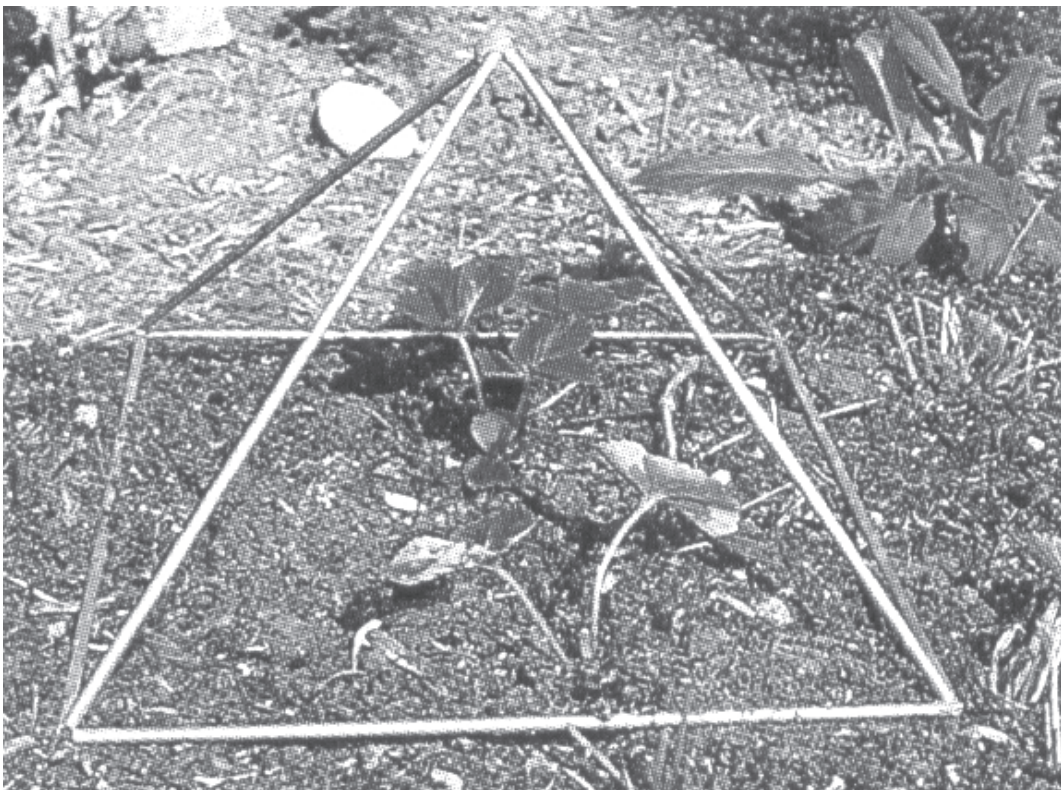


Beeinflussung des Wachstums von Kresse durch Pyramiden und Magneten



Wettbewerb "Jugend Forscht" 2002

Katja Miller (14 Jahre)

**Arbeitsgemeinschaft "Jugend Forscht"
des Christian-Gymnasiums Hermannsburg
Leitung: StD Thomas Biedermann**

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	3
2.	Auswahl des Versuchsobjektes	3
2.1	Die Kresse	3
2.2	Einfluss des Samenvolumens	4
2.3	Zeitliches Wachstumsverhalten	5
2.4	Mögliche Alternativen	6
3.	Versuchsaufbau	6
3.1	Versuchsübersicht	7
3.2	Varianz	7
3.2.1	Licht	8
3.2.2	Standort	8
3.2.3	Unterlage	8
3.2.4	Wasser	9
3.2.5	Varianz und Standardabweichung berechnen [7/8]	10
4.	Versuche	10
4.1	Referenz-Versuche	10
4.1.1	Folgerungen aus den Referenz-Versuchen	12
4.2	Pyramiden-Versuche	12
4.2.1	Aufbau	12
4.2.2	Einstellen der Nordrichtung	12
4.2.3	Übersicht der Pyramiden-Versuche	13
4.3	Die Magnetversuche	14
4.3.1	Übersicht zu den Magnetversuchen	14
5.	Zusammenfassung der Auswertung	15
5.1	Schlussfolgerung	16
6.	Quellenangaben	16

1. Einleitung

Die Idee für meine Arbeit kam mir, als ich in einer Zeitschrift einen Artikel las, in dem behauptet wurde, dass Samen schneller keimen, wenn sie unter Pyramiden wachsen oder sie mit Wasser, das unter einer Pyramide gestanden hat, gegossen werden. Das Verhältnis der Kantenlängen muss dabei dem der Cheopspyramiden entsprechen und die Pyramiden müssen in Nord-Süd-Richtung ausgerichtet sein. Es ist aber egal, aus welchem Material sie bestehen [2].

Bei der Suche nach weiteren Informationen stieß ich im Internet auf Berichte von Wissenschaftlern, die behaupten, dass man mit Magneten die gleichen Effekte erzielen könnte wie mit Pyramiden [3, 4]. Bei Wasser, das von Magneten beeinflusst wurde, stellten die Wissenschaftler aber noch andere Veränderungen fest. So soll das Magnetisieren auch das Gefrierverhalten des Wassers verändern und eine erhöhte Infrarot-Absorption sowie eine erhöhte Oberflächenspannung hervorrufen. Diese und weitere Veränderungen des Wassers fanden auch unter dem Einfluss von elektrischen Feldern statt [3, 4].

Das Ziel meiner Arbeit ist, die Behauptungen, dass Magneten und Pyramiden das Pflanzenwachstum beeinflussen, durch Wachstumsversuche mit Kresse zu bestätigen oder zu widerlegen. Während meiner Arbeit musste ich aber feststellen, dass die Varianz meiner Referenzen zu groß war, um verlässliche Ergebnisse zu bekommen. Deshalb beschäftigt sich ein großer Teil meines Projektes mit Referenzversuchen, um durch Veränderungen im Versuchsaufbau eine geringere Varianz zu erhalten.

2. Auswahl des Versuchsobjektes

2.1 Die Kresse

Die Kresse (*Lepidium*) gehört zu der Gattung der Kreuzblütler (Kruziferen) und ist ein einjähriges, in allen Erdteilen heimisches Kraut, das 60-120 cm hoch wird und in jungem Zustand als Salat oder Gewürz geerntet wird [6].

Für meine Versuche habe ich Kresse deshalb benutzt, weil sie für ihre schnelle Keimfähigkeit bekannt ist und durch die kleinen Samen dafür nur wenig Platz benötigt. Außerdem habe ich eine besonders schnell und gleichmäßig wachsende Sorte ausgewählt. Die schnelle Keimung ist für mich wichtig, weil ich dadurch eine höhere Anzahl an Versuchen durchführen kann als mit langsamer keimenden Samen. Auch ein gleichmäßiges Wachstum ist von Vorteil, weil sich dadurch die natürliche Varianz verringert. So sind mögliche Beeinflussungen leichter zu erkennen und meine Ergebnisse werden aussagekräftiger.

Es ist auch besonders wichtig, dass eine große Anzahl von Samen auf einen kleinen Raum passt, damit ich die Wachstumsbedingungen für alle Pflanzen gleich halten kann. Stehen die Pflanzschalen zu weit auseinander, könnten unterschiedliche Bedingungen die Folge sein. Deshalb habe ich sie bei meinen Versuchen immer möglichst eng zusammengestellt. Dies war allerdings bei den Magnetversuchen nicht möglich, weil die Magneten sonst die Referenz beeinflusst hätten und die Ergebnisse damit verfälscht worden wären.

2.2 Einfluss des Samenvolumens

Im Verlauf meiner Versuche stellte ich eine große Abweichung bei den Referenzversuchen fest, als deren Ursache ich die unterschiedlichen Samengrößen vermutete. Da die Pflanze während ihres Wachstums nur Wasser und keine Nährstoffe bekommt, muss sie mit den im Samen gespeicherten Nährstoffen auskommen. Weil das Volumen der größeren Samen aber doppelt so groß ist wie das der kleineren, verfügen diese auch über doppelt so viele Nährstoffe, was die Größe der Pflanzen stark beeinflusst. Um diesen Einfluss näher zu untersuchen, sortierte ich die Samen nach ihren Volumina in 3 Größenklassen. Dazu benutzte ich verschiedene Siebe. Für je zehn Samen der verschiedenen Größen habe ich das Volumen bestimmt, um zu kontrollieren, ob ich durch das Sieben eine genügende Verringerung der Differenzen zwischen den Volumina einer Größe erreicht habe. Mit nach diesem Verfahren selektierten Samen habe ich dann Wachstumsversuche (V.15) durchgeführt, deren Ergebnisse in der Abb. 1 wieder gegeben sind.

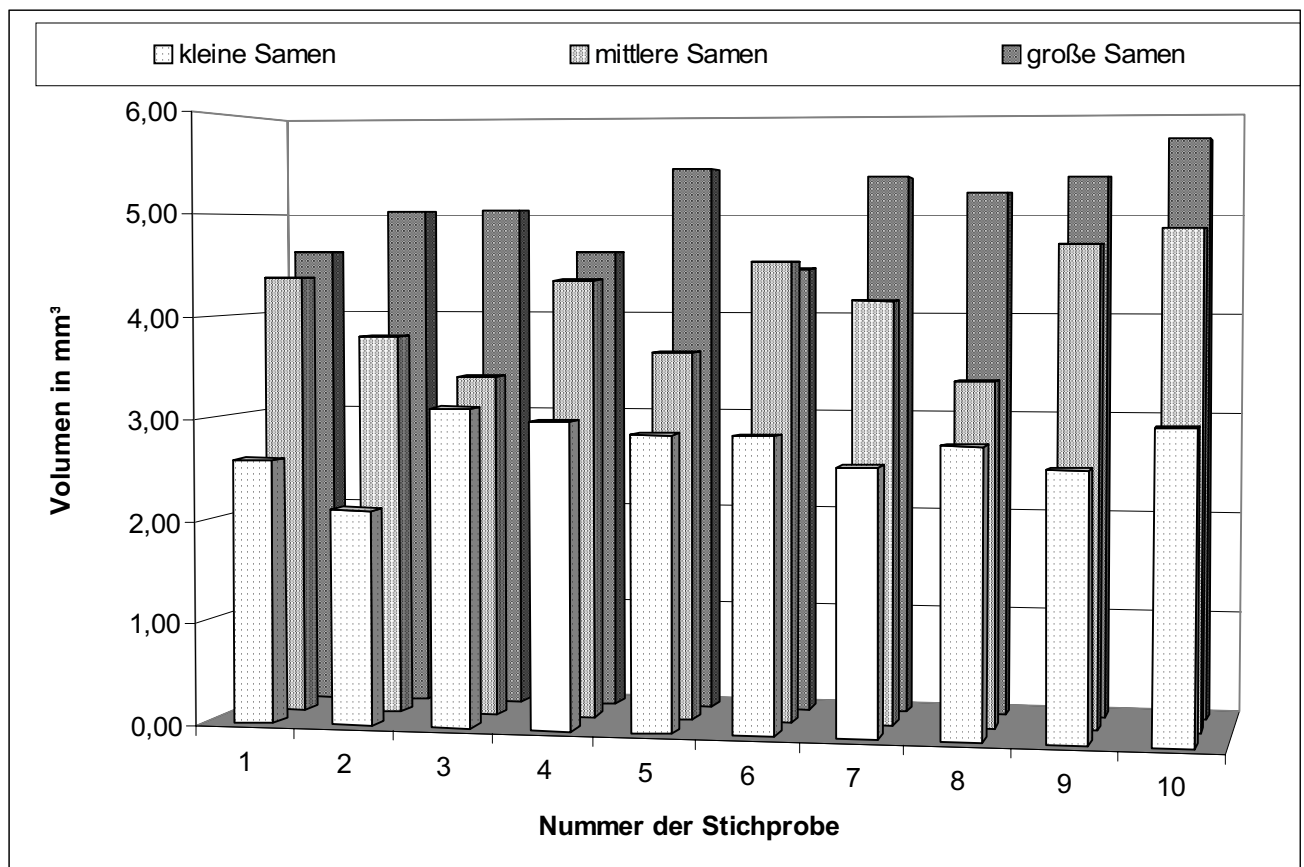


Abb. 1: Vergleich der Samen-Volumina in den 3 selektierten Größenklassen klein - mittel - groß

Wie man im Diagramm sieht, konnte ich durch das Sieben die besonders kleinen und die besonders großen Samen aussortieren. Die Mittelwerte der ermittelten Volumina über eine Stichprobe von jeweils 10 Samen jeder Klasse sind in der nachfolgenden Tab. 1 zusammengefasst:

Größenklasse	klein	mittel	groß	-
Volumen	2,76	4,12	5,10	mm ³

Tab. 1: Mittlere Volumina der Kresse-Samen

Um zu überprüfen, wie stark sich die verschiedenen Samengrößen auf das Gewicht der Pflanzen auswirken, habe ich Wachstumsversuche ohne äußere Beeinflussung durchgeführt. Dazu habe ich drei Schalen, eine mit kleinen, einen mit mittleren und eine mit großen Samen, ausgesät. In Abb. 2 ist deutlich zu erkennen, dass die Samengröße das Gewicht der Pflanzen stark beeinflusst. Auf Grund der Ergebnisse dieses Versuches habe ich alle folgenden Versuche (ab V. 16) mit den mittleren Samen durchgeführt.

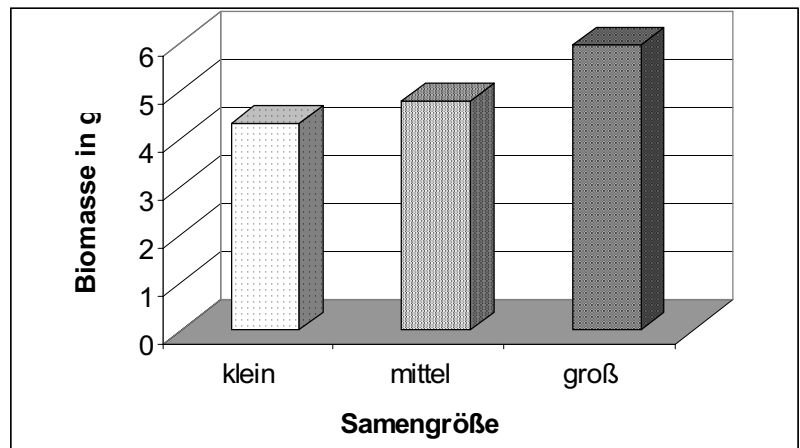


Abb. 2: Einfluss der Samengröße auf die Biomasse

2.3 Zeitliches Wachstumsverhalten

Es war nicht möglich, alle Versuche immer mit der gleichen Anzahl von Tagen durchzuführen. Mit dem Versuch 20 wollte ich deshalb eine Wachstumskurve erstellen, um alle Versuchsergebnisse auf eine bestimmte Anzahl von Tagen zurückrechnen zu können. Dazu habe ich zuerst 89 ungekeimte Samen gewogen. Die fünf Referenz-Schalen ließ ich jeweils 1, 2, ... 5 Tage wachsen, bevor ich sie erntete und auswog. Dabei bemerkte ich, dass die Pflanzen am 1. Tag mehr wogen als am 2. Tag und am 5. Tag weniger wogen als am Tag davor. Im ersten Fall waren die Pflanzen gerade kurz zuvor bewässert worden, im zweiten Fall lag die Bewässerung bereits lange zurück. Dies ließ darauf schließen, dass die zum Zeitpunkt der Wägung noch gespeicherten unterschiedlichen Wassermengen zu einem erheblichen Fehler geführt haben. Um diesen Störfaktor bei den anderen Versuchen zu vermeiden, musste ich eine Bewässerungsanlage bauen, mit der die Pflanzen gleichmäßig mit Wasser versorgt werden.

Bei der Bestimmung der zugehörigen Ausgleichskurve habe ich ein begrenztes Wachstum angenommen, für das dir Formel gilt:

$$x_{n+1} = x_n + q \cdot (x_{\max} - x_n)$$

Dabei ist x_n der vorausgehende Wert, x_{n+1} der aktuell neu zu berechnende Wert, x_{\max} der maximal erreichbare Grenzwert und q der zu Grunde liegende Wachstumsfaktor. Die beste Übereinstimmung der Berechnung mit den Messwerten fand ich für $q = 0,28$ und $x_{\max} = 7,5$.

Das Ergebnis ist in der Abb. 3 wieder gegeben. Man erkennt deutlich die Abwei-

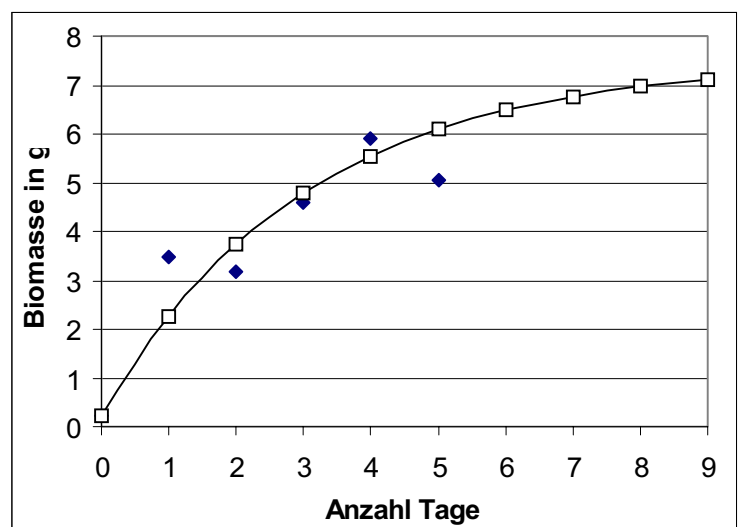


Abb. 3: Zeitliches Wachstumsverhalten der Kressepflanzen

chungen beim 1. und 5. Tag, während die übrigen Messwerte auf der Ausgleichskurve liegen. Diese habe ich bis zu 9 Tagen extrapoliert, da einige Versuche auch länger als 5 Tage dauerten.

2.4 Mögliche Alternativen

Ich habe mich in meiner Arbeit nur auf Wachstumsversuche mit Kresse beschränkt. Es hätte aber auch andere Möglichkeiten gegeben, um die Behauptungen der Wissenschaftler und Esoteriker zu überprüfen. Zum Beispiel sagen sie, dass Magneten wie Pyramiden das Gefrierverhalten von Wasser beeinflussen [1, 3]. Darauf bin ich mit meinen Versuchen aber nicht näher eingegangen, weil es beim Gefrieren von Wasser zu viele Störfaktoren gibt, die ich nicht beseitigen kann. Außerdem fehlen mir die dazu nötigen Geräte.

Über die Pyramiden wird außerdem gesagt, dass sich Lebensmittel unter ihrem Einfluss länger frisch halten [1]. Diese Behauptung hätte ich z.B. an Versuchen mit Milch überprüfen können. Dazu müsste ich zwei Proben der gleichen Milch, von denen eine unter einer Pyramide gestanden hat, während die andere unbeeinflusst geblieben ist, nach einigen Tagen auf ihre Menge an Milchsäurebakterien hin untersuchen. Es ist dabei besonders wichtig, dass alles, was mit der Milch in Berührung kommt, absolut keimfrei ist, damit die Ergebnisse verlässlich werden. Allerdings ist die Bestimmung der Anzahl der Milchsäurebakterien in der Milch für mich nicht machbar, weil es zu kompliziert ist und viel Erfahrung benötigt. Es wäre stattdessen zwar auch möglich gewesen den Säuregehalt der Milch zu bestimmen, allerdings waren die mir zur Verfügung stehenden Messgeräte nicht genau genug.

Es hätte sicherlich noch viele weitere Möglichkeiten gegeben, um die Behauptungen zu diesem Thema zu überprüfen, doch Veränderungen des Pflanzenwachstums lassen sich mit einfachen Mitteln am leichtesten untersuchen.

3. Versuchsaufbau

Bei allen Versuchen ließ ich die Kressekeimlinge in Weckglasdeckeln wachsen, die zuerst mit zurecht geschnittenem Taschentüchern, später mit Filterpapier ausgelegt waren. Das Filterpapier ist dabei den Taschentüchern vorzuziehen, weil man damit eine niedrigere Varianz erzielen kann. Das kommt vermutlich daher, dass das Filterpapier glatter ist und die Pflanzen deshalb gleichmäßiger Wasser bekommen.

Meine Samen sind in einem Raster (s. Abb. 4) auf der Unterlage verteilt, um auszuschließen, dass ich mich beim Auszählen vertan habe. Durch die gleichmäßige Anordnung kann ich leicht erkennen, ob in jeder Schale die gleiche Samenzahl von 89 Samen liegt. Außerdem wachsen die Pflanzen so in einem gleichmäßigen Abstand und haben genug Platz. Ich gieße meine Pflanzen alle mit dem gleichen, abgestandenen Leitungswasser. Zuerst habe ich dazu einen einfachen Messbecher verwendet, weil das aber zu ungenau war, benutzte ich dann eine Einwegspritze, mit der ich das Wasser auf 1ml genau ablesen konnte.

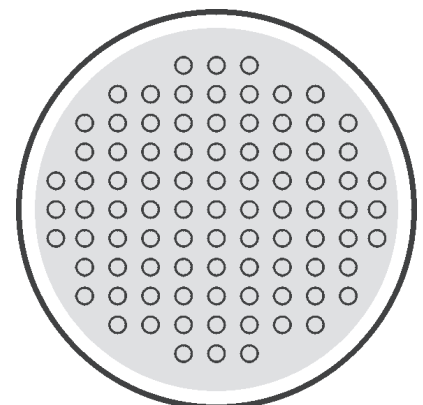


Abb. 4: Anordnung der Samen

Trotzdem schien bei einigen Pflanzschalen mehr Wasser zu verdunsten als bei anderen. Wie wichtig das ist, stellte ich allerdings erst fest, als ich versuchte eine Wachstumskurve von Kresse zu erstellen (V 20) und die Kresse an einigen Tagen weniger wog als am Vortag, was ich eindeutig auf unterschiedliche Wassermengen zurückführen konnte. Daraufhin baute ich eine Wasserversorgung, die gewährleistet, dass in allen Schalen immer die gleiche Menge Wasser steht, egal wie viel davon verdunstet.

Die Pflanzen aller meiner Versuche ließ ich zwischen fünf und neun Tagen wachsen, bevor ich sie zum Auswiegen erntete. Durch die unterschiedlichen Wachstumsdauern weichen die Ergebnisse der einzelnen Versuche teilweise stark voneinander ab und ich musste sie auf eine bestimmte Wachstumsdauer von 7 Tagen normieren, um sie direkt miteinander vergleichen zu können. Außerdem waren einige Bedingungen, zum Beispiel Licht, Temperatur und Luftfeuchtigkeit nicht bei allen Versuchen gleich.

Ich habe auch überlegt einen Klimakasten zu bauen, damit die zeitlich nacheinander erfolgenden Versuche möglichst die gleichen Bedingungen haben, aber es wäre nicht nur zu aufwendig gewesen, einen Klimakasten in der benötigten Größe zu bauen, sondern er hätte außerdem nicht gänzlich ausschließen können, dass in den einzelnen Schalen ein unterschiedliches Mikroklima entsteht.

3.1 Versuchsübersicht

In der Übersicht im Anhang (Tab. I) sind alle Versuche chronologisch aufgelistet.

In den einzelnen Spalten finden sich folgende Hinweise:

„Nummer / Datum“	Laufende Nummer des Versuches und Zeitraum seiner Durchführung
„Versuchstyp“	Art des Versuches in Stichworten
„Aufbau und Besonderheiten“	Parameter für diesen Versuch, evt. zusätzliche Hinweise zu bestimmten Anordnungen
„Ergebnis / Standardabw.“	kurzgefasste Darstellung des Versuchsergebnisses qualit./quant. bei Varianz-Versuchen die Standard- und proz. Abweichung

3.2 Varianz

Als Maß für die Genauigkeit meiner Messreihen verwende ich die Varianz, also die Streuung der einzelnen Referenz-Proben um den Mittelwert aller Referenzen (s.a. 3.2.5). Bei meinen Versuchen stellte ich fest, dass diese zu groß war. Deshalb musste ich mehrmals den Versuchsaufbau verändern, um möglichst viele Störfaktoren zu beseitigen.

Es gibt allerdings eine ganze Reihe von Faktoren, die das Wachstum der Pflanzen beeinflussen, aber ich konnte mich bei meiner Fehlersuche nur auf die Wichtigsten beschränken. Außerdem sind die meisten von ihnen für alle Pflanzen gleich, führen also nicht zu einer erhöhten Varianz.

Im Laufe meiner Versuche bemerkte ich immer neue Fehlerquellen, die ich zu beseitigen versuchte. Ich bin mir allerdings sicher, dass nach einiger Zeit noch weitere Fehler auftauchen würden, obwohl ich schon recht viele gefunden habe. Im Folgenden habe ich einige dieser Fehlerquellen aufgelistet.

3.2.1 Licht

Das Licht benötigen die Pflanzen für die Fotosynthese und damit für das Wachstum. Bei der Fotosynthese wird Kohlenstoffdioxid und Wasser durch Licht und Chlorophyll in Traubenzucker und Sauerstoff umgewandelt. Aus dem Traubenzucker stellt die Pflanze Fette, Eiweiße und Zellulose her. Diese Bestandteile sind für das Wachstum unerlässlich. Bekommt die Pflanze mehr Licht, läuft die Fotosynthese schneller ab, die Pflanze kann mehr Nährstoffe produzieren und wächst damit schneller. Deshalb müssen alle Pflanzen möglichst gleichviel Licht erhalten.

Solange ich mit natürlichem Licht gearbeitet habe, hatte ich immer Probleme mit der vom Wetter abhängigen direkten Sonneneinstrahlung. Die Pflanzen mussten, damit sie genug Licht zum Wachsen hatten am Fenster stehen. Allerdings ließ es sich dort nicht vermeiden, dass auf einige, aber nicht alle Pflanzen direktes Sonnenlicht fiel. Um dies zu vermeiden stellte ich die Pflanzen so auf, dass sie kein direktes Sonnenlicht mehr erreichte und benutze statt dessen Pflanzlichtlampen zur Beleuchtung. Ich verwende zwei 40V Lampen, die in 85cm Höhe angebracht sind und zueinander einen Abstand von 55cm haben. Die mittlere Beleuchtungsstärke lag damit im Bereich von 105 - 140 Lux je nach Position der Pflanzschalen auf dem Versuchstisch.

3.2.2 Standort

Der Standort ist wichtig, weil außer dem Licht auch der Luftzug von Bedeutung sein kann. Deshalb ist es sinnvoll einen Platz auszuwählen, wo möglichst wenig - oder wenn, dann nur kurz - ein Luftzug auftritt.

Weil ich mit Magneten und mit Pyramiden experimentiere, die nach dem magnetischen Nordpol ausgerichtet sind, muss ich auch aufpassen, dass sich keine magnetischen oder magnetisierbaren Gegenstände in direkter Umgebung meiner Versuche befinden. Weil im Beton des Fußbodens Stahl eingelassen ist, kann ich meine Versuche deshalb nicht dort durchführen, sondern muss auf einem erhöhten Tisch arbeiten.

3.2.3 Unterlage

Am Anfang habe ich als Unterlage für die Kresse zurecht geschnittene Papier-Taschentücher benutzt. Allerdings musste ich schnell feststellen, dass das Wasser dann sehr unterschiedlich verdunstet. Bei den späteren Versuchen verwendete ich Filterpapier, weil hier die Verdunstung deutlich gleichmäßiger ist. Das liegt daran, dass das Filterpapier dünner und glatter ist. Weil die Taschentücher viel rauer sind, haben sie eine größere Oberfläche, die, sobald sie nicht mehr von Wasser bedeckt ist, zu einer höheren Verdunstung führt. Beim Filterpapier tritt dieser Effekt erst deutlich später und nicht so stark auf.

Außerdem wachsen die Wurzeln der Kresse durch die Taschentücher hindurch, was beim Abernten zu einem Abreißen der Wurzeln führt. Beim Filterpapier bleiben die Wurzeln hingegen aufgelagert und lassen sich leicht ablösen.

3.2.4 Wasser

Wasser ist für die Pflanzen äußerst wichtig. Sie benötigen es wie das Licht zum Wachsen. Welch große Bedeutung die Menge des Wassers auf das Gewicht der Pflanzen hat, merkte ich erst bei Versuch 20. Ich wollte eine Kurve zum Wachstum von Kresse erstellen und dabei fiel mir auf, dass die Kresse an einigen Tagen weniger wog als am Vortag. Das wäre eigentlich unmöglich, weil die Pflanzen eigentlich nicht an Biomasse verlieren können. Allerdings wusste ich, dass die Kresse genau an diesen Tagen beim Auswiegen etwas trockener war als an den anderen.

Das heißt, dass es nicht nur wichtig ist, die Pflanzen immer feucht zu halten, sondern dass trotz etwas unterschiedlicher Verdunstung in allen Schalen immer die gleiche Menge Wasser sein sollte.

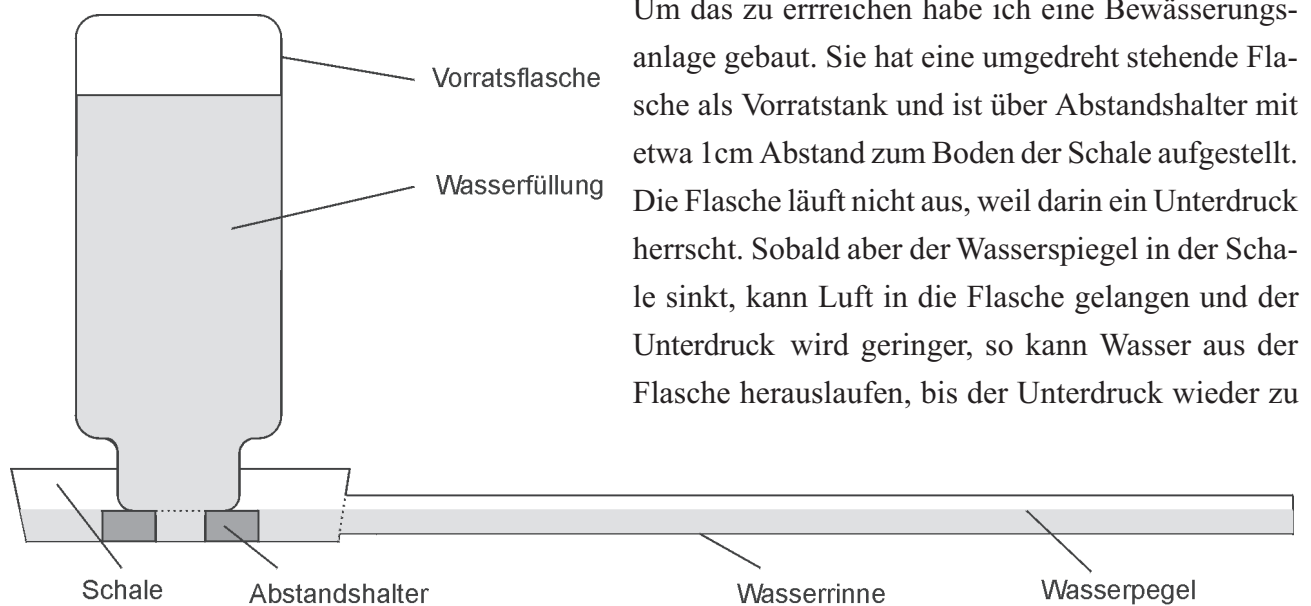


Abb. 5: Schematische Ansicht der Bewässerungsanlage

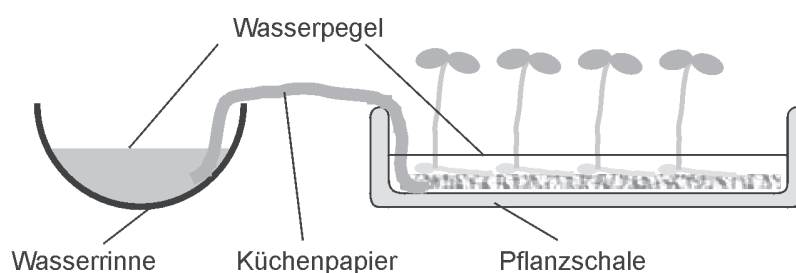


Abb. 6: Wassertransport von der Rinne in die Pflanzschalen

stark wird. Dadurch ist der Wasserspiegel in der Schale und damit in der Wasserrinne immer gleich hoch. Über Küchenpapier gelangt das Wasser dann in die Pflanzschalen, dabei muss man allerdings darauf achten, dass zwischen der Rinne und den Pflanzschalen ein Abstand

bleibt, damit sich dort kein Wasserfilm bildet, der dazu führt, dass das Wasser ausläuft. Allerdings habe ich bei dieser Anlage das Problem, dass das Wasser durch die Pyramiden fließt oder in die Nähe der Magneten kommt. Es wird aber von Wissenschaftlern und Esoterikern behauptet [1, 3, 4], dass es nur darauf ankommt, dass das Wasser, mit dem die Pflanzen gewässert werden, beeinflusst wird, und nicht die Pflanzen selbst. Deshalb ist es äußerst wichtig, dass die Referenz-Pflanzen so platziert werden, dass sie auf keinen Fall Wasser bekommen, das bereits von Magneten oder Pyramiden beeinflusst wurde.

3.2.5 Varianz und Standardabweichung berechnen [7/8]

Um anzugeben, wie weit die einzelnen Proben eines Referenz-Versuches um den Mittelwert schwanken, benutzt man die Standardabweichung. Sie errechnet sich mit folgender Formel: [7]

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2}$$

Das bedeutet, dass man, um sie zu berechnen, zuerst die Abweichungsquadrate, also die Abweichung der einzelnen Messwerte x_j vom Mittelwert \bar{x} zum Quadrat, bestimmen und deren Summe ausrechnen muss. Teilt man diesen Wert durch die Anzahl n der Messwerte weniger eins, erhält man die Varianz. Dieser Wert gibt an, wie stark die Messwerte um den Mittelwert schwanken. Um diese Streuung anzugeben, ist es jedoch sinnvoller, statt der Varianz deren Quadratwurzel, die Standardabweichung zu benutzen. Sie entspricht dem σ -Intervall. Die Wahrscheinlichkeit, dass die einzelnen Proben in diesem Intervall liegen, beträgt 68,3%. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Proben im 2σ -Intervall liegen, beträgt sogar 95,5%. [9]

Diese Standardabweichung benötige ich, um bei den Versuchen mit Magneten und Pyramiden festzustellen, ob tatsächlich eine Beeinflussung stattgefunden hat. Wenn man sagen kann, dass dies wahrscheinlich der Fall ist, nennt man das Ergebnis eines Versuches signifikant. Signifikant bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Aussage zutrifft, hinreichend groß ist. Dabei ist es Ermessenssache, wie groß diese Wahrscheinlichkeit sein muss. Liegen die Messwerte außerhalb des σ -Intervalls, ist anzunehmen, dass es sich nicht mehr um einen reinen Zufall handelt (dessen Wahrscheinlichkeit wäre ca. 50%), beim 2σ -Intervall kann man schon davon ausgehen, dass ein eindeutiger Effekt aufgetreten ist. Bei meiner Auswertung gehe ich davon aus, dass bereits bei dem σ -Intervall eine Beeinflussung eingetreten ist.

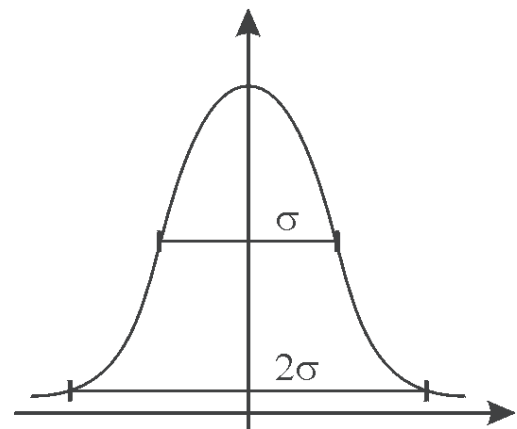


Abb. 7: Bedeutung des Vertrauensintervalls

4. Versuche

4.1 Referenz-Versuche

Nachdem ich festgestellt hatte, dass meine Pflanzen offenbar zu unterschiedlich wuchsen, führte ich mehrmals Versuche zur möglichst reproduzierbaren Aufzucht meiner Referenzen durch.

In der Tabelle 2 (siehe nachfolgende Seite) sind deren Ergebnisse aufgelistet. Die Samenzahl gibt die Menge der Samen für die einzelnen Proben an. Unter Biomasse steht deren Gewicht in Gramm(g)

Der Mittelwert ist das Durchschnittsgewicht der Proben. Die Standardabweichung entspricht dem σ -Intervall und wird wie die Biomasse in Gramm (g) angegeben. Sie entspricht dem Bereich, in dem die

Nummer	Versuch 13a	Versuch 13b	Versuch 14a	Versuch 14b	Versuch 19	Versuch 23
Samenanzahl	64	320	89	356	356	356
Wachstumsdauer	9	9	9	9	8	7
Biomasse	4,3691 3,9243 4,3572 3,6592 4,1628	20,4726 20,1713 17,4148	6,502 5,964 4,291 6,555	24,139 22,033 23,312	20,7556 21,6653 21,4189	17,4141 19,3157 18,2564
Mittelwert	4,0945	19,3529	5,8280	23,1613	21,2799	18,3287
Standardabw.	0,27	1,38	0,92	0,87	0,38	0,78
proz. Abw.	6,62%	7,11%	15,73%	3,74%	1,81%	4,24%
Zeitkorrekturfaktor	0,95	0,95	0,95	0,95	0,97	1,00
Samenzahlnorm.	1,563	0,313	1,124	0,281	0,281	0,281
Norm. Mittelwert	6,082	5,749	6,225	6,185	5,802	5,149
Absolut:	_____	6,060	_____	_____	5,802	5,149
Relativ:	_____	6,55%	_____	_____	1,81%	4,24%

Tab. 2: Übersicht über die Auswertung der Referenz-Versuche

Proben eines Versuches bei gleichen Bedingungen, mit 68,3%-tiger Wahrscheinlichkeit liegen. Es ist aber sinnvoll, nicht nur die Standardabweichung, sondern auch die prozentuale Abweichung anzugeben, weil die Samenanzahlen unterschiedlich sind und man die Ergebnisse so leichter vergleichen kann. Außerdem sind alle Ergebnisse auf 100 Samen und acht Tage Wachstumsdauer normiert.

Die Pflanzen wuchsen bei den Varianzversuchen 13 und 14 auf Ta-schentüchern und bei natürlichem Licht. Weil die Standardabweichung aber zu groß war um zu sagen zu können, ob meine Ergebnisse bei den Versuchen mit Pyramiden und Magneten signifikant sind, musste ich den Versuchsaufbau verbessern. Deshalb habe ich Versuch 19 auf Filterpapier und mit künstlichem Licht durchgeführt. Bei Versuch 23 verwendete ich außerdem eine Bewässerungsanlage.

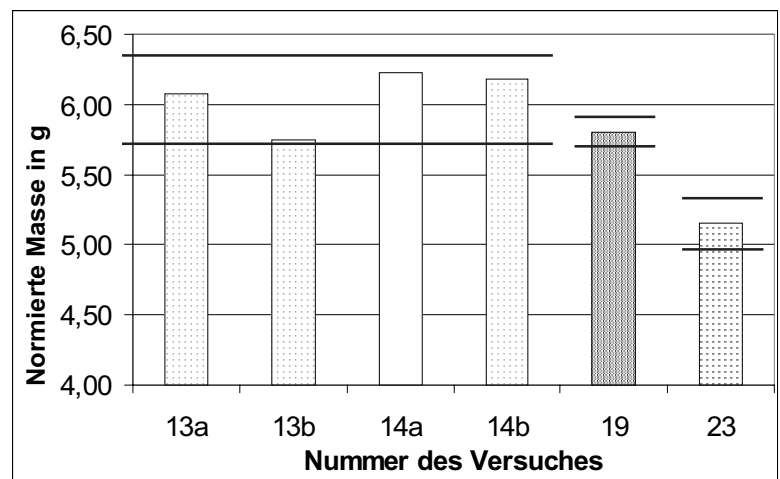


Abb. 10: Vertrauensintervalle der Referenz-Versuche

Abb. 10 ist aus der Tab. 2 abgeleitet. Sie gibt die auf 100 Samen und 7 Tage normierte Biomasse der verschiedenen Referenzversuche an. Die horizontalen Linien geben für jede der drei Anordnungen an, wie groß das Vertrauensintervall ist. Liegt das Ergebnis eines beeinflussten Versuches außerhalb des durch die Linien beschränkten Intervalls, kann ich es als signifikant ansehen.

4.1.1 Folgerungen aus den Referenz-Versuchen

Die prozentuale Abweichung liegt bei den Versuchen 13 und 14 bei 6,55% und ist damit höher, als bei den Referenz-Versuchen 19 und 23. Man kann davon ausgehen, dass diese Verbesserung vor allem durch die höheren Samenzahlen und durch die veränderten Wachstumsbedingungen, also Filterpapier und künstliches Licht, hervorgerufen wurde.

Mit den Werten kann ich bei allen Versuchen, die mit dem gleichen Versuchsaufbau durchgeführt werden, feststellen, ob eine Beeinflussung durch die Magneten oder Pyramiden stattgefunden hat, oder nicht.

4.2 Pyramiden-Versuche

4.2.1 Aufbau

Für die Versuche, mit denen ich die in der Einleitung beschriebenen Behauptungen [1, 2] überprüfen wollte, brauchte ich Pyramiden mit den Abmessungen der Cheopspyramide.

Damit deren Kantenlängen mit dem Verhältnis von Basis und Seitenlängen der Cheopspyramide übereinstimmen, muss man für die Basislänge die gewünschte Höhe h der Pyramide mit dem Faktor 1,57075 multipliziert und für die Seitenlänge mit dem Faktor 1,49454. Meine Pyramiden sind $h=20\text{cm}$ hoch, also haben sie eine Basislänge von $a=31,42\text{cm}$ und eine Seitenlänge von $b=19,89\text{cm}$. Da nach den esoterischen Angaben [1, 2] das Material der Pyramiden egal ist, entschloss ich mich, sie aus normalem Kopierpapier zu bauen. Es hat den Vorteil, dass es sich einfach und genau verarbeiten lässt. Die Pyramiden bestehen nur aus den Kanten, um Treibhauseffekt und Abschattung zu vermeiden. Für die Versuche V 6 und V 10 habe ich außerdem noch eine Pyramide aus 3mm starken Messingstäben gebaut.

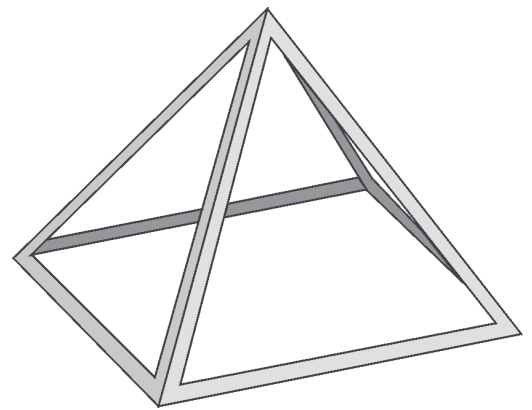


Abb. 8: Papierpyramide

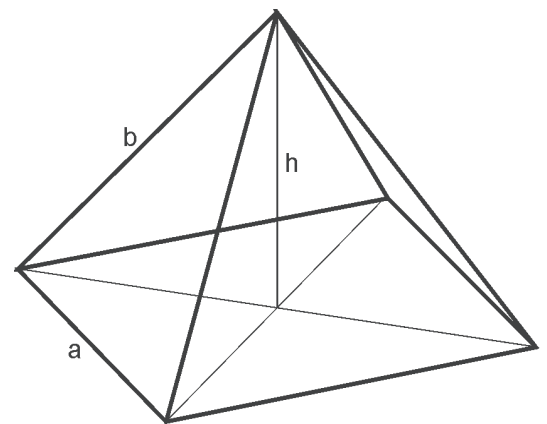


Abb. 9: Abmessungen der Pyramide

4.2.2 Einstellen der Nordrichtung

Als ich versuchte, mit einem Kompass die Nord-Süd-Richtung möglichst genau zu bestimmen, stieß ich auf ein Problem. Es gibt drei verschiedene Nordrichtungen, die zwar ungefähr, aber nicht genau übereinstimmen.

Eine der drei Möglichkeiten ist der magnetische Nordpol. Er entsteht durch ein Magnetfeld im Erdinneren und ist leicht mit einem Kompass zu bestimmen. Allerdings ist diese Nordrichtung nicht immer die gleiche: sie verändert sich im Laufe der Jahre. Außerdem lässt sich dieser Pol in der Nähe der Pole, wo die Feldlinien nahezu senkrecht zur Erdoberfläche stehen, nicht bestimmen.

Den geographischen Nordpol kann man mit Hilfe der Sonne bestimmen. Wenn die Sonne ihren Höchststand erreicht hat, steht sie genau im Süden. Diese Nordrichtung kann man jetzt leicht am Schatten eines senkrecht stehenden Stabes ermitteln. Die geographischen Pole liegen auf der Erdoberfläche an den Stellen, durch die die Drehachse der Erde verläuft.

Der Polarstern gibt den astronomischen Nordpol an. Diese Nordrichtung kann man mit zwei senkrechten Fäden oder Stäben bestimmen, die so hintereinander gehalten werden, dass beide den Polarstern verdecken. Die Verbindungslinie zwischen den beiden Fäden oder Stäben ist die astronomische Nordrichtung.

Allerdings konnte ich keine Informationen darüber finden, nach welcher der drei Nordrichtungen die Pyramiden ausgerichtet sein müssen. Da sie aber nach den Cheops-Pyramiden gebaut sind, ist es sehr wahrscheinlich, dass man sie auch wie diese ausrichten muss:

Die ägyptischen Pyramidenbauer bestimmten die Nordrichtung, indem sie den Winkel zwischen dem Aufgangspunkt und dem Untergangspunkt eines im Norden liegenden Sternes berechneten. Daraus konnten sie die geographische Nordrichtung auf ein halbes Grad genau bestimmen [5]. Weil aber der Unterschied zwischen dem magnetischen und dem geographischen Nordpol nur ca. 2° beträgt und sich eine so geringe Abweichung bei einer 20cm hohen Pyramide nur schwer einstellen lässt, wird es vermutlich keinen großen Einfluss auf meine Ergebnisse haben, wenn ich die Pyramiden nach dem magnetischen Nordpol ausrichte, denn dieser lässt sich einfacher und genauer bestimmen.

4.2.3 Übersicht der Pyramiden-Versuche

In der Tabelle II (s. Anhang) sind alle Versuche zu den Pyramiden mit ihren Ergebnissen aufgelistet. Versuch V 1 und V 3 habe ich nicht ausgewogen, weil ich damit zunächst nur das Wachstum vom Augenschein her betrachten wollte, deshalb fehlen dort die Messergebnisse. Weil ich für die Versuche V 4 bis V 12 keinen entsprechenden Varianzversuch habe, sind bei den Ergebnissen nur die Abweichungen der Biomasse der beeinflussten

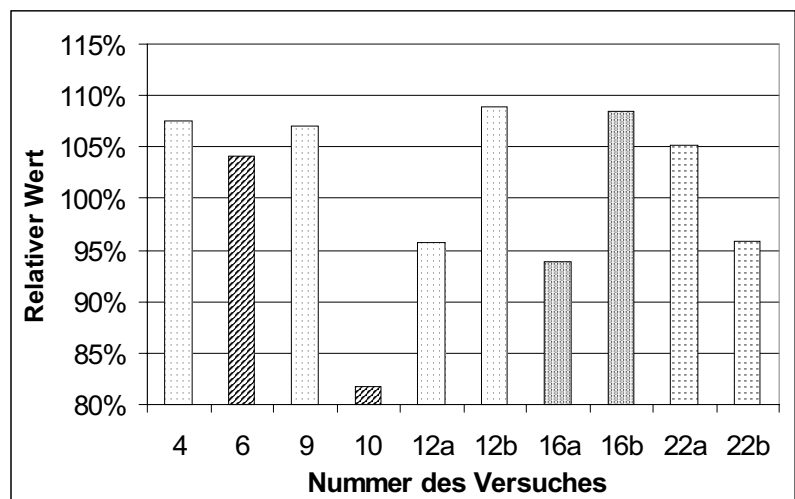


Abb. 11: Graphische Darstellung der Pyramiden-Ergebnisse

Pflanzen von der Referenz angegeben. Für die Papier-Pyramiden bei der ersten Anordnung zeigt sich, dass die Versuche V 4, V 9 und V12b knapp signifikant oberhalb des Vertrauensintervalls liegen, V 12a liegt ebenso knapp darunter. Für die Messing-Pyramide bei selber Anordnung ergibt sich bei V 6 keine signifikante Abweichung, bei V 10 hindert sie eher das Wachstum. Auch die Ergebnisse bei der zweiten und dritten Anordnung sind die Ergebnisse widersprüchlich, also kann man keine Aussage darüber treffen, ob die Pyramiden das Wachstum eher fördern oder behindern.

4.3 Die Magnetversuche

Um die Behauptungen der Wissenschaftler [3, 4] über die Auswirkungen der Magneten auf das Pflanzenwachstum zu überprüfen, habe ich zuerst mit kleinen Scheibenmagneten mit einem Durchmesser von 5 mm gearbeitet. Dazu habe ich 13 dieser Magneten

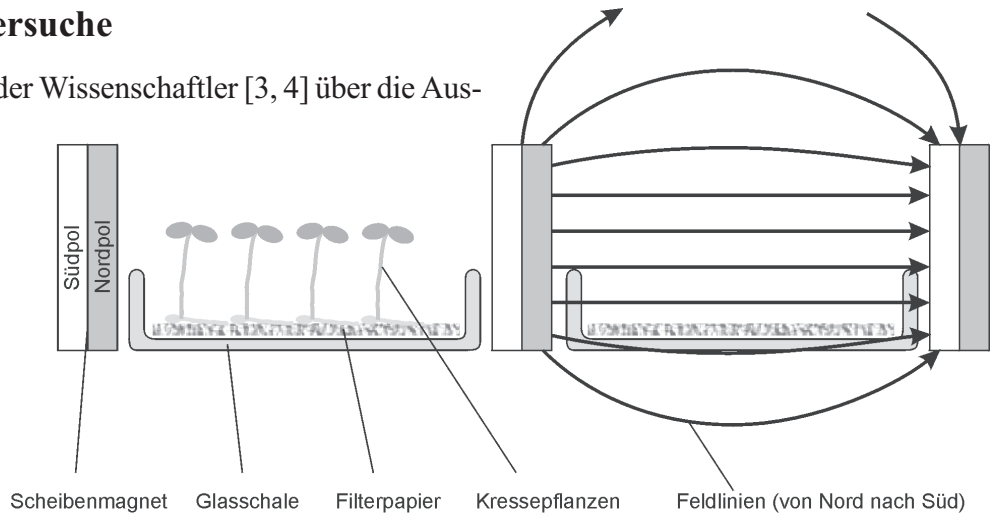


Abb. 12: Anordnung der Magneten für ein waagrecht verlaufendes Magnetfeld

direkt unter das Taschentuch in die Schale gelegt. Später habe ich mit Keramikmagneten mit 50 x 25 x 5 mm gearbeitet, die deutlich stärker sind. Für ein senkrecht Magnetfeld habe ich sie unter die Schalen gelegt, für ein waagrecht rechts und links von den Schalen aufgestellt (s. Abb. 12 und 13).

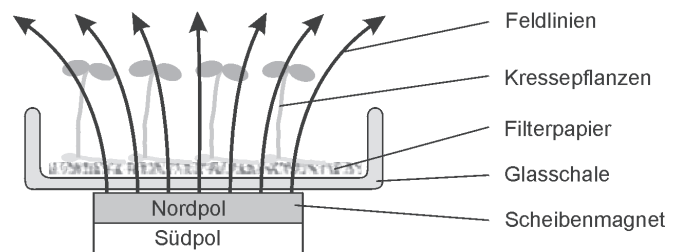


Abb. 13: Anordnung für ein senkrecht verlaufendes Magnetfeld

Bei den Magnetversuchen musste ich darauf achten, dass die Schalen in genügend großem Abstand zueinander standen, damit die Magneten nicht auch die Referenz beeinflussen.

4.3.1 Übersicht zu den Magnetversuchen

In der Tabelle III (s. Anhang) habe ich alle Versuche zu den Magneten mit ihren Ergebnissen aufgelistet. Weil ich für die Versuche 2, 5 und 11 keine entsprechenden Referenzversuche durchgeführt habe, sind bei diesen Ergebnissen nur die Abweichungen der Biomasse der beeinflussten Pflanzen von der Referenz angegeben.

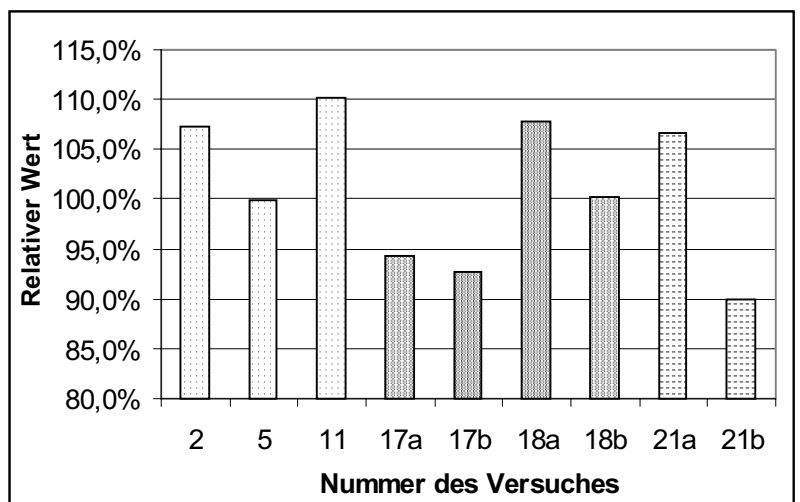


Abb. 14: Graphische Darstellung der Magnet-Versuche

Bei der ersten Anordnung sind V 2 und V 11 signifikant nach oben abweichend, V 5 jedoch nicht. Bei den beiden anderen Anordnungen ergeben sich wieder widersprüchliche Ergebnisse, allerdings eher mit einer Tendenz zu einer Behinderung des Wachstums. Auch hier ist wie bei den Pyramiden keine signifikante Gesamtaussage möglich.

5. Zusammenfassung der Auswertung

Am Anfang meiner Versuche war die Varianz der Pflanzen sehr groß. Das kommt daher, dass ich noch nicht wusste, worauf ich beim Versuchsaufbau achten muss. Etwa, dass die Pflanzen nicht im direkten Sonnenlicht stehen dürfen. Erst im Laufe meiner Arbeit entdeckte ich viele der Fehlerquellen und konnte meinen Versuchsaufbau optimieren. Deshalb ist die Varianz der Pflanzen am Ende meiner Versuche deutlich geringer als am Anfang und die Ergebnisse müssten verlässlicher sein. (vergl. Tab. 2 und Abb. 10).

Obwohl die Versuchsergebnisse der ersten Versuche ungenauer sind als die der späteren, sind diese für meine Auswertung wichtig. Denn wenn die Pflanzen tatsächlich beeinflusst würden, müsste man dies, auch wenn die Varianz sehr groß ist, an den Ergebnissen erkennen können, denn dann müssten die beeinflussten Schalen im Durchschnitt deutlich mehr Biomasse haben als die Referenzen.

Wenn man sich aber die Biomassen der Pflanzen aller Magnet- und Pyramiden-Versuche ansieht (Abb. 11, Abb. 14), erkennt man, dass die Ergebnisse sich ziemlich gleichmäßig über und unter den Referenzen verteilen. Um die Ergebnisse der einzelnen Versuche in diesem Diagramm vergleichbar zu machen, habe ich die Ergebnisse aller Versuche auf 100 Samen und acht Tage Wachstumsdauer normiert.

Wenn man nur die beiden letztgenannten Diagramme zur Auswertung nimmt, scheint es, als würden Magneten wie Pyramiden das Wachstum der Pflanzen in keinerlei Weise beeinflussen.

Allerdings muss man auch die Referenz-Versuche berücksichtigen. Bei den Referenz-Versuchen 13 und 14 war die Standardabweichung sehr groß. Das trifft auch auf alle vorhergehenden Versuche mit dem gleichen Aufbau zu. Aber nachdem ich den Versuchsaufbau verändert hatte, war die Standardabweichung so niedrig, dass ich bei den folgenden Versuchen eine Beeinflussung ziemlich sicher feststellen konnte. Da bei den beiden letzten Referenz-Versuchen die Standardabweichung ziemlich gering war, kann ich auch relativ sicher ausschließen, dass diese Werte nur Zufall waren.

Um eine Beeinflussung festzustellen, prüfe ich, ob die Biomasse der Pflanzen eines Versuches außerhalb des σ -Intervalls des entsprechenden Varianzversuches liegt. Ist dies der Fall, kann man mit 68,3%-tiger Wahrscheinlichkeit sagen, dass die Pflanzen tatsächlich beeinflusst wurden.

Bei meinen Pyramiden-Versuchen liegen neun meiner Ergebnisse außerhalb des σ -Intervalls. Davon liegen fünf darüber und vier darunter, nur eines liegt innerhalb. Also liegen die signifikanten Ergebnisse fast gleichmäßig über und unter dem Vertrauensintervall. Bei den Magnet-Versuchen liegen acht außerhalb des σ -Intervalls und zwar vier darüber und vier darunter. Nur zwei liegen innerhalb des σ -Intervalls. Eines liegt sogar unterhalb des 2σ -Intervalls, das heißt es ist mit 95,55%-tiger Wahrscheinlichkeit beeinflusst. Trotzdem liegen die Ergebnisse auch bei den Magnet-Versuchen fast gleichmäßig darüber und darunter verteilt. Auffällig ist aber, dass gerade die letzten Versuche, also bei den Pyramiden V 16 und V 22 und bei den Magnet-Versuchen V 18 und V 21 widersprüchliche Ergebnisse liefern.

Es sieht also tatsächlich so aus, als ob die Magneten und Pyramiden das Wachstum der Pflanzen beeinflussen, es aber nicht verbessern, wie meine Quellen behaupten. Magneten und Pyramiden schei-

nen aber auf jeden Fall beide die gleiche Veränderung des Wachstums zu bewirken.

Außer Messfehlern kann es also nur zwei Möglichkeiten geben diese Ergebnisse zu erklären. Es könnte sein, dass die Magneten und Pyramiden das Wachstum insofern beeinflussen, indem sie die Varianz der Pflanzen erhöhen.

Oder es wird nicht das Pflanzenwachstum direkt beeinflusst, sondern ein Faktor, der sich nur zusammen mit Pyramiden und Magneten positiv oder negativ auf das Wachstum auswirkt. Beide Vermutungen stimmen mit meinen Ergebnissen überein. Aber es wäre eine äußerst schwierige - oder für mich sogar unmögliche - Aufgabe herauszufinden, welche der beiden Erklärungsversuche richtig ist oder ob beide falsch sind. Vor allem wäre die Suche nach dem Faktor, der im zweiten Fall das Wachstum beeinflusst, sehr mühsam oder hoffnungslos.

5.1 Schlussfolgerung

Das Ziel meiner Arbeit war, die Behauptungen der Wissenschaftler und Esoteriker [1-4] entweder zu bestätigen oder zu widerlegen. Meine Versuche können diese Aussagen nicht bestätigen, aber ich kann relativ sicher sagen, dass Magneten und Pyramiden das Wachstum von Pflanzen verändern, es aber weder verbessern noch verschlechtern. Das würde bedeuten, die Behauptungen der Wissenschaftler wären falsch, aber ich kann sie nicht eindeutig widerlegen, denn es könnten in meinen Ergebnissen immer noch Fehler stecken, die ich bislang nicht bemerkt habe. Wodurch die beobachtete Beeinflussung genau passiert, konnte ich in meiner Arbeit deshalb nicht klären.

6. Quellenangaben

- [1] http://www.lichtleben.de/Esoterik/Pyramiden/body_pyramiden.html
- [2] „Kraut und Rüben“, Deutscher Landwirtschaftsverlag, München, Aprilausgabe 2002
- [3] <http://www.marcbischof.com/texte/doczdn3.htm>
- [4] <http://www.redecke.de/michael/epiemf.htm>
- [5] <http://www.members.easyspace.com/Brig/Egypt/docs/pyramidenbau.html>
- [6] http://www.naturverstand.at/archiv/texte/texte_k/kresse.html
- [7] „Grundkurs Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik“, Westermann Verlag, Braunschweig 1978
- [8] „Stochastik Grundkurs“, Cornelsen Verlag, Düsseldorf 1989
- [9] „Hinweise zur Durchführung des physikalischen Grundpraktikums...“, TU Chemnitz, 2002

7. Danksagung

Ich möchte mich ganz herzlich bei meinem Betreuungslehrer Thomas Biedermann bedanken, der mir mit seinen Ratschlägen immer weitergeholfen hat. Außerdem möchte ich meinem Vater für seine Hilfe beim Bau einiger Geräte und dafür, dass er mir ermöglicht hat, meine Ergebnisse in der Chemieabteilung der Firma Astrium von Frau Lippert wiegen zu lassen, danken. Dieser Dank geht auch an die Hubertus Apotheke Hermannsburg, die mir ebenfalls eine Präzisionswaage zur Verfügung gestellt hat. Vielen Dank auch für die Ratschläge von Frau Rieger-Webel, die sich immer viel Mühe gemacht hat, um mir zu helfen.

Versuchstyp	Aufbau und Besonderheiten	Ergebnis/ Standardabweichung
Papierpyramiden (in NS-Richtung)	2x Beeinflussung 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Kein sichtbarer Unterschied (keine Messergebnisse)
Scheiben- Magneten (0,5cm)	1x Beeinflussung (gleiche Pole oben) 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 7,2% mehr Biomasse als die Referenz
Papierpyramiden (in NS-Richtung)	1x Beeinflussung 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Unter der Pyramide scheint mehr Wasser zu verschwinden (keine Messergebnisse)
Papierpyramiden (in NS-Richtung)	1x Beeinflussung 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 7,5% mehr Biomasse als die Referenz
Scheiben- Magneten (0,5cm)	1x Beeinflussung (Pole abwechselnd) 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 0,1% weniger Biomasse als die Referenz
Messingpyramiden (in NS-Richtung)	1x Beeinflussung 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	
Papierpyramiden (in NS-Richtung)	1x Beeinflussung 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 7,1% mehr Biomasse als die Referenz
Messingpyramiden (in NS-Richtung)	1x Beeinflussung 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 18,4% weniger Biomasse als die Referenz
Scheiben- Magneten (0,5cm)	1x Beeinflussung (gleiche Pole oben) 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 10,2% mehr Biomasse als die Referenz
Papierpyramiden (5° Abweichung von der NS-Richtung)	a) 1x Beeinflussung (NS-Richtung) 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern b) 1x Beeinflussung (5° Abweichung) 1x Referenz je 36 Samen (unsortiert) auf Papiertaschentüchern	Die beeinflussten Schalen hatten 4,3% weniger Biomasse als die Referenz Die beeinflussten Schalen hatten 8,9% mehr Biomasse als die Referenz

Versuchstyp	Aufbau und Besonderheiten	Ergebnis/ Standardabweichung
Varianz Varianz	a) 6x Referenz je 64 Samen (mittlere Größe) auf Taschentüchern b) 3x Referenz je 320 Samen (mittlere Größe) auf Taschentüchern a) 4x Referenz je 89 Samen (mittlere Größe) auf Taschentüchern b) 3x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Taschentüchern	Standardabw.: 0,27g prozent. Abw.: 6,62% Standardabw.: 1,38g prozent. Abw.: 7,11% Standardabw.: 0,92g prozent. Abw.: 15,73% Standardabw.: 0,87g prozent. Abw.: 3,74%
Varianz (bei verschiedenen Samengrößen)	1x kleine Samen 1x mittlere Samen 1x große Samen je 89 Samen auf Taschentüchern	
Papierpyramiden	a) 1x Referenz 1x Beeinflussung je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung b) 1x Referenz 1x Beeinflussung je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung	Die beeinflussten Schalen hatten 6,2% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 1,09g weniger. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14). Die beeinflussten Schalen hatten 8,4% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 1,48g mehr. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14).
Keramik- Magneten (Schalenabstand: ca. 20 cm)	a) 1x Beeinflussung (6 Magneten, waagerechtes Magnetfeld) 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung b) 1x Beeinflussung (4 Magneten, senkrecht Magnetfeld, Nordpol oben) 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung	Die beeinflussten Schalen hatten 5,8% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 1,32g weniger. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14). Die beeinflussten Schalen hatten 7,4% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 1,69g weniger. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14).
Keramik-Magneten (Schalenabstand: ca. 20 cm)	a) 1x Beeinflussung (6 Magneten, waagerechtes Magnetfeld) 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung b) 1x Beeinflussung (4 Magneten, senkrecht Magnetfeld, Südpol oben) 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung	Die beeinflussten Schalen hatten 7,7% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 1,67g mehr. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14). Die beeinflussten Schalen hatten 0,2% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 0,06g mehr. Damit liegen die Pflanzen innerhalb des ?-Intervalls (V14).

Versuchstyp	Aufbau und Besonderheiten	Ergebnis/ Standardabweichung
Varianz	3x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung	Standardabw.: 0,38g prozent. Abw.:1,81%
Wachstum von Kresse	1x ungekeimte Samen 5x Referenz (nach 1-5 Tagen gewogen) je 89 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung	
Keramik-Magneten (Schalenabstand:ca. 10 cm)	a) 1x Beeinflussung (6 Magneten, waagerechtes Magnetfeld) 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung und Bewässerungsanlage b) 1x Beeinflussung (4 Magneten, senkrechtes Magnetfeld, Südpol oben) 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung und Bewässerungsanlage	(???????????)
Papierpyramiden (in NS-Richtung)	a) 1x Beeinflussung 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung und Bewässerungsanlage b) 1x Beeinflussung 1x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung und Bewässerungsanlage	(???????????)
Varianz	3x Referenz je 356 Samen (mittlere Größe) auf Filterpapier mit künstlicher Beleuchtung und Bewässerungsanlage	

Samenzahl	Messergebnisse Referenz	Objekt	Ergebnis
ürlichem Licht auf Papiertaschentüchern			
je 36 (unsortiert)	---	---	Kein sichtbarer Unterschied
je 36 (unsortiert)	---	---	Unter der Pyramide scheint mehr Wasser zu verschwinden
je 36 (unsortiert)	2,4436g	2,6275g	Die beeinflussten Schalen hatten 7,5% mehr Biomasse als die Referenz
je 36 (unsortiert)	2,5811g	2,6859g	Die beeinflussten Schalen hatten 4,1% mehr Biomasse als die Referenz
je 36 (unsortiert)	2,0641g	2,2105g	Die beeinflussten Schalen hatten 7,1% mehr Biomasse als die Referenz
je 36 (unsortiert)	1,9705g	1,6088g	Die beeinflussten Schalen hatten 18,4% weniger Biomasse als die Referenz
je 36 (unsortiert)	2,2249g	2,1299g	Die beeinflussten Schalen hatten 4,3% weniger Biomasse als die Referenz
je 36 (unsortiert)	2,2249g	2,4223g	Die beeinflussten Schalen hatten 8,9% mehr Biomasse als die Referenz
stlichem Licht auf Filterpapier			
je 356 (mittlere Größe)	17,6453g	16,5536g	Die beeinflussten Schalen hatten 6,2% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 1,09g m. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14).
je 356 (mittlere Größe)	17,6453g	19,1259g	Die beeinflussten Schalen hatten 8,4% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 1,48g m. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V14).
stlichem Licht auf Filterpapier mit Bewässerungsanlage			
je 356 (mittlere Größe)	17,0736g	17,9607g	Die beeinflussten Schalen hatten 5,2% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 0,89g m. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des ?-Intervalls (V23).
je 356 (mittlere Größe)	17,0736g	16,3779g	Die beeinflussten Schalen hatten 4,1% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 0,70g m. Damit liegen die Pflanzen innerhalb des ?-Intervalls (V23).

	Samen- zahl	Messergebnisse Referenz	Objekt	Ergebnis
ürlichem Licht auf Papiertaschentüchern				
n	je je 36 (unsortiert)	1,6019g	1,7178g	Die beeinflussten Schalen hatten 7,2% mehr Biomasse als die Referenz
n	je je 36 (unsortiert)	2,5811g	2,5780g	Die beeinflussten Schalen hatten 0,1% weniger Biomasse als die Referenz
n	je je 36 (unsortiert)	1,9705g	2,1721g	Die beeinflussten Schalen hatten 10,2% mehr Biomasse als die Referenz
stlichem Licht auf Filterpapier				
netfeld	je 356 (mittlere Größe)	22,9572g	21,6362g	Die beeinflussten Schalen hatten 5,8% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 1,32g. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des 2?-Intervalls (V14).
etfeld	je 356 (mittlere Größe)	22,9572g	21,2648g	Die beeinflussten Schalen hatten 7,4% weniger Biomasse als die Referenz, das sind 1,69g. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des 2?-Intervalls (V14).
netfeld	je 356 (mittlere Größe)	21,5765g	23,2441g	Die beeinflussten Schalen hatten 7,7% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 1,67g mehr. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des 2?-Intervalls (V14).
etfeld	je 356 (mittlere Größe)	21,5765g	21,6372g	Die beeinflussten Schalen hatten 0,2% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 0,06g mehr. Damit liegen die Pflanzen innerhalb des 2?-Intervalls (V14).
stlichem Licht und Bewässerungsanlage auf Filterpapier				
netfeld	je 356 (mittlere Größe)	21,2267g	22,6405g	Die beeinflussten Schalen hatten 6,7% mehr Biomasse als die Referenz, das sind 1,41g mehr. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des 2?-Intervalls (V23).
etfeld	je 356 (mittlere Größe)	21,2267g	19,1110g	Die beeinflussten Schalen hatten 10,0 % weniger Biomasse als die Referenz, das sind 2,11g weniger. Damit liegen die Pflanzen außerhalb des 2?-Intervalls (V23).