustellen, stellt man fest, dass man sich z.B. entscheiden muss, *wann* man das Gewicht misst.

- Ernte ich alle Erdbeeren genau am 30. Tag nach der ersten Düngung (nennen wir das Methode 1)?
- Oder ernte ich die Erdbeeren, wenn sie reif sind und wäge sie dann (= Methode 2)?
- Wäge ich das Einzelgewicht jeder Erdbeere oder das Gesamtgewicht aller Erdbeeren einer Pflanze (= Methode 3)?
- Wäge ich das Frischgewicht oder das Trockengewicht (= Methode 4)?

Das hat unter Umständen einen riesigen Einfluss auf die Messergebnisse, die man bekommt: Wenn die Erdbeeren durch den Dünger nicht schneller wachsen, sondern einfach länger, dann würde man mit der Methode 1 keinen Unterschied zwischen gedüngt und ungedüngt feststellen. Aber mit der Methode 2 schon, da die gedüngten Erdbeeren vielleicht erst nach 40 Tagen voll ausgereift sind und nicht mehr weiter wachsen, während die Ungedüngten schon mit 30 Tagen ausgereift sind und dann nicht mehr grösser werden. Und ganz grundsätzlich stellt sich die Frage, woher man weiss, zu welchem Zeitpunkt man das Gewicht messen soll. Vielleicht sind nach 30 Tagen schon alle Erdbeeren überreif und verfault. Vielleicht ist aber nach 30 Tagen erst gerade der Blühzeitpunkt vorbei und noch gar keine messbaren Früchte da.

Bei der Methode 2 stellt sich die grundlegende Frage, wie man die Erdbeeren als „reif“ definiert. Über die Farbe? Damit das nicht völlig subjektiv wird („das ist rot genug“) müsste man sich eine Messmethode für die rote Farbe überlegen. Als Minimallösung müsste man eine Farbskala nutzen und beim Erreichen eines bestimmten Rot-Tones auf der Skala die Erdbeeren ernten. Aber was ist, wenn die Erdbeere auf der einen Seite noch grün ist und auf der anderen Seite schon rot? Weiter stellt sich die Frage, wann man rein zeitlich aufhört zu messen. Es könnte ja sein, dass bis im Dezember noch Erdbeeren reifen, wenn man den Versuch im Haus drin macht.

Methode 3: Angenommen, der Dünger führt dazu, dass die Erdbeerpflanzen tatsächlich doppelt so grosse Früchte bilden. Wenn aber dafür nur halb so viele Erdbeeren pro Pflanze wachsen...?

Methode 4: Angenommen, die gedüngten Erdbeeren sind schwerer. Aber der Effekt kommt dadurch zustande, dass sie einfach mehr Wasser einlagern. Sie wären dann grösser, aber fader. Zähle ich das auch als Erfolg? Oder untersuche ich

das Trockengewicht, d.h. ich entferne das Wasser durch dörren/trocknen der Erdbeeren und wäge dann (= Trockengewicht)?

Je genauer du dir das überlegst, desto mehr Probleme hast du schon zum Voraus aus dem Weg geräumt. Und natürlich werden es bei deiner Arbeit andere Punkte sein, die du dir zum Thema „was und wie messe ich“ überlegen musst, da du ja kaum Erdbeeren wägen wirst.

Werden Messgeräte verwendet, dann müssen diese eventuell vorgängig geeicht werden. Das muss auf jeden Fall abgeklärt werden. Ausserdem muss man herausfinden, ob das Messgerät durch andere Faktoren beeinflusst wird. Die Sensoren für die Sauerstoffmessung im Wasser an der Kanti werden z.B. durch die Temperatur beeinflusst. Wenn man das nicht weiss und sich die Zimmertemperatur verändert, bekommt man auch veränderte Werte, die nicht mehr korrekt sind. Solche Angaben findet man oft in der Bedienungsanleitung des Gerätes.

### 5.3 Vermeiden von unerwünschten Einflussfaktoren

Damit sind wir bei den „Heckenschützen“ auf jegliche Experimente. Dieses Thema hat schon teure Forschungen ruiniert und Doktorarbeiten in den Sand gesetzt. Worum geht es?

Bei den Erdbeeren will man den Einfluss des Düngers messen. Das wäre sozusagen der erwünschte Einflussfaktor. Nehmen wir mal an, die Schülerin führt das Experiment in fast jeder Hinsicht perfekt durch. Das Einzige, was ihr entgeht ist Folgendes: Sie stellt ihre Versuchspflanzen auf dem Fenstersims auf. Links stehen die ungedüngten Pflanzen, rechts die gedüngten. Draussen vor dem Fenster steht in 10m Abstand ein kleiner Baum. Würde die Schülerin nun einen ganzen Tag lang vor dem Fenster sitzen, würde sie bemerken, dass der Baum am Vormittag Schatten wirft, der aber nur die Erdbeerpflanzen links erreicht. Sprich, die ungedüngten Erdbeeren haben täglich eine Stunde weniger direkte Sonneneinstrahlung. Wenn jetzt die gedüngten Pflanzen einen höheren Ertrag ergeben: Was hat ihn verursacht? Der Dünger oder die erhöhte Sonneneinstrahlung? Antwort: Keine Ahnung. Könnte beides sein, man kann die Frage nicht beantworten. Die Maturarbeit würde kein brauchbares Resultat ergeben. Die unterschiedliche Sonneneinstrahlung ist so ein unerwünschter Einflussfaktor.

Wie müsste die Schülerin vorgehen? Als erstes muss sie sich möglichst genau überlegen, was in ihrem Versuch als unerwünschter Einfluss auftreten könnte. Neben der Sonneneinstrahlung käme sie so z.B. auf die Idee, dass die Bewässerung bei allen Pflanzen gleich sein muss, d.h. jede Pflanze bekommt eine genau abgemessene Menge Wasser, keinesfalls einfach nach „Gefühl“ giessen. Vielleicht befindet sich unter dem Fensterbrett ein Heizkörper, oder im Fensterbrett hat es Lüftungsschlitze, welche die warme Luft vom Heizkörper aufsteigen lassen. Oder die Schülerin kauft zwei Säcke mit Gartenerde, um die Erdbeeren einzutopfen (und der Nährstoffgehalt der beiden Säcke unterscheidet sich). Oder die Schülerin pflanzt die Erdbeeren in unterschiedlich grosse Töpfe, oder sie verwendet für beide Versuchsgruppen dieselbe Giesskanne, sodass die ungedüngten Pflanzen jedes Mal Rückstände vom Flüssigdünger aus der Giesskanne bekommen, und so weiter... Kurz gesagt, bis auf den zu untersuchenden Faktor (hier der Dünger) sollten alle anderen Faktoren für die beiden Probegruppen identisch sein. Alle kriegen gleich viel Licht, Wasser, Temperatur, etc.

Wenn sie das alles berücksichtigt hat, gibt es noch einen Trick, den sie anwenden sollte, da eventuell noch immer Standortunterschiede existieren, die sie nicht entdeckt hat.

Bezeichnen wir die Töpfe, die nicht gedüngt werden mit „1“ und die gedüngten Töpfe mit „2“. Ursprünglich wollte sie die ungedüngten Töpfe links aufstellen, die gedüngten rechts. Also so:

1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2

Besser ist es, die Töpfe so aufzustellen:

1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2

Du müsstest jetzt eigentlich verstehen, weshalb diese Anordnung sicherer ist.

Ein Problem hat sie aber immer noch nicht gelöst: Wenn die Erdbeerpflanzen nicht alle Klone sind (was bei den Erdbeeren tatsächlich machbar wäre), sind die einzelnen Pflanzen genetisch mehr oder weniger unterschiedlich. Das Phänomen kennst du bestens vom Menschen. Wenn du nicht gerade eineiige Zwillinge untersuchst, sind die Menschen zwar alle Menschen, aber unterschiedlich gross/stark/sprachbegabt/kreativ/schwer etc.

Auf das Erdbeerbeispiel bezogen bedeutet dies, dass die Schülerin eigentlich nicht weiss, ob unterschiedlich grosse Früchte nicht auf zufällige genetische Unterschiede der Erdbeerpflanzen beruhen. Wie man dieses Problem reduziert, wird im folgenden Abschnitt erklärt.

### 5.4 Kontrollgruppe

Eigentlich steht die Idee der Kontrollgruppe in direktem Zusammenhang mit dem vorhergehenden Abschnitt. Wenn die Schülerin die Wirkung ihres Düngers testen will, braucht sie eine zweite Gruppe von Erdbeerpflanzen, die nicht gedüngt werden, um zu sehen, ob ein Unterschied festzustellen ist. Diese ungedüngten Erdbeeren sind die Kontrollgruppe.

Allgemein formuliert: Wenn man den Einfluss eines Faktors auf eine Gruppe untersuchen will, braucht man eine Kontrollgruppe, bei der alles identisch ist, ausser dem zu untersuchenden Faktor. Eigentlich logisch, geht aber manchmal vergessen.

## 5.5 Zufallsauswahl, Stichproben

Wenn man den Versuch mit genau 2 Erdbeerpflanzen durchführen würde, dann ist die Chance gross, dass aufgrund der genetischen Unterschiede eine der beiden Pflanze grössere Früchte produziert als die andere, unabhängig von der Düngung. Wenn man aber eine grosse Zahl Pflanzen in beiden Gruppen hat, dann gleichen sich diese Unterschiede in beiden Gruppen aus. Das bedeutet, bei den gedüngten Pflanzen haben wir welche, die von Natur aus *grosse* Erdbeeren bilden und wir haben auch welche dabei, die von Natur aus *kleine* Erdbeeren bilden. Dasselbe bei den ungedüngten Pflanzen. Das heisst, die individuellen Unterschieden in den beiden Gruppen heben sich auf (identisches Durchschnittsgewicht der Erdbeeren in den beiden Gruppen, falls beide Gruppen *nicht gedüngt* würden), sodass am Schluss tatsächlich nur der Dünger den Unterschied ausmacht. Je grösser die beiden Gruppen sind, desto besser funktioniert dieses Prinzip. Im Prinzip. Aber nicht immer in der Realität. Da pfuscht nämlich oft das menschliche Unterbewusstsein hinein. Konkret könnte das so aussehen: Die Schülerin kauft sich 40 Erdbeerpflanzen und teilt sie zwei Gruppen zu je 20 Pflanzen ein, die einen werden gedüngt, die anderen nicht. Unbewusst möchte die Schülerin natürlich, dass ihr Dünger funktioniert und ein Erfolg ist. So teilt sie (ohne sich dessen im Klaren zu sein) diejenigen Erdbeerpflanzen, welche schon vor Versuchsbeginn gesund und kräftig aussehen, in die Gruppe ein, welche gedüngt wird, und die Pflanzen, die eher etwas kleiner und schwächer aussehen in die ungedüngte Gruppe. Das heisst, sie hat wieder von Anfang an zwei unterschiedliche Gruppen, welche auch ohne Dünger unterschiedliche Resultate liefern würden.

Dies lässt sich mit einer Zufalls-Zuteilung oder einer Zufalls-Auswahl umgehen. Das bedeutet, die Schülerin nummeriert alle Töpfe. Dann schreibt sie jede Nummer noch auf ein Zettelchen, faltet diese, wirft sie in einen Topf, schüttelt gut durch und zieht dann ohne hinzuschauen 20 Zettelchen. Die Töpfe mit den gezogenen Nummern bilden die eine Gruppe, die restlichen die andere Gruppe. Damit aber nicht genug: In einem nächsten Schritt wird auch noch per Los/Zufall entschieden, welche Gruppe gedüngt wird und welche nicht (um zu umgehen, dass man unbewusst eine Gruppe lieber mag und die für die Düngung auswählt.)

Dies ist ein ganz wichtiges Prinzip: Die zufällige Einteilung der Gruppen. Dies nennt man in der Fachsprache *Randomisierung*. Bis auf begründete Ausnahmen müssen solche Untersuchungen *immer randomisiert* sein.

Den Einfluss einer nicht randomisierten Auswahl sieht man sehr schön, wenn (Gratis-)Zeitungen ihre Leser aufrufen, über eine Frage online abzustimmen. Also beispielsweise: „Soll das Kiffen in der Schweiz erlaubt werden oder nicht?“ Als Resultat kommt dann vielleicht heraus: „63% sind dafür, 27% dagegen“ (und der Rest hat die Frage nicht verstanden). Die Resultate solcher Umfragen taugen rein gar nichts. Weshalb? Weil man immer davon ausgehen muss, dass a) entweder die Befürworter oder die Gegner unter- oder übervertreten sind unter den Lesern der Zeitung. Also etwas überspitzt formuliert, diese Zeitschrift wird vielleicht von Kiffern geliebt und von den Nicht-Kiffern gar nicht gelesen. Und b) ist noch viel wichtiger: Die Befürworter und die Gegner nehmen nicht im realen Verhältnis an der Abstimmung teil. Also angenommen, bei den Lesern sind in Wirklichkeit 50% für eine Legalisierung und 50% dagegen. Die Befürworter ereifern sich sehr für dieses Thema und viele raffen sich auf und nehmen an der Abstimmung teil. Den Gegnern ist so eine Umfrage ziemlich egal und sie nehmen kaum daran teil. Oder sie sind mehrheitlich über 65 Jahre alt und haben kein Smartphone zum Abstimmen, oder... – jedenfalls kommt es zu einem verzerrten Resultat.

Hier stammt die verzerrte Auswahl der Antworten nicht vom „Versuchsleiter“, sondern vom „Untersuchungsobjekt“. Die Auswirkungen sind jedoch dieselben. Will man seriöse Umfragen machen, muss man die Befragten wieder mit einem Zufallsverfahren ermitteln.

Ein anderes Beispiel zum Thema Versuchsplanung wäre sowas: Ein Schüler möchte untersuchen, ob in zwei verschiedenen Waldgebieten (ein Tannenwald und ein Eichenwald) die Hainbänderschnecken gleich häufig vorkommen. Die Waldgebiete sind aber zu gross, um sie flächendeckend abzusuchen. Also entscheidet er sich dafür, in jedem Wald 10 Flächen abzusuchen, die jeweils 5m x 5m gross sind. Man nennt das *Stichproben*. Er untersucht also in jedem Wald 10 Stichprobenflächen. Aber wie wählt er diese Flächen aus? Er darf keinesfalls „einfach so“ je 10 Flächen bestimmen. Denn dann sind die Flächen vielleicht alle links und rechts von einem Weg, weil das bequemer ist . . . Und wenn es dumm läuft (das tut es eigentlich immer), führt der Weg im einen Wald über die trockene, sonnige Seite des Gebietes (schlecht für Schnecken) und im anderen Wald durch das kühle, feuchte Bachtobel (gut für Schnecken) und ergibt so ein völlig verzerrtes Bild.

Fazit: Er muss auch hier per Zufallsverfahren die Stichproben auswählen. Also z.B. auf einer Karte die beiden Gebiete mit einem Raster in 5m x 5m - Flächen einteilen, alle nummerieren und wieder Lose ziehen. Oder ein anderes Zufallsverfahren wählen.

Auf Stichproben greift man immer zurück, wenn es nicht möglich ist, „alles“ oder „das Ganze“ zu untersuchen, meist weil es technisch oder vom Zeitaufwand her nicht möglich ist. Wenn man die Möglichkeit hat, untersucht man besser „das Ganze“. Im Beispiel oben möchte der Schüler eigentlich wissen, wie viele Schnecken es in den beiden Waldgebieten (= „das Ganze“) hat. Das ist das eigentliche Ziel. Weil aber das vollständige Absuchen beider Wälder die Maturarbeit auf 5 Jahre ausdehnen würde, muss er sich etwas anderes überlegen. Er untersucht verschiedene Stichproben (die 5m x 5m Flächen), um mit dieser Methode durch „Hochrechnen“ möglichst nahe an den wahren Wert (die Anzahl Schnecken in beiden Wäldern) zu kommen.

Damit dieses Verfahren mit den Stichproben einigermaßen stimmt, muss Folgendes beachtet werden:



- Es müssen ausreichend viele Stichproben untersucht werden (je mehr desto besser, andererseits nicht mehr, als zeitlich/technisch bewältigt werden können).
- Die einzelnen Stichproben müssen gross genug sein (wenn die Stichprobenflächen im Beispiel nur jeweils 1cm x 1cm gross sind, wäre das nicht sinnvoll).
- Die Auswahl oder Verteilung der Stichproben muss randomisiert sein.

Die Stichprobengrösse und die Anzahl der Stichproben hängen zusammen und sind natürlich auch im Verhältnis zum „Gesamten“ zu sehen. Das heisst, bei der Frage, wie gross die Stichprobe sein soll, kommt es drauf an, ob die gesamte Waldfläche 1000m<sup>2</sup> oder 1'000'000m<sup>2</sup> gross ist.

Der Schüler im Beispiel nimmt sich also vor, in jedem Wald 250m<sup>2</sup> abzusuchen. Er kann das auf unterschiedliche Weise aufteilen:

- eine einzige, 10m x 25m grosse Fläche
- 10 Flächen zu je 5m x 5m
- 50 Flächen zu je 2m x 2.5m
- 250 Flächen zu je 1m x 1m
- 2'500'000 Flächen zu je 1cm x 1cm
- ...

Oft gibt es keinen eindeutigen, korrekten Wert. Sinnvollerweise besprichst du das im konkreten Fall mit der betreuenden Lehrperson. Eine wichtige Überlegung gibt es trotzdem dazu: Mehr, aber kleinere Stichproben sind meistens „sicherer“ als wenige, grosse Stichproben. Grund: Wenn der Schüler im Beispiel die einzelne, 10m x 25m grosse Fläche wählt, dann kann es sein, dass die Fläche so zu liegen kommt, dass dort, aus welchen Gründen auch immer, besonders viele oder besonders wenige Schnecken vorkommen. Wenn man 50 kleinere Flächen mit einem Zufallsprinzip auswählt, ist die Chance sehr viel kleiner, dass zufällig alle Stichproben an Stellen liegen, die besonders viele oder wenige Schnecken beherbergen.

Übrigens sind auch beim Düngerversuch die einzelnen Erdbeerpflanzen Stichproben. Weil ja nicht alle existierenden Erdbeerpflanzen getestet werden.

## 5.6 Probelauf oder Vorversuch

---

Etwas vom Hilfreichsten, was du machen kannst, ist ein Probelauf. Bei bestimmten Maturarbeiten ist das leider nicht oder nur in beschränktem Umfang möglich. Glaub mir, wenn immer das irgendwie möglich ist: *TU ES!* Klar, das braucht Zeit, aber was du bei so einem Probelauf lernst und bemerkst, spart dir beim eigentlichen Versuch das Doppelte an Aufwand. Ausserdem kannst du dir den Versuch viel besser vorstellen und besser planen. Insgesamt reduziert es das Risiko eines Misserfolges deutlich.

Wieder das Beispiel mit den Erdbeeren: Wenn die Schülerin beim Testlauf mit zwei Erdbeerpflanzen merkt, dass diese absterben, weil das gewählte Fenstersims oder die Erdbeer-Sorte ungeeignet ist, dann ist dies ein kleineres Problem, als wenn beim eigentlichen Versuch alles abstirbt.

Am besten triffst du dich mit der betreuenden Lehrperson nach dem Probelauf und besprichst die gewonnenen Erkenntnisse.

## 5.7 Zeitplan

---

Zum Versuchsdesign gehört auch ein Zeitplan. Wann führst du die Versuche durch? Wieviel Zeit brauchst du dafür? Hast du Reserven eingerechnet? Wie ist das mit den Ferien geregelt? Also z.B. wer giesst die Erdbeerpflanzen, wenn du in den Ferien bist? Wenn alles schief läuft: Kannst du die Versuche ein zweites Mal durchführen? Und so weiter.

## 5.8 Sei dein grösster Kritiker

---

Wenn du dein Versuchsdesign ausgearbeitet hast, setzt du dich nochmal hin, lehnt dich zurück und stellst dir vor, jemand anderes würde dieses Versuchsdesign an der Maturarbeitspräsentation vorstellen. Jemand, den du nicht so magst. Dem du wünschst, er fällt mit seiner Maturarbeit auf die Schnauze. Und du versuchst nun, die Fehler und Schwächen im Versuchsdesign herauszufinden.

Sei so kritisch wie möglich mit deiner Arbeit - wenn du es nicht bist, werden andere es sein. Die Fehler, die du selber herausfindest, kannst du mindestens teilweise beheben. Du kannst dein Versuchsdesign auch mit einer Drittperson besprechen und sie bitten, möglichst kritisch zu sein, z.B. die Eltern oder einen Klassenkollegen. Und wähl jemanden aus, der sich wirklich getraut, kritisch zu sein. Tante Amalie, die schon deine missglückten Kinderzeichnungen für Picassos gehalten hat, ist ungeeignet.

## 5.9 Besprich dein Versuchsdesign

Falls du das nicht schon vorher gemacht hast, musst du dein Versuchsdesign der betreuenden Lehrperson vorlegen/schicken und allenfalls einen Termin abmachen, um es zu besprechen. Vielleicht gibt es dann noch Anpassungen und Punkte, die du dir noch überlegen musst. Am Schluss solltest du ein von der Lehrperson abgesegnetes Versuchsdesign haben.

## 6 Durchführung der Versuche = Datenerhebung

### 6.1 Allgemein

Idealerweise ist die Durchführung der Versuche mit einem gut durchdachten Versuchsdesign einfach. Alle wichtigen Überlegungen sind schon gemacht und du musst dich nur noch an den Plan halten. Soweit die Theorie. In der Praxis wird trotzdem noch das eine oder andere Unvorhergesehene auftreten oder schiefgehen.

Wenn immer möglich sollte man den Zeitplan so einrichten, dass ein zweiter Durchgang möglich ist, wenn der erste Versuch völlig schief läuft. Oder die Versuche sollten zumindest in reduzierter Form nochmals durchgeführt werden können. Auf jeden Fall musst du dich mit dem Betreuer absprechen. Es ist äusserst schlecht, wenn die Lehrperson erst bei Abgabe der Arbeit erfährt, dass die Versuche eigentlich schiefgelaufen sind.

Wichtig bei der Durchführung der Versuche ist vor allem auch eine umfassende Dokumentierung. Das bedeutet, alles schriftlich festzuhalten, was vom ursprünglichen Versuchsdesign abweicht. Du musstest die Töpfe mit den Pflanzen an einen anderen Standort stellen? So etwas muss in der Arbeit unbedingt erwähnt werden.

### 6.2 Fotos, Grafiken und Daten

Ganz wichtig sind in dem Zusammenhang auch aussagekräftige Fotos. Mach viele davon. Die meisten wirst du nicht brauchen, aber für den schriftlichen Bericht und die Präsentation sind gute Fotos Gold wert. Fotografiere alles: Den Versuchsaufbau, das Material, was funktioniert hat, was nicht funktioniert hat, was herausgekommen ist, etc. Du weisst im Voraus noch nicht, was du in der schriftlichen Arbeit alles mit Bildern veranschaulichen willst. Gut, wenn du für alles Bildmaterial hast.

Es kann dir unter Umständen auch Zeit sparen: Wenn du von einem Versuchsaufbau ein Bild hast, genügt eine kürzere Beschreibung dazu, um dem Leser den Sachverhalt zu erklären. Ohne Bild benötigst du vermutlich eine lange, komplizierte Beschreibung. Bei komplizierten Versuchsanlagen ist eine übersichtliche Grafik und als Ergänzung ein Foto dazu besser geeignet als ein Foto alleine. Zusätzlich kann auf einer Grafik besser beschriftet werden (z.B. Länge, Breite, Höhe der Versuchsausrüstung etc.).

Noch etwas zur Qualität der Bilder: Wenn du ein dermassen tolles Versuchsdesign entwickelt hast, dass es dir schon unheimlich ist und du dich vor einer übertrieben guten Note fürchtest, hier noch ein paar Tipps um Punkte zu verlieren:

- Mach die Fotos grundsätzlich unter- oder überbelichtet. (Statistisch gesehen sind sie ja dann genau richtig belichtet). Der Aufwand, eine Lampe aufzustellen, um etwas mehr Licht ins Bild zu bringen, wäre übertrieben.
- Die meisten Lehrpersonen lieben Bilder-Rätsel und raten gerne, was man auf dem Bild erkennen sollte.
- Hilfreich sind dabei folgende Tricks: Das eigentliche Motiv sehr klein abbilden, einen Hintergrund in derselben Farbe wählen, das Motiv durch andere Dinge teilweise verdecken, keine erkennbaren Grössenverhältnisse anbieten... es gibt sich er auch noch andere kreative Lösungen...

Zum Schluss noch zwei wichtige Punkte. In allen guten Labors werden *Laborjournale* geführt. Das Konzept sollte dir aus den Naturwissenschaftspraktika bekannt sein. Ein gutes Laborjournal ist ein Heft (...lose Blätter tendieren dazu, verloren zu gehen und sich zu vermischen...), in dem jeder Pups den du in deiner Arbeit machst, akribisch verzeichnet ist. Das Rückgrat des Laborjournals ist das Datum des Eintrags, dann folgen Überlegungen, Gesprächsnotizen, Buchhaltung der Experimente, besondere Beobachtungen, Speicherorte und Dateinamen von Originaldaten und/oder Fotos, Messresultate, Skizzen von Versuchsaufbauten, ToDo-Listen... das perfekte Laborjournal fasst reproduzierbar dein ganzes Wissen zusammen, so dass du im Prinzip dein Laborjournal an einen Ghostwriter weitergeben könntest, der damit deine Maturaarbeit perfekt schreiben können müsste. Dies ist *nicht* als Aufforderung zu verstehen...

Der zweite Punkt: *Wirf nichts weg*, bis deine Maturaarbeit fertig geschrieben, bewertet und benotet ist und das Abschlussgespräch mit deinem Betreuer Vergangenheit ist. Kein misslungenes Bild, kein gescheiterter Datensatz, keine gewonnene aber nicht ausgewertete Probe, keinen geschriebenen aber nicht weiter verwendeten Text. *Nichts*. Du weisst nie im Voraus, was du wann wider Erwarten doch noch einmal brauchen kannst.

Jetzt kann eigentlich nichts mehr schief gehen, du musst deine Maturaarbeit nur noch schreiben...