
Der Einfluss des Klimawandels auf Nutzpflanzen



Maturaarbeit Kantonsschule Schaffhausen

Verfasserin:
Betreuung:
Fachschaft:
Eingereicht:

Michelle Kraft 4mb
Annette Stähli
Biologie
14.12.21

Abstract – Zusammenfassung

Klimastreik, Fridays for Future und Greta Thunberg. Der Klimawandel ist heutzutage allgegenwärtig. Nicht nur unsere Generation beschäftigt sich mit den Veränderungen, den Bedrohungen und der weitgreifenden Konsequenzen vieler verschiedener Pflanzen und Tierarten.

Auch Biologen wissen, wenn die Biodiversität verloren geht, wird sich die Welt stark verändern. Jedes Tier und jede Pflanze spielt eine wichtige Rolle in ihrem jeweiligen Ökosystem. Deshalb müssen wir unsere Welt schützen und uns bewusst machen, wie wichtig die Verbindungen und Vernetzungen der Natur sind. Wenn nur ein Glied in der Nahrungskette fehlt, kann alles auseinanderbrechen.

Die Bedrohungen des Klimawandels sind sehr vielseitig. In der Schweiz bedroht er vor allem die Gletscher, welche immer weiter abschmelzen, doch auch Nutzpflanzen und damit unsere Landwirtschaft ist bedroht. Genau diese Befürchtung wurde in diesem Experiment untersucht. In den folgenden Experimenten werden die Auswirkungen durch erhöhte Temperaturen und einer Wasserreduktion auf Nutzpflanzen untersucht. Die Nutzpflanzen Gerste und Sonnenblume wurden ausgesucht, da in wärmeren Zonen beobachtet wurde, dass sie teils Defizite aufweisen. Bei Faserhanf und Hafer hingegen, wurde die Erkenntnis gewonnen, dass sie eine gegenteilige Reaktion zeigen.

Daher beschäftigt sich das Experiment mit der Frage, wie die Nutzpflanzen sich unter diesen beiden Stressfaktoren entwickeln. Während der Faserhanf sich unter kombinierten Stressfaktoren prächtig entwickelte, konnte die Sonnenblume nur mit einem Stressfaktor zurechtkommen. Der Hafer zeigte sich als robustere Pflanze als die Sonnenblume. Auch er gedieh unter kombinierten Stressfaktoren ohne grössere Komplikationen. Die Gerste zeigte sich ähnlich wie die Sonnenblume, die Unterschiede in den Grössen der Pflanzen waren jedoch nicht so gross wie bei den Sonnenblumen. Die Gerste wurde etwas höher, wenn kältere Temperaturen herrschten, doch beim Ertrag sah es etwas anders aus: Dieser konnte bei einer Wasserreduktion etwas gesteigert werden. Im Durchschnitt handelte es sich jedoch um nicht mehr als ein Korn zusätzlichen Ertrags.

Durch diese Erkenntnisse wird klar, dass der Hafer und der Faserhanf Klimagewinner sind, da sie durch ihre Wasserunempfindlichkeit kein Problem mit Dürreperioden in Folge des Klimawandels haben werden. Jedoch verzeichnet auch er unter zwei Stressfaktoren Einbussen.

Ebenfalls wichtig zu wissen ist, was nötig ist, um den Ertrag der Nutzpflanzen der Bauern zu erhöhen. Mithilfe von Fruchtfolgen und Mischkulturen kann der Boden sich nun regenerieren und so können die Erträge gesteigert werden. Dies sind umweltfreundlichere Alternativen zu Überdüngung und Überproduktion und wirken so auch dem Klimawandel entgegen. Durch den erhöhten Kauf von regionalem Gemüse, welches gut gedeiht, muss weniger Ware importiert werden und der CO₂ Ausstoss sinkt.

Inhaltsverzeichnis

Abstract – Zusammenfassung	
1. Einleitung	1
1.1 Der Klimawandel in der Schweiz.....	1
1.2 Nachhaltiger Anbau.....	1
1.3 Einfluss des Klimawandels auf Nutzpflanzen.....	3
1.4 Leitfrage	4
2 Material und Methoden	5
2.1 Material: Aufbau des Projekts.....	5
2.2 Methoden: Erster Monat.....	6
2.3 Methoden: Zweiter Monat.....	7
2.4 Wetterunglück	8
2.5 Ernte	9
3. Resultate	10
3.1 Höhe der Verschiedenen Pflanzen im Vergleich	10
3.2 Ertrag von Gerste und Hafer	14
3.3 Vergleich des Wachstums	16
4. Diskussion	18
4.1 Wachstum unter verschiedenen Stressfaktoren.....	18
4.2 Ertrag von Gerste und Hafer	19
4.3 Das Wachstum der Pflanzen	20
4.4 Fazit.....	20
4.5 Verbesserung des Experiments	21
5. Schlusswort	23
6. Danksagung.....	24
7. Quellenverzeichnis	25
7.1 Literaturquellen	25
7.2 Bildquellen	26
8. Anhang	28
8.1 Exceltabelle	28
8.2 Bilder.....	32

1. Einleitung

1.1 Der Klimawandel in der Schweiz

Schon immer gab es auf der Erde kältere und wärmere Zeiten. Seit mehr als 10'000 Jahren leben wir schon in einer Eiszeit und bewegen uns auf eine wärmere Phase zu. Doch seit ca. 170 Jahren geht die Erwärmung sehr viel schneller vonstatten, als es für unseren Planeten natürlich wäre. Die vom Menschen künstlich erzeugte Erwärmung, ist auf das Zeitalter der Industrialisierung zurückzuführen. [1] Der Klimawandel ist ein vom Menschen gemachtes Phänomen, welches sich klar vom Wetter unterscheidet. Während man beim Wetter von kurzfristigen Veränderungen spricht, ist das Klima ein auf lange Sicht beobachtetes und sich meist über Jahrzehnte hinziehendes, veränderndes Geschehen. Die ganze Schweiz, wie auch die ganze Welt ist davon betroffen und muss sich anpassen. Tiere verlieren ihren Lebensraum und müssen in eine andere Region ziehen. Vögel ziehen später in den Süden und wieder andere müssen durch die Erwärmung in für sie früher zu kalte Regionen ziehen. In einer ähnlichen Situation befindet sich die Pflanzenwelt. Alpenpflanzen werden zunehmend von Pflanzen verdrängt, die nun ebenfalls in nördlicheren Lagen überleben können. Andere Pflanzen beginnen wiederum später zu blühen.

In der Schweiz hat sich die Durchschnittstemperatur um +2 Grad Celsius im Vergleich zur vorindustriellen Zeit gesteigert. Das zeigt, dass die Schweiz sehr stark vom Klimawandel betroffen ist. [2] Im Alpenraum geht die Erwärmung fast doppelt so schnell voran wie im Rest der Welt. Eine der Veränderungen, welche am besten sichtbar ist, ist der Rückgang der Gletscher. Seit 1850 sind die Gletscher um 60% zurückgegangen. Eine weitere Folge ist, dass die Null-Grad-Isotherme seit 1961 um 350m angestiegen ist. [1] Wenn der CO₂-Ausstoss nicht gesenkt wird, ist es möglich, dass sich die Durchschnittstemperatur bis im Jahr 2100 um 4,8 bis 6.9 °C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau erhöht. Dies beweist, dass der Klimawandel in der Schweiz nicht zu unterschätzen ist. Auf der anderen Seite jedoch ist man davon überzeugt, dass es für ein Entgegenwirken noch nicht zu spät ist. Würden wir mit den Klimamassnahmen so weiter machen wie bisher, würde die Temperatur im Jahr 2100 um 2,1 bis 3,4 °C steigen. [2] Doch auch dieser Temperaturanstieg ist keine Bagatelle. Bei nur 2 Grad Erwärmung wird sich unsere Erde wohl stark verändern. Die Tier- und Pflanzenwelt könnte in einigen Gebieten zum Teil aussterben, während andere durch die Evolution angepasst werden und überleben können.

1.2 Nachhaltiger Anbau

Lange Zeit zählte in der Wirtschaft nur eines, nämlich einen möglichst grossen Gewinn zu erzielen. Dies ohne Rücksicht auf Arbeiter, Böden und Pflanzen. Eine hohe Produktivität und industrielles Wachstum waren das A und O der Gesellschaft. Dieses Verhalten zeigte jedoch schon bald Konsequenzen auf, denn viel zu lange wurde der Schutz der Natur ignoriert. Die Luftverschmutzung, das Artensterben, die unfruchtbaren Böden und die Verunreinigungen sind nur ein paar der Auswirkungen, die die Erde zu tragen hat. [3]

Durch den Klimawandel wird immer mehr Menschen bewusst, wie wichtig Nachhaltigkeit ist. Man vermeidet viele unnötige Verpackungen, Nachhaltiges Einkaufen und ein bewusstes Konsumverhalten sind heutzutage wichtiger denn je. Und was ist nachhaltiger als selbst seine Nahrungsmittel zu erwirtschaften? Durch die Nahrungsproduktion im eigenen Garten und wenn Bauern ihre Erträge nachhaltig steigern können, kann der Import gesenkt werden. Die Folge ist ein geringerer CO₂-Ausstoss.

Durch die Erkenntnisse, welche wir beispielsweise aus dem Kohlendioxidkreislauf ziehen können, wissen wir, dass der nachhaltige Anbau gar nicht so schwierig ist. Nachhaltigkeit bedeutet einen natürlichen Kreislauf zu bilden und mit der Natur als Vorbild zu arbeiten. Der Bio-Anbau ist ein erster Schritt in diese Nachhaltigkeit. Biobauern achten jedoch nicht nur darauf, keine synthetischen Pestizide zu verwenden, sie achten in gleicher Weise auf die Versorgung ihrer Böden. Diese Massnahmen ergreifen sie, um das Bodenleben zu fördern. In der Erde leben unzählige Bakterien, Flechten, Kleinlebewesen und Pilze. Diese sogenannten Destruenten graben die Erde um dadurch wird sie von Verunreinigungen befreit. Durch den guten Umgang mit den Böden, kann die Qualität des Obstes oder Gemüses gesteigert werden. [3]

Ein weiterer Aspekt ist das sinnvolle Anpflanzen verschiedener Spezies. Die meisten Bauern arbeiten mit Monokulturen, dies bedeutet, dass ein grosses Feld mit nur einer einzigen Pflanzenart bepflanzt wird. Nachdem die Pflanzen reif sind und geerntet werden, folgt der Anbau einer neuen Pflanzenart. Die Dreifelderwirtschaft ist ein System, wie Bauern ihre Felder nachhaltiger bewirtschaften können. Hier geht es darum, drei Felder unterschiedlich zu bewirtschaften: Beispielsweise eines mit Sommergetreide, eines mit Wintergetreide und das letzte Feld liegt brach. Dadurch kann sich ein Feld alle drei Jahre erholen. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass die Böden nicht innert kürzester Zeit ausgelaugt werden. [5] Eine genauere Beschreibung der Dreifelderwirtschaft bringt die Fruchtfolge mit sich. Wenn man über längere Zeit die gleiche Pflanzenart auf einem Feld anpflanzt, sinkt dessen Ertrag. Dies hat damit zu tun, dass verschiedene Pflanzenarten verschiedene Nährstoffe benötigen. Wird immer nur eine Art angebaut, wird der Boden nährstoffärmer und man kann nichts mehr auf ihm anbauen. [6]

Die Kombination der Dreifelderwirtschaft und der Fruchtfolge ist die Mischkultur. Hier werden mehrere Pflanzenarten auf einem Feld angebaut, meist wird die Art nach jeder Reihe gewechselt. Der Sinn einer Mischkultur ist es, dass sich symbiotische Verhältnisse bilden. Dabei versucht man, ein kleines Ökosystem zu schaffen und dessen Vorteile auszunutzen. Diese Vorteile können sehr vielseitig sein. Beispiele dafür wären, Schädlinge zu bekämpfen, Nährstoffe besser auszunutzen und das Wachstum der Pflanzen zu fördern. Schon seit langer Zeit weiss man, dass Sellerie und Blumenkohl nebeneinander besonders gut gedeihen. Der Sellerie hält mit seinem Duft Kohlschädlinge ab, während der Kohl den Teil des Bodennährstoffes gebrauchen kann, welcher für den Sellerie nicht zu verwenden ist. Ähnlich verhalten sich Tomaten mit Weisskohl. [4] Von diesem Wissen können vor allem Gemüsebauern profitieren und ihre Erträge steigern.

Verschiedene Pflanzen haben auch verschiedene Bedürfnisse. Diejenigen Pflanzen, welche im Experiment dieser Arbeit angepflanzt wurden, bevorzugten ebenfalls verschiedene Bedingungen. Während Hafer und Faserhanf eher eine trockene und warme Umgebung bevorzugen,

benötigen Sonnenblumen und Gerste mehr Wasser. Es ist wichtig die Bedürfnisse aller Pflanzen zu kennen und ihnen gerecht zu werden, um ihren Ertrag zu steigern.

1.3 Einfluss des Klimawandels auf Nutzpflanzen

Pflanzen in der Landwirtschaft sind dem Klimawandel und dessen Folgen direkt ausgesetzt. Sowohl Dürre als auch Überflutungen und Windstürme müssen sie überstehen. Dies bedeutet sie sind extremen Temperaturen und Niederschlag ausgesetzt. In diesen Untersuchungen wird vor allem die Auswirkung von Temperaturerhöhungen und Wassermangel betrachtet. Doch auch der Einfluss der Konzentration des CO₂ ist wichtig für die Pflanzen.

Wie im Kapitel 1.2 schon erwähnt wurde, ist CO₂ für das Wachstum der Pflanzen fundamental. Dadurch, dass die Konzentration des CO₂ in der Atmosphäre steigt, ist es möglich, dass einige Pflanzenarten davon profitieren und sich besser entwickeln können. In den Untersuchungen von Richard M. Adams et al. [7] wurde festgestellt, dass sich Rosenarten mit +4 Grad und mehr CO₂ in Kanada und im Norden der USA besser entwickeln als jene in südlicheren Regionen. Grundsätzlich zeigten sich bei +2 Grad Erwärmung eine meist bessere Entwicklung der Pflanzen. Im Gegensatz dazu gab es bei einer Erwärmung von 4 Grad Ertragseinbussen.

Dass sich die landwirtschaftlichen Systeme an die Bedingungen des Klimawandels anpassen, ist gut dokumentiert [8]. Richard M. Adams [7] deutet ebenfalls darauf hin, dass die Ernteerträge mit oder ohne Klimawandel steigen werden. Denn in den letzten 50 Jahren wurde eine stetige Zunahme der Erträge registriert. Dies ist auf den voranschreitenden technischen Fortschritt zurückzuführen. Durch die Verbesserung der landwirtschaftlichen Maschinen und die neuen Möglichkeiten durch Gentechnik, könnte in Zukunft die Landwirtschaft revolutioniert werden. Die Frage ist nun, ob sich die Landwirtschaft schnell genug an den Klimawandel anpassen kann, um weiterhin erfolgreich produzieren zu können, oder ob sie zu langsam reagiert. Die Veränderungen gehen nicht ohne Kosten einher, sowohl die Forschung als auch Entwicklung neuer Strategien fordert Ressourcen.

Durch den Klimawandel verändert sich auch die Keimzeit der Nutzpflanzen. In der Arbeit von P. A. Harrison et al. wird aufgezeigt, dass sich durch die Verkürzung der Wachstumszeit der Ertrag der Sonnenblume und des Weizens minimiert. Auch der CO₂-Gehalt hatte einen negativen Einfluss auf das Wachstum der Sonnenblume. Fand eine Wasserreduktion statt, so ging der Ertrag zurück. [9]

Die Gerste ist eine der wichtigsten Nutzpflanzen und eine wichtige Nahrungsquelle für Mensch und Tier. Sie wird beinahe auf der ganzen Welt angebaut und obwohl im Moment so viel angebaut wird wie nie, wird sie künftig mit Einbussen zurechtkommen müssen. Sie ist dafür bekannt, dass sie bei verändernden Wetterbedingungen eine schlechte Variabilität aufweist, unter Dürreperioden wird sie eingehen, wenn keine entsprechenden Gegenmassnahmen wie einer zusätzlichen Bewässerung eingeleitet werden. [10] Rötter et al. [11] wiesen darauf hin, dass bei einem Experiment in Finnland der Ertrag der Gerste trotz hoher Temperaturen wenig gesteigert werden konnte. Durch eine frühere Aussaat konnte die Gerste unter den meisten

Klimaszenarien ihre Produktion steigern. Andere Forscher fanden heraus, dass durch mehr CO₂ der Proteingehalt in den Pflanzen sinkt. [10]

Der Maisanbau hat sich in der Schweiz aufgrund des Klimawandels verändert. In höheren Lagen steigt die Temperatur. Manchmal sogar so sehr, dass sich die Möglichkeit ergibt, die Anbaufläche für bestimmte Pflanzenarten zu erweitern. Ansonsten werden andere Massnahmen getroffen, wie zum Beispiel eine Erhöhung der Bewässerung. [12] Davon profitieren einige Pflanzenarten, während andere ihren natürlichen Lebensraum verlieren.

1.4 Leitfrage

In dieser Arbeit geht es darum, herauszufinden, welchen Einfluss der Klimawandel auf verschiedene Arten von Nutzpflanzen hat. Die Pflanzensorten Hafer, Gerste, Sonnenblume und Faserhanf, werden unter Stressfaktoren beobachtet und es wird untersucht, wie sich ihre Existenzchancen bei einem zunehmenden Klimawandel entwickeln. Die Gerste und die Sonnenblume wurden gewählt, da sie eine wichtige Rolle in der heutigen Landwirtschaft spielen (Sonnenblumenöl, Gerste als Nahrungsquelle für Mensch und Tier). Ausserdem sind sie bereits dafür bekannt, bei wärmeren Temperaturen und Wasserstress einzugehen. Der Faserhanf und der Hafer bieten gute Zukunftsaussichten als Ersatz für weniger anpassungsfähige Pflanzen. Vor allem die Vielseitigkeit des Faserhanfs, welcher abwechslungsreich eingesetzt werden kann, ist nicht zu unterschätzen. Die zwei untersuchten Stressfaktoren lauten: Niederschlagseinbussen und Temperaturerhöhungen.

Dadurch lassen sich die folgenden Fragen formulieren:

- Wie wirkt sich ein Wasserstress auf die Sorten Gerste, Sonnenblume, Hafer und Faserhanf aus?
- Können die Sorten Gerste, Sonnenblume, Hafer und Faserhanf mit einer Erhöhung der Temperatur umgehen?

Durch die Wahl der Pflanzen erwarten wir, dass sich Gerste und Sonnenblumen schlechter entwickeln als der Hafer und der Faserhanf.

2 Material und Methoden

2.1 Material: Aufbau des Projekts

Am 12. März wurden die zwei Gewächshäuser von der ETH geliefert. Die Häuser hatten eine Länge von ca. 2 Metern, eine Breite 2.5 Metern und eine Höhe von 1.8 Meter.

Am 5. April wurde das erste Haus aufgebaut und am 5. Mai waren beide Häuser einsatzbereit, um das Experiment zu starten. Nötig für die Einrichtung der Häuser waren genug Töpfe, welche Löcher an der Unterseite hatten, um eine Staunässe zu verhindern.

Durch die Einrichtung der Klimageräte herrschte im kälteren Haus eine Temperatur von 35 °C. Im zweiten Haus wurde eine Temperaturerhöhung simuliert, durch eine weniger starke Kühlung lag hier die Temperatur bei 40 °C. Hinzu kam ein weiterer Stressfaktor, die Wasserreduktion. Diese wurde bei beiden Temperaturen durchgeführt. Die Wasserreduktion wurde erreicht, indem die erste Hälfte der Individuen drei Mal pro Woche Wasser erhielt, während die andere 1/3 weniger Wasser bekam. Dies entsprach nur noch zwei Mal pro Woche Wasser für die zweite Hälfte der Individuen.



Abb. 1: Gewächshaus mit Plexiglasscheiben



Abb. 2: Gewächshausgestell aus einem Aluminiumgestänge

2.2 Methoden: Erster Monat

Am 5. Mai wurden die Samen aller Pflanzenarten gesät. Die Töpfe, welche später weniger Wasser erhalten sollten, wurden markiert. Von der Gerste und dem Hafer wurden neun Samen gesät, von der Sonnenblume und dem Faserhanf wurden nur vier Samen gesät.

Nach einer Woche keimten die ersten Pflanzen. In den ersten drei Wochen erhielten alle Versuchsgruppen dieselbe Wassermenge, sie wurden jedoch bereits verschiedenen Temperaturen ausgesetzt. Die Temperaturen im wärmeren Haus bewegten sich zwischen 10 °C und bis zu 42 °C. Ähnlich im kälteren Haus, dort stiegen die Temperaturen nicht über 37 °C. Die Durchschnittstemperatur lag im kalten Haus bei 35 °C und im warmen bei 40 °C. Durch Lüften und die Klimageräte konnte die Temperatur gesteuert werden, dies gelang jedoch an den besonders heißen Tagen nicht immer.

Die Keimfortschritte verliefen bei allen Pflanzen gleichermassen. Es waren keine wesentlichen Unterschiede erkennbar. Bei den Sonnenblumen und dem Faserhanf keimten nur drei von vier Pflanzen, vermutlich war dies ein Zufall. Einzig bei der Gerste und dem Hafer konnte man kleine Unterschiede in der Höhe beobachten.

Erste signifikante Beobachtungen waren erst möglich, als die Pflanzen etwa eine Grösse von 5cm erreicht hatten. Anfangs waren kaum Veränderungen sichtbar. Jede Woche wurde die Höhe der Pflanzen gemessen. Vor allem das rasante Wachstum aller Pflanzen war markant. Die wirklichen Feldpflanzen, wie die Gerste und der Hafer wuchsen vergleichsweise schneller als die Sonnenblume und der Faserhanf.



Abb. 3: Faserhanf mit wenig Wasser (oberer Topf) und mit normaler Versorgung (unterer Topf)



*Abb. 4:
Links: Hafer.
Mitte unten: Sonnenblume.
Mitte oben: Gerste*

Hier sieht man die Pflanzenentwicklung bei kälteren (Abb. 4) und bei wärmeren Temperaturen. (Abb. 3) Die Bilder wurden am 21. Mai aufgenommen. Rund 2 Wochen nach der Saat.

2.3 Methoden: Zweiter Monat

Nun wurde den Pflanzen einmal pro Woche weniger Wasser gegeben. Zu Beginn des zweiten Monats wuchsen die Pflanzen noch schneller. Besonders auffällig ist, dass der Hafer und der Faserhanf auch bei einer Wasserreduktion sehr in die Höhe schossen. Interessant war, dass es bei kälteren Temperaturen weniger Unterschiede zwischen den Pflanzen mit normaler Wasserversorgung und denjenigen mit einer Verringerung des Wassers gab. Die Pflanzen reagierten heftiger, wenn sie unter zwei Stressfaktoren gleichzeitig litten.

Bald wurden die ersten Unterschiede je nach Bewässerungsart, in der Grösse der Pflanzen deutlich erkennbar. Die Grössendifferenz zwischen den Pflanzenarten stieg stetig. Vor allem die Sonnenblume, welche eine Wasserverminderung im warmen Haus bewältigen musste, litt sehr.



Abb. 5 Faserhanf mit wenig Wasser (hinterer Topf) und mit normaler Wasserversorgung (vorderer Topf)



Abb.6 Sonnenblume mit wenig Wasser (hinterer Topf) und mit normaler Wasserversorgung (vorderer Topf)

Auf Abb. 5 und 6 kann man dem Unterschied zwischen reduzierter und normaler Wasserversorgung zwischen der Sonnenblume und dem Faserhanf beobachten. Wir befinden uns bei den Pflanzen mit wärmeren Temperaturen und es ist der 30. Mai. Auf Abb. 5 kann man erkennen, dass im hinteren Topf, mit reduzierter Wasserversorgung der Faserhanf schon fast 15 Zentimeter höher steht als im Topf mit normaler Wasserversorgung. Dieses Phänomen liess sich auch bei tieferen Temperaturen beobachten.

Auf Abb. 6 kann man genau das gegenteilige Ereignis beobachten. Die Sonnenblume ist wesentlich kleiner, wenn sie unter einer Wasserreduktion leidet, was man im hinteren Topf sehen kann. Die vorderen Pflanzen sind stärker und ein gutes Stück höher gewachsen.



Auf Abb. 7 kann man sehen, wie die Keimblätter der Sonnenblume sich gelb verfärbt haben. Bei den Keimblättern ist dies normalerweise nicht schlimm, doch nach einiger Zeit breitete sich die Gelbfärbung aus. Dies geschah nicht nur bei der Sonnenblume, sondern bei nahezu allen Pflanzen. Dies lässt sich auf einen Stickstoffmangel zurückführen. [13] Er wurde

Abb. 7: Sonnenblume bei 40°C Gelbfärbte Blätter

verursacht, da sich wenig Erde in den Töpfen befand und auch wenig Ausweichmöglichkeiten für die Pflanzen bestanden.

Als Gegenmassnahme wurde ein Pflanzendünger gekauft. Es wurde jedoch auf synthetische Dünger verzichtet, da diese langfristig dem Boden eher schaden als nützen. Um die Nachhaltigkeit bei meinem Projekt zu fördern, griff ich auf einen organischen Dünger zurück. Diese bestehen meist aus pflanzlichen oder tierischen Abfallprodukten. In diesem Fall handelt es sich um einen Hornspandünger, welcher viel Stickstoff enthält. Der Dünger enthält Späne von gemahlenen Hörnern und Hufen von Rindern. Er verbessert die Humusversorgung und trägt zur Bodenlockerung bei. Der Stickstoff wird durch die Bodenbakterien allmählich und dadurch nur langsam freigesetzt. [3]

Leider konnte nicht mehr beobachtet werden, ob der Dünger den Pflanzen geholfen hätte, da nur einige Tage später ein Wetterunglück das Experiment gezwungenermassen beendete.

2.4 Wetterunglück

In der Nacht vom 28. Juni auf den 29. Juni, stürmte es sehr stark. Am nächsten Morgen waren beide Gewächshäuser vom Sturm komplett zerstört. Eines ist fast 25 Meter weit davongetragen worden und landete auf der Wiese unterhalb des Kiesplatzes. Dadurch, dass das Haus komplett davongetragen worden war, wurden diese Pflanzen kaum beschädigt. Die Problematik fand sich in der Tatsache, dass die Pflanzen, welche weniger Wasser bekommen sollten, in der Sturmnacht durch heftigen Regen viel zu viel Wasser abbekamen. Im kälteren Haus war der Schaden viel tragischer. Die Faserhanfpflanzen waren komplett von Erde verschüttet. Andere Pflanzen wurden von Plexiglasscheiben bedeckt und waren umgeknickt. Die Blüten, welche der Faserhanf bereits trug, wurden abgerissen, genauso wie einige Haferknospen und Gerstenkörner.

Den Leitern des Experiments war bewusst, dass dies teilweise ein selbstverschuldetes Unglück war, da die Verankerungen im Boden vernachlässigt wurden. Die Häuser standen auf einer Kiesfläche und waren nur mit einigen Steinplatten beschwert worden. Diese sicherten die Häuser unzureichend.

Es wurde sämtliches Material eingesammelt, viele Unterlagen wurden durchnässt und manche waren nicht mehr auffindbar. Dadurch sind einige der Unterlagen in Bezug auf die Höhe der Pflanzen während des Experiments und die Temperaturangaben leider unvollständig.

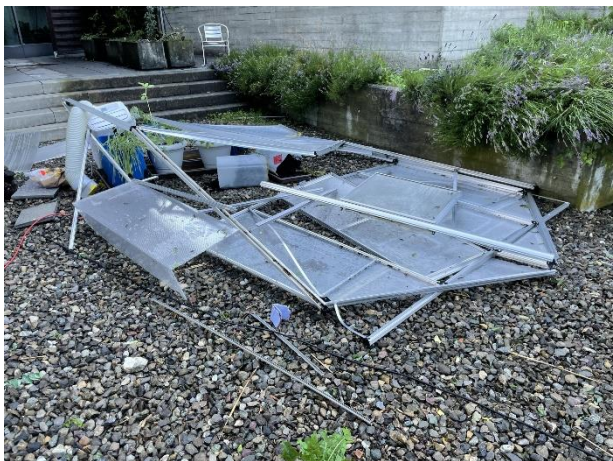


Abb. 8: zerstörtes Gewächshaus nach dem Sturm

2.5 Ernte

Aufgrund der Zerstörung des Hauses musste das Experiment frühzeitig beendet und die Ernte vorgezogen werden. Am 29. Juni wurden die Töpfe mit den Pflanzen in den Gang des Schulhauses gestellt, da das Material und die Zeit zum Ernten fehlten. Dort wurden die Pflanzen dann sechs Tage stehen gelassen. Für die Ernte wurden die Pflanzen in grossen Plastiksäcken nachhause gebracht, um sie dort zu trocknen. Die Pflanzen wurden so nahe an der Erde wie möglich abgetrennt und pro Topf in Sträusse zusammengebunden. Die Erde in den Töpfen wurde ausgeleert und die Plastikkanister können nun wiederverwendet werden.

Die Individuen wurden ins Haus gebracht und im Keller auf dem Boden ausgebreitet. Sie wurden mittels der Bodenheizung getrocknet, um anschliessend ausgewertet zu werden. Alle Pflanzen wurden nach dem Trocknen gewogen. Die Pflanzen wurden ebenfalls gemessen und der Ertrag wurde ausgewertet. Die Auswertung des Ertrags war jedoch nur bei dem Hafer und der Gerste möglich. Das Unwetter hatte dem Faserhanf sehr stark zugesetzt, wodurch der Ertrag verloren ging, leider konnte dieser nicht ausgewertet werden. Durch das frühe Ende des Experiments konnte auch der Ertrag der Sonnenblumen nicht ausgewertet werden, da diese zu diesem Zeitpunkt noch nicht blühten.

Nachdem alle Daten erfasst wurden, wurde eine Exceltabelle angelegt, um später Diagramme erstellen zu können. Gepoolt wurde jeweils ein Topf.



Abb. 9: Alle Pflanzen nach dem Wetterunglück im Innenraum der Kantonsschule

3. Resultate

3.1 Höhe der Verschiedenen Pflanzen im Vergleich

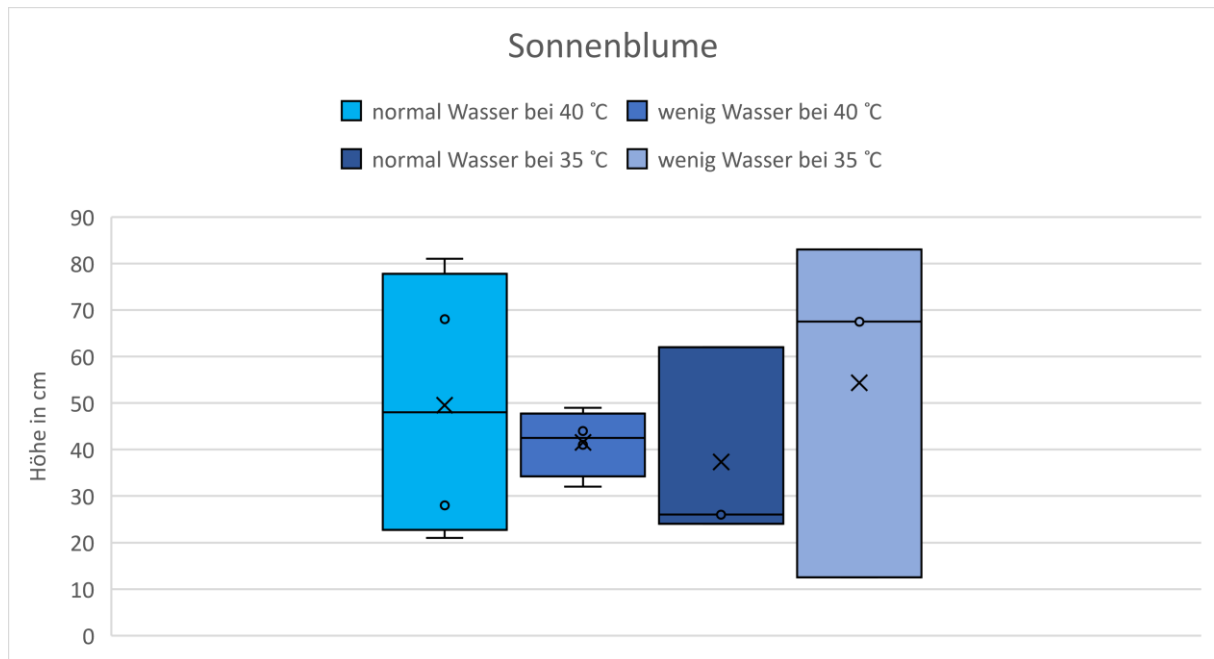


Abb. 10: Höhe von Sonnenblume bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Die Stichproben wurden pro Topf festgelegt. N1=normal Wasser 40°C, N2=wenig Wasser 40°C, N3= normal Wasser 35°C, N4=wenig Wasser 35°C

Stichprobengröße: N1, N2= 4 Pflanzen

N3, N4= 3 Pflanzen

Auf der Grafik erkennt man, dass bei höheren Temperaturen die Sonnenblumen mit Wasserreduktion und die Sonnenblumen mit normaler Wasserversorgung einen ähnlichen Median haben. Sie erreichten durch die Wasserreduktion eine Höhe von bloss 50cm. Es gab sowohl einen Ausreisser nach oben als auch nach unten. Die Sonnenblumen welche mehr Wasser bekamen konnten eine Höhe von über 80cm erreichen.

Bei tieferen Temperaturen liegen die Mediane unterschiedlicher. Hier wurden je drei Pflanzen ausgewertet, welche aus demselben Topf stammen. Trotz Wasserreduktion liegt der Median höher als bei einer normalen Wasserversorgung.

Normalerweise erreichen die Sonnenblumen, welche gepflanzt wurden, eine Höhe von 150cm. Durch den vorzeitigen Abbruch erreichten sie leider nur eine Höhe von höchstens 85cm. Auch blühten die Sonnenblumen zu diesem Zeitpunkt noch nicht und der Ertrag der Kerne konnte nicht ausgewertet werden.

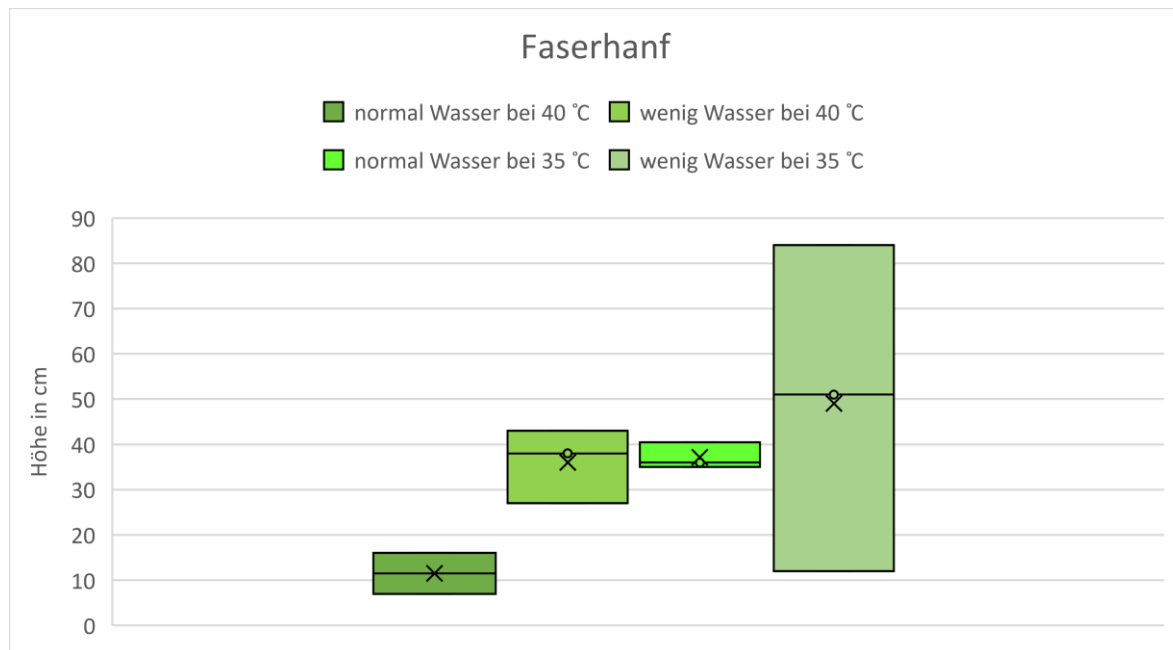


Abb. 11: Höhe von Faserhanf bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Stichprobengrösse: N1= 2 Pflanzen N2, N3, N4= 3 Pflanzen

Mit wenig Bewässerung erreichte er eine Höhe von über 80cm. Mit mehr Wasser blieben die Pflanzen kleiner. Wurden die für optimal gehaltenen Bedingungen eingehalten, ging der Faserhanf ein.

Der Faserhanf konnte eine Maximalhöhe von knapp 80cm erreichen. Nach Angabe des Herstellers der Samen, hätte der Faserhanf zwischen 150cm und 300cm gross werden können. Auch seine Blütezeit hätte er wohl erst einige Wochen nach dem Unwetter erreicht. Die wenigen Blüten, welche schon zu sehen waren, wurden beim Sturm zerstört, weshalb auch hier der Ertrag nicht in die Statistik eingeflossen ist.

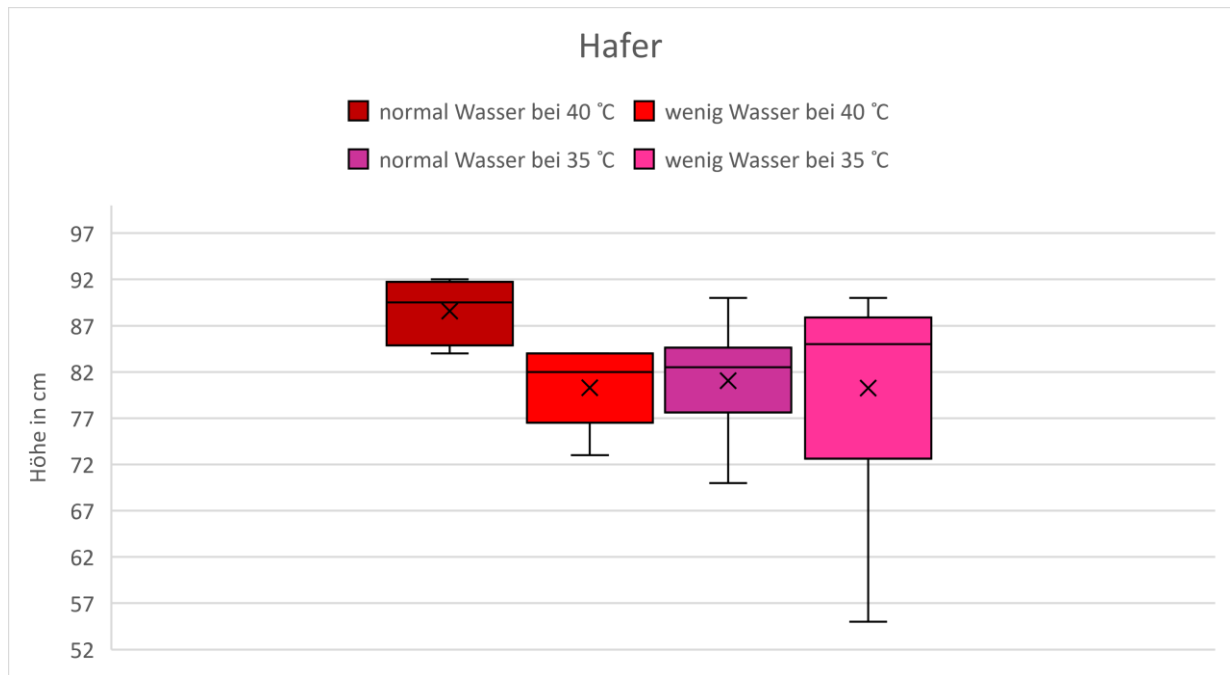


Abb. 12: Höhe von Hafer bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Stichprobengrösse: N1, N3= 8 Pflanzen N2= 9 Pflanzen N4=10 Pflanzen

Bei warmen Temperaturen von 40 °C haben die Pflanzen mit weniger Wasser eine Grösse von 93cm erreicht, während sie bei einer normalen Wasserversorgung einen Verlust von 10cm aufwiesen. Es gab bei den Pflanzen mit normaler Wasserversorgung auch einen negativ auffallenden Ausreisser.

Bei kälteren Temperaturen fiel auf, dass der Hafer trotz Wasserreduktion fast so gut wie mit normaler Wasserversorgung abgeschnitten hat. Es gab Ausreisser sowohl nach unten als nach oben. Die kleinste Pflanze mit normaler Wasserversorgung lag deutlich unter der kleinsten Pflanze mit Wasserreduktion. Der Median liegt jedoch fast auf derselben Höhe.

Im Experiment wurde der Hafer 90cm gross. Je nach Sorte wäre eine Grösse zwischen 60cm und 150cm möglich. Die Messwerte des Hafers liegen somit im erwarteten Bereich. [14]

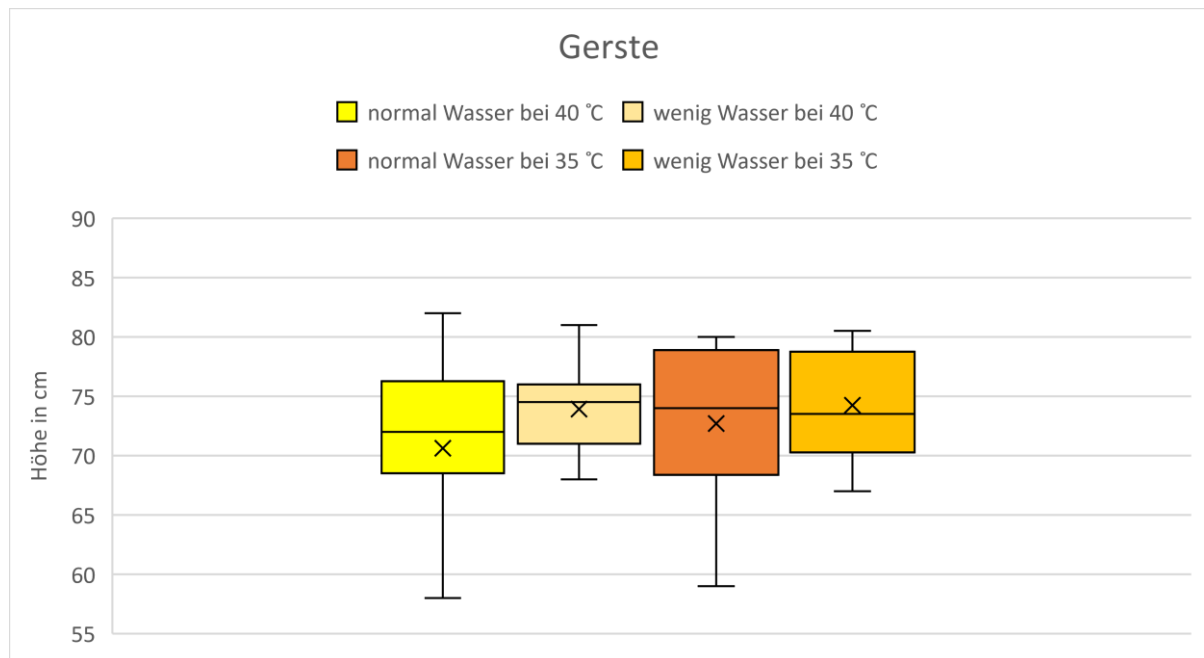


Abb. 13: Höhe von Gerste bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Stichprobengröße:	N1= 25 Pflanzen	N2=15 Pflanzen
	N3=20Pflanzen	N4=9 Pflanzen

Die Stichprobengröße lag zwischen 9 und 25 Pflanzen. Mit normaler Wasserversorgung erreichte die Gerste ein besseres Wachstum als bei einer Wasserreduktion. Ein Ausreisser der Pflanzen, welcher nur reduziert Wasser erhalten hatte, erreichte jedoch fast die gleiche Grösse. Der Median liegt bei einer Wasserreduktion sogar etwas höher als bei einer normalen Wasserversorgung.

Trotz der Stressfaktoren verhielten sich die Individuen sehr ausgeglichen. Unter den Pflanzen mit jeweils einem Stressfaktor sind nur minimale Unterschiede zu erkennen. Das Einzige was auffällt ist, der Ausreisser, welcher eine markant grössere Höhe erreichte.

Gerste wächst meist bis zu einer Höhe von etwa 80cm. Die Gerste erreicht eine Höhe zwischen 70 und 120cm, was auch von der Sorte abhängig ist. Die Gerste wäre also vermutlich nicht mehr weitergewachsen, da sie bereits Körner trug. [15]

3.2 Ertrag von Gerste und Hafer

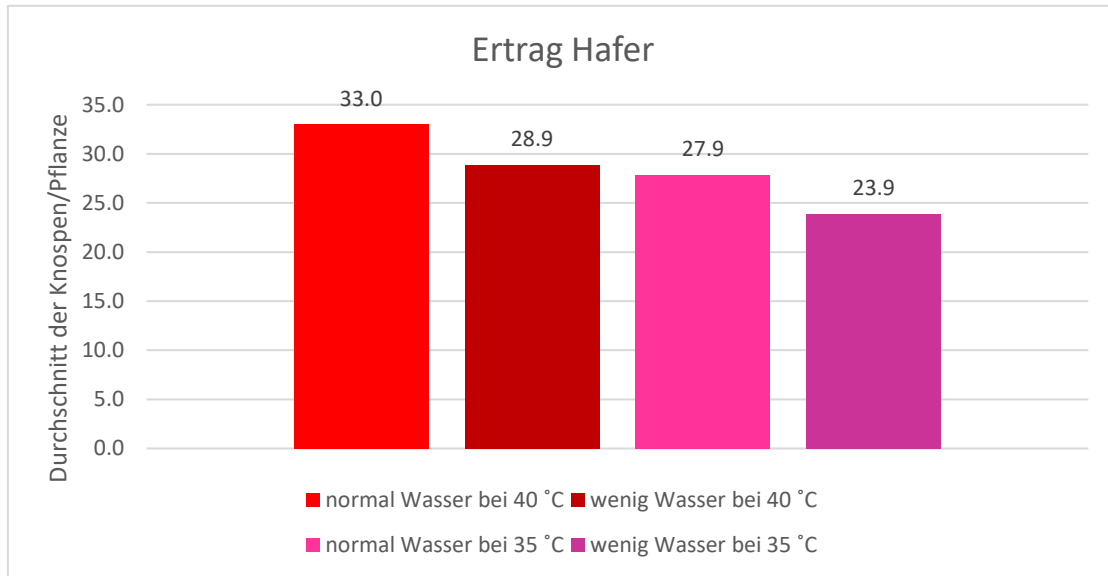


Abb. 14: Ertrag von Hafer bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Stichprobengröße: N1, N3= 8 Pflanzen N2= 9 Pflanzen N4=10 Pflanzen

Es ist klar ersichtlich, dass der Hafer unter wärmeren Temperaturen mehr Knospen produziert. Von den Pflanzen mit normaler Wasserversorgung konnten mehr Knospen geerntet werden als von denen welche unter einer Wasserreduktion standen.

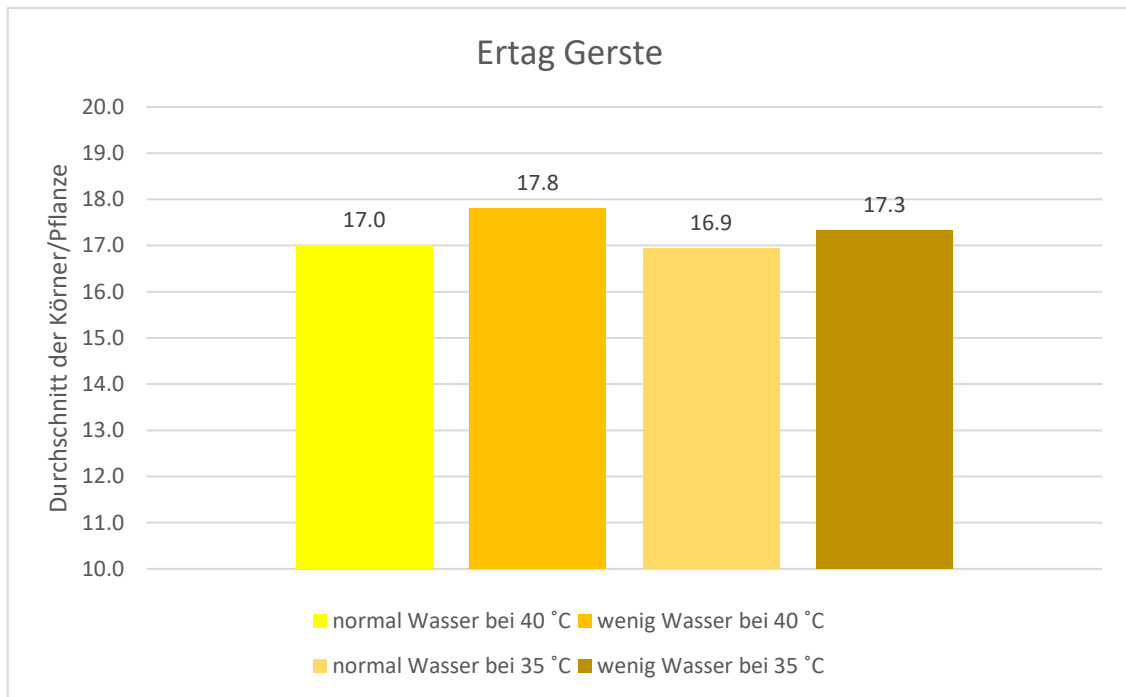


Abb. 15: Ertrag von Gerste. bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Stichprobengrösse: N1= 25 Pflanzen N2=15 Pflanzen
 N3=20Pflanzen N4=9 Pflanzen

Die Gerste verhielt sich ähnlich wie der Hafer. Mit mehr Wasser wuchs der Ertrag im Vergleich zu den Pflanzen mit einer Wasserreduktion. Die beiden Gruppen liegen hier jedoch näher beieinander und der Unterschied beträgt höchstens ein Korn.

3.3 Vergleich des Wachstums

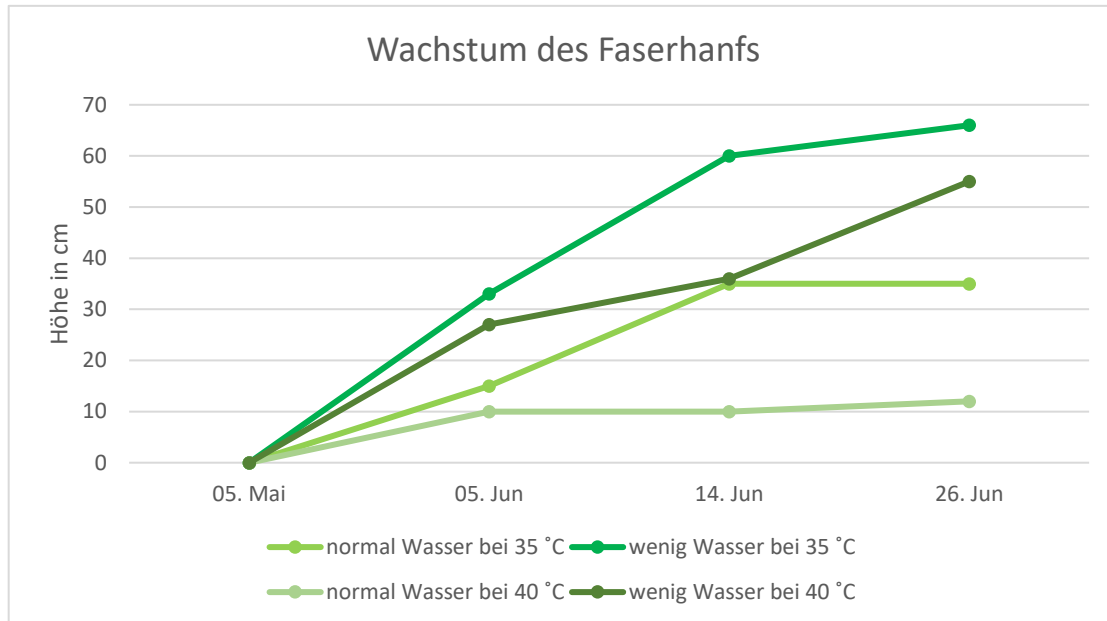


Abb. 16: Wachstum von Faserhanf bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung.

Dieses Diagramm zeigt das Wachstum der Pflanzen seit der Saat (05.05.2021) und den folgenden drei Wochen. Es ist ersichtlich, dass sich der Faserhanf sehr unterschiedlich entwickelt hat. Während sich die Probanden mit Wasserreduktion bei kalten Temperaturen am besten entwickelten, ist der Faserhanf mit normaler Wasserversorgung im kalten Haus am wenigsten gewachsen. Mit Wasserreduktion und warmen Temperaturen ist der Faserhanf beinahe so gut gewachsen, wie derjenige im kalten Haus. Hatte der Faserhanf eine normale Wasserversorgung und hohe Temperaturen, so gedieh er besser als im kalten Haus, jedoch nicht so gut wie die Individuen mit weniger Wasser.

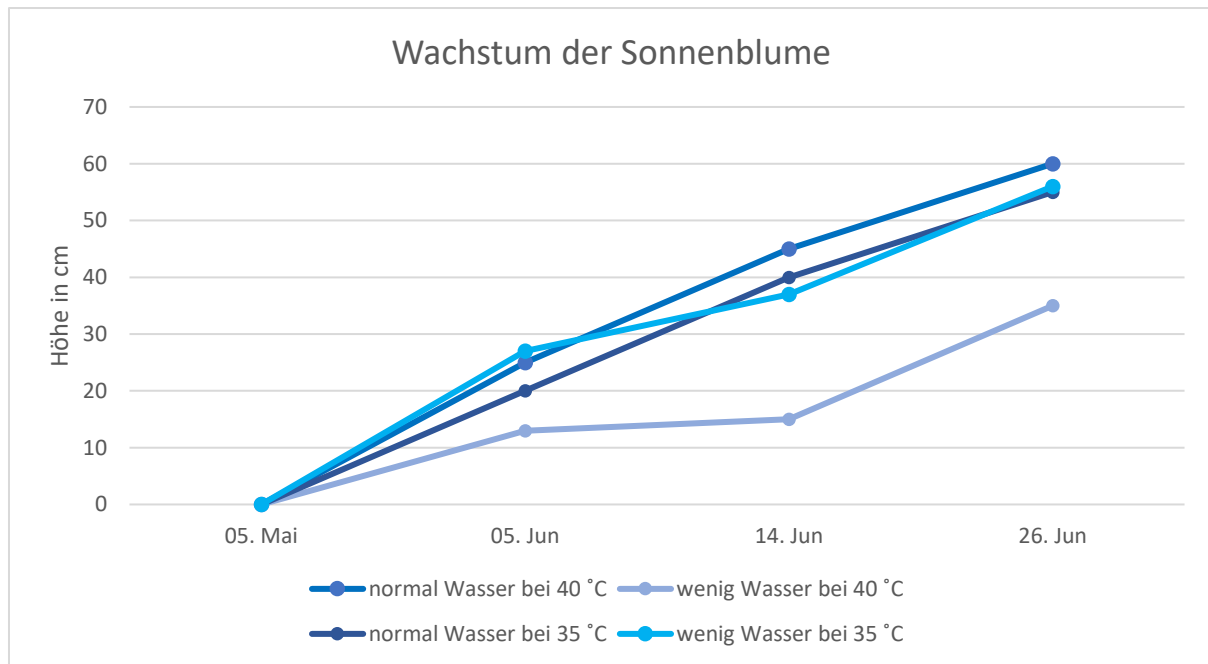


Abb. 17: Wachstum von Sonnenblume bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Beim Wachstum der Sonnenblume mit einem Stressfaktor gab es zwischen den beiden Gruppen kaum Unterschiede. Die Kurven verlaufen ähnlich bis auf diejenige der Pflanzen, welche kombinierten Stressfaktoren unterlagen. Sie zeigt das Wachstum der Sonnenblume mit Wasserreduktion und hohen Temperaturen. Hier schneiden die Individuen sehr viel schlechter ab als in allen anderen Fällen.

4. Diskussion

4.1 Wachstum unter verschiedenen Stressfaktoren

Wie bereits festgestellt werden konnte, weist die Sonnenblume bei erhöhten Temperaturen mit normaler Wasserversorgung eine viel bessere Entwicklung auf als bei einer Verringerung des Wassers. Bei normaler Temperatur konnte festgestellt werden, dass die Pflanzen auch mit einer Wasserreduktion zurechtkamen. Die Sonnenblume wird eher als Klimaverlierer eingestuft, da sie bei kombinierten Stressfaktoren markante Verluste an Höhe und Gesundheit aufwies. Bei Sonnenblumen ist bereits bekannt, dass sie einen Wassermangel nicht gut verkraften und dadurch Einbussen im Ertrag erleiden [9]. Dass bei kälteren Temperaturen weniger Unterschiede sichtbar sind, könnte sich damit erklären lassen, dass eine Sonnenblume besonders gross wurde, und infolgedessen den anderen drei der Platz fehlte und sie sich nicht mehr richtig entwickeln konnten. Sie nahm den anderen Pflanzen also den Platz, wodurch sie selbst besser gedeihen konnte.

Im Gegensatz dazu, steht der Faserhanf. Durch die Messdaten lässt sich klar erkennen, dass die Pflanzen eine Wasserreduktion im Vergleich zu den anderen getesteten Arten bevorzugen. Auch die Forscher Cheryl Kaiser et al. [16] stellten dies in ihrer Arbeit fest. Der Faserhanf bevorzugt warme Temperaturen und kommt auch mit Dürren gut zurecht. Mit diesem Vorteil kann der Faserhanf als Klimagewinner eingestuft werden. In Zukunft, wenn die Temperaturen steigen und die Pflanzen brauchen mehr Wasser, um zu überleben. Der Faserhanf benötigt weniger Wasser und ist somit eine Zukunftspflanze. Ebenfalls auffäl-



Abb.18: Faserhanf bei 35 °C bei Wasserreduktion



Abb. 19: Faserhanf bei 40 °C bei Wasserreduktion

lig ist, dass im warmen Haus die Pflanzen nur halb so gross wurden wie im kalten. Wenn man die Pflanzen von Auge betrachtete, stellte man fest, dass sie bei höheren Temperaturen gesünder aussahen und keine Missbildungen vorlagen. Bei niedrigeren Temperaturen gab es einige Anomalien, eine Pflanze, spaltete sich, wie man auf Abb. 18 erkennen kann. Dennoch ist auch für den Faserhanf die erhöhte Temperatur von 40 °C ein Stressfaktor. Es bildeten sich gelbe Flecken auf den Blättern, genauso wie bei den Sonnenblumen. Von allen Pflanzen konnte sich der Hanf mit einem Wasserstress trotzdem am besten entwickeln.

Bei den niedrigeren Temperaturen hat sich der Hafer mit normaler Wasserversorgung durchgesetzt, jedoch ist der Unterschied kaum zu erkennen. Beobachtet wurde ein Individuum, welches deutlich weniger hoch wurde. Solche Ausreisser sind normal da nicht jede Pflanze gleichviele Nährstoffe aufnimmt. Erklären lässt sich dies durch ihren Standort, der Nähe zu anderen Pflanzen etc. Am besten entwickelte sich Hafer unter beiden Stresssituationen, während die anderen Ergebnisse weniger Unterschiede aufweisen. Dass der Hafer, je nach Art, besser mit Wasserreduktion umgeht, beschreibt auch Danyela de Cassia da Silva Oliveira et al. [17] Durch den besseren Umgang mit dem Wasser- und Temperaturstress, wird der Hafer ebenfalls in eine Klimagewinnergruppe eingestuft.

Die Gerste zeigte als einzige Pflanze die erwarteten Werte auf. Sie entwickelte sich bei einer normalen Wasserversorgung und bei einer Temperatur von 35°C am besten. Der Differenz welcher festgestellt wurde, ist jedoch klein. Die Gerste wird in Zukunft im Vergleich mit den anderen getesteten Pflanzen am schlechtesten abschneiden, da sie mehr Wasser benötigt und sie ebenfalls unter einer Temperaturerhöhung leidet. Auch Ian K. Dawson et al. entdeckte den Rückgang der Gerste, wenn sie unter Wasserstress steht. [10]

4.2 Ertrag von Gerste und Hafer

In Hinsicht auf den Ertrag, verhielt sich die Gerste etwas anders als in Bezug auf die Höhe. Bei einer Wasserreduktion und hohen Temperaturen trug die Gerste die meisten Körner. Schlechter schnitten die beiden Versuchsgruppen bei 35 °C ab. Zu berücksichtigen ist, dass sich alle Durchschnittserträge im Bereich von 17 Körnern befinden. Der Maximalertrag, bei 40 °C und einer Wasserreduktion liegt bei durchschnittlich 17.8 Körnern pro Pflanze. Der Unterschied liegt also bei nicht einmal einem Korn. Es zeigt, dass durch die erhöhte Temperatur die Pflanze früher reif wurde. Da das Experiment zu früh abgebrochen wurde, könnte es sein, dass die Pflanzen bei tieferen Temperaturen noch weitere Körner hätten hervorbringen können. Durch diese Unsicherheit lässt sich daher keine Aussage zur Ertragsleistung niederlegen, einzig, dass die Ertragsgrößen sehr nahe beieinanderlagen.

Der Hafer erbrachte bei warmen Temperaturen deutlich mehr Ertrag als bei kälteren Temperaturen. Bei 40 °C trug der Hafer mit einer normalen Wasserversorgung am meisten Knospen. Auch hier ist es möglich, dass durch die Temperaturerhöhung die Pflanze verwirrt war und die Blüte vorzog. Am wenigsten Ertrag brachten die Individuen unter Wasserstress und einer Temperatur von 35 °C hervor. Die anderen beiden Werte liegen sehr nahe beieinander, was zeigt, dass jeweils unter einem Stressfaktor die Pflanzen nicht ihr volles Potential ausschöpfen können. Die Höhe des Hafers war bei einer Wasserreduktion grösser, was vermuten lässt, dass diese Pflanzen mehr Energie in die Entfaltung ihrer Grösse steckten als in den Ertrag. Dies bedeutet, dass mit warmen Temperaturen und genug Wasser, der Hafer am besten gedeiht. Der Hafer ist also eine robuste Pflanze und könnte mit erhöhten Temperaturen, welche in Zukunft auf uns zukommen könnten, überleben und sogar erfolgreicher sein.

4.3 Das Wachstum der Pflanzen

Beim Faserhanf ist eindeutig zu erkennen, dass er sich am besten entwickeln kann, wenn warme Temperaturen herrschen und man ihn nicht zu oft giesst. Es wäre zwar möglich, dass durch Pech und Zufall die Samen, welche eine normale Wasserversorgung erhielten, eine schlechte Qualität hatten und daher die Pflanzen nicht so gut gewachsen sind. Da man die bessere Entwicklung mit Wassermangel in beiden Häuser beobachten kann, ist diese Vermutung zu verwerfen. Der Faserhanf wird in Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Da er weniger Wasser braucht, ist es nachhaltiger ihn, statt andere Pflanzen anzubauen. Dadurch, dass er auch bei kälteren Temperaturen gewachsen ist, könnte man ihn in vielen Regionen anbauen.

Die Sonnenblume hielt unter jeweils einem Stressfaktor einwandfrei durch und das Wachstum unterschied sich kaum von den anderen Pflanzen. Nur eine Stichprobengruppe welche unter 40°C und einer verringerten Wasserversorgung stand, fiel aus dem Konzept. Durch diese beiden Stressfaktoren wurde das Wachstum der Sonnenblumen erschwert. Ein weiterer Indikator, dass die Sonnenblume unter beiden Stressfaktoren in der Zukunft nur eine geringe Chance haben wird zu überleben.

4.4 Fazit

Durch den Klimawandel ist unsere Welt bedroht, denn wenn wir ihn nicht stoppen oder verlangsamen können, ist die Landwirtschaft, so wie wir sie kennen, wahrscheinlich verloren. Nicht nur für Tiere und Pflanzen ist dies wichtig, auch unsere Zukunft und unser Bestehen hängt womöglich davon ab. Durch die Klimaveränderungen ist es möglich, dass der Anbau mancher Pflanzen nicht mehr ohne zusätzliche Massnahmen gewährleistet werden kann. Dies könnte ein gesteigertes Bewässern der Pflanzen oder ein Vorziehen der resistenteren Arten nach sich ziehen. Durch die Verbesserungen der Technologien werden wir wahrscheinlich weniger Probleme haben als gedacht, doch ob alle Bauern sich dies leisten können, ob dies umweltverträglich ist und ob es eine langfristige Lösung ist, steht noch in den Sternen geschrieben.

Durch das Experiment wurde klar, dass es sehr wichtig ist unsere Pflanzen und unsere Tierwelt zu schützen, um uns zu schützen. Durch die Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass Hafer und Faserhanf zu den Klimagewinnern zählen, während die Gerste und die Sonnenblume als Klimaverlierer eingestuft werden. Die Hypothese lässt sich also bestätigen. Doch auch die erstgenannten Pflanzenarten hatten mit Problemen zu kämpfen. Es liess erkennen, dass wir in jedem Fall unsere Umwelt schützen müssen, wenn wir sie erhalten wollen.

Der Faserhanf dürfte sich als Zukunftspflanze sehr gut bewähren. Er ist gut geeignet für den Fruchtwechsel, denn durch seine tiefen Wurzeln wird der Boden gelockert. Der Ertrag von Getreide konnte um bis zu 15% gesteigert werden, wenn Faserhanf mit der Fruchtfolge eingebunden wurde. Der Faserhanf braucht kaum Düngung und nur wenig Bewässerung. Ausserdem kann man aus ihm vielseitige Dinge herstellen, zum Beispiel Schuhe, Brillen und Textilien. Dabei können fast alle Teile der Pflanze verwertet werden. Dies macht den Faserhanf zu einer nachhaltigen Pflanze. [19]

Es ist wichtig, dass der Mensch wieder anfängt mit der Natur zusammenzuarbeiten. Mit der Hilfe von natürlichen Kreisläufen können wir sehr viel effektiver arbeiten und zerstören keine Böden oder die Umwelt, welche von späteren Generationen wieder gebraucht werden. Mithilfe von Methoden wie der Fruchtfolge, Mischkulturen und Dreifelderwirtschaften kann der Mensch viele Pestizide vermeiden und mit der Natur zusammenarbeiten. Natürlich wird sich die Technologie in der Landwirtschaft auch weiter entwickeln und der Ertrag der Feldfrüchte wird dadurch hoffentlich stetig steigen. Doch nicht alle Landwirte können sich dies leisten.

Wie wirkt sich also nun der Klimawandel auf die Pflanzen aus? Im Experiment zeigte sich, dass jede Pflanzenart sich neuen Gegebenheiten erst einmal anpassen muss. Pflanzen wie der Faserhanf kamen schon mit weniger Wasser gut klar und auch die Wärme bereitete ihm weniger Probleme als der Gerste und der Sonnenblume. Der Hafer schlug sich nicht so gut wie der Faserhanf, aber es ist klar geworden, dass diese Pflanzen vor allem mit dem Wassermangel besser umgehen können. Doch auch wenn sich diese beiden Pflanzen besser schlugen, heisst dies nicht, dass die Gerste und die Sonnenblume nicht mehr angebaut werden können. Wenn sich die Erwärmung nicht stoppen lässt oder der Mensch sie nicht stoppen wird, ist es möglich, dass einige Bauern ihre Felder in höheren Gebieten mit kälteren Temperaturen anlegen, soweit dies möglich ist. [12] Die Auswirkungen auf die Nutzpflanzen werden ebenfalls damit zusammenhängen, wie der Mensch damit umgeht. Klar ist, dass nicht alle Pflanzen gleichgut gewappnet sind und diese Gegenmassnahmen benötigen werden, wie gesteigertes Bewässern oder eine Verschiebung in kältere Umgebungen, um weiterhin zu bestehen.

4.5 Verbesserung des Experiments

Das Experiment der ETH ist grundsätzlich eine gute Idee. Es bringt den Schülern den Umgang mit Pflanzen näher und man lernt Verantwortung zu übernehmen. Die Freude ist auch entsprechend gross, wenn die Pflanze wächst und Früchte bekommt, welche man selbst so lange gehegt und gepflegt hat. Dennoch gab es anscheinend nicht nur bei einem Experiment Probleme.

Es beginnt mit dem Aufbau des Gartenhauses. Es ist eine gute Idee die Gewächshäuser weiterzugeben, doch beim Aufbau fehlten mir Plastikteile, welche ich zum Fixieren der Plexiglas-scheibem benötigte. Und die, welche mitgeliefert wurden, waren schon so alt, dass sie die Scheiben nicht einmal einen Tag in der richtigen Position halten konnten und dann wieder herausfielen. Wenn dies geschah, gab es ein Loch an der Verbindung zwischen Dach und Aluminiumgestänge. Dadurch kam es manchmal dazu, dass es hineinregnete. Ein weiteres Problem waren die Klimageräte, mit welchen die Temperatur in den Häusern kontrolliert werden sollte. Diese Klimageräte waren so aufgebaut, dass sie entweder kühlen oder heizen konnten. Nach der eigentlichen Durchführung des ETH Projekts sollte jedoch eine konstante Temperatur in den Häusern herrschen. Dies bedeutet also, über Tag bei Sonnenschein sollten die Klimageräte das Haus kühlen und in der Nacht, in der die Temperatur sinkt, sollten sie heizen. Man sollte also die Klimageräte umschalten, oder den programmierbaren und teuren Arduino kaufen, welcher einer der Experimentteilnehmer programmierte, damit die Temperatur im Haus konstant blieb. Dieses Verfahren ist nicht nur kompliziert, sondern macht aus umweltfreundlicher Sicht

keinen Sinn. In der Natur ist es normal, dass die Temperaturen über Nacht fallen. Da das Haus zum Teil die Wärme speichert, ist es in den Häusern sowieso ein bis zwei Grad wärmer als draussen.

Wenn die Temperaturen besonders hoch waren, mussten die Klimageräte doppelte Arbeit leisten. Durch die hohe Beanspruchung fiel die Sicherung mehrfach raus. Dadurch konnte immer nur ein Klimagerät laufen, so stiegen die Temperaturen im wärmeren Haus an. Um dieses Problem zu beheben hätte man einen zusätzlichen Anschluss für ein zweites Klimagerät haben müssen. Diese Möglichkeit gab es leider nicht, da die Häuser im Freien standen und nur eine Steckdose verfügbar war.

Einer meiner Fehler bestand darin, die Häuser nicht genügend wetterfest gemacht zu haben. Von der ETH wurde empfohlen, die Häuser auf einer Betonplatte zu befestigen, durch das Unterlassen konnten die Häuser einfacher zerstört und weggeweht werden. Ein weiteres Problem war womöglich, dass die Schrauben zu wenig angezogen wurden.

5. Schlusswort

Dieses Experiment ist mir sehr ans Herz gewachsen und ebenfalls die Erkenntnisse, welche ich daraus mitnehmen kann. Mich um die Pflanzen zu kümmern und eigene Verantwortung zu übernehmen hat mir sehr viel Freude bereitet. Etwas mit eigenen Händen zu erwirtschaften, gibt mir als Kantischülerin wertvolle Erfahrungen mit. Durch meine Recherchen und meine Arbeit an diesem Projekt, habe ich viel Neues lernen können, zum Beispiel das Anbauen von Pflanzen, sie zu pflegen und wie man den Ertrag dieser Pflanzen steigern kann. Für mich wurde der Klimawandel noch zentraler und ich beschäftigte mich dadurch viel intensiver mit diesem allgegenwärtigen Thema. Nach meinen Recherchen begann ich zu begreifen, wie wichtig die einzelnen Bedürfnisse der Pflanzen sind.

Ich möchte auch alle Leserinnen und Leser dazu ermutigen, dass sie selbst zum Gärtner werden und so zukünftig unnötige importierte Waren vermeiden können. Mein Ziel ist es darauf aufmerksam zu machen, dass durch den Klimawandel auch die Landwirtschaft stark betroffen ist. Damit unsere Welt noch lange bewohnbar bleibt und es weiterhin möglich ist Pflanzen ohne zusätzliche Massnahmen anbauen zu können, braucht es alle. Durch unsere Entscheidungen, unser Handeln und unser Anpacken haben wir es in der Hand die Welt so zu bewahren, wie wir sie heute kennen.

6. Danksagung

Mein herzlicher Dank geht an alle die mir bei meinem Projekt und auch dem Verfassen des schriftlichen Teils unterstützt haben. Einige werde ich noch namentlich erwähnen.

Vielen Dank an Mark Semadeni, welcher mir stets bei meinem Projekt und den Problemen, welche dabei auftauchten zur Seite stand. Er stand mir stets zur Seite und organisierte sowohl Töpfe als auch Gewächshäuser. Ich konnte ihn jederzeit um Rat fragen und er war sehr engagiert und interessiert um das Wohl meiner Pflanzen.

Ich danke Sven Ryser, Pascal Wanner und meinen Eltern für die Hilfe beim Aufbau der Häuser. Sven danke ich auch für die Unterstützung im Umgang mit der Exceltabelle und dass er und auch meine Eltern, mich stets zum Giessen oder um nach dem Rechten zu schauen nach Schaffhausen begleiteten.

Ein herzliches Danke geht an Corina Bacher und Silas Waldvogel für das genaue Gegenlesen und die Mühe, welche auch sie in die Arbeit gesteckt haben. Sie haben mich auch stets ermutigt und mir hilfreiche Tipps gegeben.

Ebenfalls Frau Stähli, meiner Betreuerin, möchte ich danke sagen. Im schriftlichen Teil stand sie mir immer zur Verfügung, um Fragen zu stellen oder Probleme aus dem Weg zu räumen.

Mein grösster Dank geht an Gerda, Sonja, Hans und Hannes für ihre hervorragende Mitarbeit an meinem Projekt, ohne sie hätte ich mein Experiment niemals verwirklicht können.

7. Quellenverzeichnis

7.1 Literaturquellen

- [1] Felber, F. et al. (2020) Botanischer Garten, 1. Auflage
- [2] (BAFU, Katrin Schneeberger. Klimawandel in der Schweiz: Neuer Bericht zeigt Ursachen, Folgen und Massnahmen (bafu.admin.ch)
- [3] Bohne, B. (2019) Nachhaltig Gärtnern
- [4] Weinrich, C. (2019) Mischkultur im Hobbygarten, 5. Auflage
- [5] Duden, Learn Attack Dreifelderwirtschaft - Gesellschaft im Mittelalter einfach erklärt! (learnattack.de)
- [6] (Saskia Houben et al. Fruchtfolge: praktische Informationen. FRUCHTFOLGE_PRAKTISCHE INFORMATIONEN.pdf
- [7] Richard M. Adams et al. (7 Dezember) Effects of global climate change on agriculture : an interpretative review c011p019.pdf
- [8] CAST 1992, Rosenberg 1992, Easterling et al. 1993, Kaiser et al. 1993, Easterling 1996
- [9] P. A. Harrison et al. Effects of climate change on Europe-wide winter wheat and sunflower productivity c007p225.pdf (int-res.com)
- [10] Ian K. Dawson et al. (6 Dezember 2014) Barley: a translational model for adaptation to climate change, nph.13266.pdf
- [11] Rötter et. al (August 2013) modelling shifts in agroclimate and crop cultivar response under climate change, Modelling shifts in agroclimate and crop cultivar response under climate change - Rötter - 2013 - Ecology and Evolution - Wiley Online Library
- [12] Annelie Holzkämper und Jürg Fuhrer: wie sich der Klimawandel auf den Maisanbau in der Schweiz auswirkt. klima-und-maisanbau-de.pdf
- [13] Gartendialog: Gelbe Blätter an Pflanzen: was tun? | Häufige Ursachen - Gartendialog.de
- [14] Stefan Frenz: Gerste Steckbrief - www.pflanzen-steckbriefe.de
- [15] Stefan Frenz: Hafer Steckbrief - www.pflanzen-steckbriefe.de
- [16] Cheryl Kaiser et al. (September 15) Industrial hemp produktion hempproduction.pdf (uky.edu)
- [17] Danyela de Cassia da Silva Oliveira et al. (April 20, 2020) Response of white oat genotypes to water stress Communications in Plant Sciences (wordpress.com)
- [18] Bauerbund: Faserhanfanbau als Alternative - Südtiroler Bauernbund (sbb.it)

- [19] Cumhur Aydinalpand et al. (2008) The Effects of Globale Climat Change on Agri-
cultur11.xps (psu.edu)

7.2 Bildquellen

Abb. 0: Titelbild

Abb. 1: Gewächshaus mit Plexiglasscheiben

Abb. 2: Gewächshausgestell aus einem Aluminiumgestänge

Abb. 3: Faserhanf mit wenig Wasser (oberer Topf) und mit normaler Versorgung (unterer Topf)

Abb. 4: Links: Hafer. Mitte unten: Sonnenblume. Mitte oben: Gerste

Abb. 5: Faserhanf mit wenig Wasser (hinterer Topf) und mit normaler Wasserversorgung (vorderer Topf)

Abb. 6: Sonnenblume mit wenig Wasser (hinterer Topf) und mit normaler Wasserversorgung (vorderer Topf)

Abb. 7: Sonnenblume bei 40 °C Gelbgefärbte Blätter

Abb. 8: zerstörtes Gewächshaus nach dem Sturm

Abb. 9: Alle Pflanzen nach dem Wetterunglück im Innenraum der Kantonsschule

Abb. 10: Höhe von Sonnenblume bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Abb. 18: Faserhanf bei 35 °C bei Wasserreduktion

Abb. 19: Faserhanf bei 40 °C bei Wasserreduktion

Alle Bilder stammen aus privaten Aufnahmen.

Abb. 11: Höhe von Faserhanf bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Abb. 12: Höhe von Hafer bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Abb. 13: Höhe von Gerste bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Abb. 14: Ertrag von Hafer bei 35 °C und bei 40 °C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Abb. 15: Ertrag von Gerste. bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Abb. 16: Wachstum von Faserhanf bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung.

Abb. 17: Wachstum von Sonnenblume bei 35°C und bei 40°C, bei Wasserstress und normaler Wasserversorgung

Alle Grafiken wurden selbst erstellt.

8. Anhang

8.1 Exceltabelle

Datum	Pflanzen	Haus	Wasser	Höhe in cm	Anzahl Blätter	Ertrag
22.7	Hafer 1		2 viel	92	4	30 Knospen
22.7	Hafer 2		2 viel	84.5	5	24 Knospen
22.7	Hafer 3		2 viel	92	4	37 Knospen
22.7	Hafer 4		2 viel	89	4	34 Knospen
22.7	Hafer 5		2 viel	91	4	36 Knospen
22.7	Hafer 6		2 viel	84	4	31 Knospen
22.7	Hafer 7		2 viel	86	4	32 Knospen
22.7	Hafer 8		2 viel	90	4	37 Knospen
22.7	Hafer 1.1		2 wenig	80	4	27 Knospen
22.7	Hafer 2.1		2 wenig	84	5	30 Knospen
22.7	Hafer 3.1		2 wenig	82	4	34 Knospen
22.7	Hafer 4.1		2 wenig	84	5	32 Knospen
22.7	Hafer 5.1		2 wenig	77	4	26 Knospen
22.7	Hafer 6.1		2 wenig	76	5	21 Knospen
22.7	Hafer 7.1		2 wenig	84	4	37 Knospen
22.7	Hafer 8.1		2 wenig	82.5	4	31 Knospen
22.7	Hafer 9.1		2 wenig	73	4	22 Knospen
22.7	Gerste 1		2 viel	64	5	11 Körner
22.7	Gerste 2		2 viel	78	5	20 Körner
22.7	Gerste 3		2 viel	75	5	18 Körner
22.7	Gerste 4		2 viel	64	5	15 Körner
22.7	Gerste 5		2 viel	73	6	17 Körner
22.7	Gerste 6		2 viel	63	5	14 Körner
22.7	Gerste 7		2 viel	82	6	21 Körner
22.7	Gerste 8		2 viel	69.5	5	16 Körner
22.7	Gerste 9		2 viel	73	4	20 Körner
22.7	Gerste 10		2 viel	82	6	19 Körner
22.7	Gerste 11		2 viel	77	6	19 Körner
22.7	Gerste 12		2 viel	72	5	16 Körner
22.7	Gerste 13		2 viel	68	6	15 Körner
22.7	Gerste 14		2 viel	79	5	24 Körner
22.7	Gerste 15		2 viel	70	5	17 Körner
22.7	Gerste 16		2 viel	71	5	16 Körner
22.7	Gerste 17		2 viel	75.5	5	20 Körner
22.7	Gerste 18		2 viel	69	5	15 Körner
22.7	Gerste 19		2 viel	73	5	18 Körner
22.7	Gerste 20		2 viel	73.5	5	19 Körner
22.7	Gerste 21		2 viel	70.5	5	16 Körner
22.7	Gerste 22		2 viel	69.5	5	14 Körner
22.7	Gerste 23		2 viel	77	5	19 Körner

22.7 Gerste 24	2 viel	58	5 10 Körner
22.7 Gerste 25	2 viel	38.5	2 16 Körner
22.7 Gerste 1.1	2 wenig	73	4 16 Körner
22.7 Gerste 2.1	2 wenig	71	4 20 Körner
22.7 Gerste 3.1	2 wenig	75	5 21 Körner
22.7 Gerste 4.1	2 wenig	75.5	5 16 Körner
22.7 Gerste 5.1	2 wenig	72	5 16 Körner
22.7 Gerste 6.1	2 wenig	75	4 20 Körner
22.7 Gerste 7.1	2 wenig	76	6 19 Körner
22.7 Gerste 8.1	2 wenig	68	5 15 Körner
22.7 Gerste 9.1	2 wenig	76.5	5 19 Körner
22.7 Gerste 10.1	2 wenig	81	6 21 Körner
22.7 Gerste 11.1	2 wenig	70	6 14 Körner
22.7 Gerste 12.1	2 wenig	74	5 19 Körner
22.7 Gerste 13.1	2 wenig	69	5 15 Körner
22.7 Gerste 14.1	2 wenig	74.5	6 17 Körner
22.7 Gerste 15.1	2 wenig	78	5 19 Körner
22.7 Hanf 1	2 viel	16	
22.7 Hanf 2	2 viel	7	
22.7 Hanf 1.1	2 wenig	43	
22.7 Hanf 2.1	2 wenig	38	
22.7 Hanf 3.1	2 wenig	27	
22.7 Sonnenblume 1	2 viel	28	17
22.7 Sonnenblume 2	2 viel	21	13
22.7 Sonnenblume 3	2 viel	81	15
22.7 Sonnenblume 4	2 viel	68	15
22.7 Sonnenblume 1.1	2 wenig	49	14
22.7 Sonnenblume 2.1	2 wenig	44	10
22.7 Sonnenblume 3.1	2 wenig	41	10
22.7 Sonnenblume 4.1	2 wenig	32	8
22.7 Hafer 1.2	1 wenig	80.5	4 17 Knospen
22.7 Hafer 2.2	1 wenig	84.5	5 26 Knospen
22.7 Hafer 3.2	1 wenig	82	4 26 Knospen
22.7 Hafer 4.2	1 wenig	72	4 16 Knospen
22.7 Hafer 5.2	1 wenig	70	3 16 Knospen
22.7 Hafer 6.2	1 wenig	83	4 25 Knospen
22.7 Hafer 7.2	1 wenig	85	4 29 Knospen
22.7 Hafer 8.2	1 wenig	79.5	5 25 Knospen
22.7 Hafer 9.2	1 wenig	84	5 23 Knospen
22.7 Hafer 10.2	1 wenig	90	4 36 Knospen
22.7 Hafer 1.3	1 viel	90	5 34 Knospen
22.7 Hafer 2.3	1 viel	82	5 30 Knospen
22.7 Hafer 3.3	1 viel	87.5	5 26 Knospen
22.7 Hafer 4.3	1 viel	69.5	4 24 Knospen
22.7 Hafer 5.3	1 viel	84	5 28 Knospen
22.7 Hafer 6.3	1 viel	86	4 34 Knospen
22.7 Hafer 7.3	1 viel	88	4 37 Knospen
22.7 Hafer 8.3	1 viel	55	4 10 Knospen

22.7 Gerste 1.2	1 wenig	69.5	4 13 Körner
22.7 Gerste 2.2	1 wenig	67	6 14 Körner
22.7 Gerste 3.2	1 wenig	73.5	5 18 Körner
22.7 Gerste 4.2	1 wenig	71	6 18 Körner
22.7 Gerste 5.2	1 wenig	72	6 16 Körner
22.7 Gerste 6.2	1 wenig	80	6 19 Körner
22.7 Gerste 7.2	1 wenig	80.5	6 19 Körner
22.7 Gerste 8.2	1 wenig	77.5	5 21 Körner
22.7 Gerste 9.2	1 wenig	77	5 18 Körner
22.7 Gerste 1.3	1 viel	62	5 10 Körner
22.7 Gerste 2.3	1 viel	59	5 10 Körner
22.7 Gerste 3.3	1 viel	77	6 18 Körner
22.7 Gerste 4.3	1 viel	79.5	5 22 Körner
22.7 Gerste 5.3	1 viel	79	5 20 Körner
22.7 Gerste 6.3	1 viel	72.5	5 18 Körner
22.7 Gerste 7.3	1 viel	78.5	5 21 Körner
22.7 Gerste 8.3	1 viel	80	6 19 Körner
22.7 Gerste 9.3	1 viel	74	5 18 Körner
22.7 Gerste 10.3	1 viel	75	5 18 Körner
22.7 Gerste 11.3	1 viel	73	5 19 Körner
22.7 Gerste 12.3	1 viel	60.5	4 13 Körner
22.7 Gerste 13.3	1 viel	71	5 18 Körner
22.7 Gerste 14.3	1 viel	67.5	4 13 Körner
22.7 Gerste 15.3	1 viel	63	4 14 Körner
22.7 Gerste 16.3	1 viel	76	5 19 Körner
22.7 Gerste 17.3	1 viel	79	5 21 Körner
22.7 Gerste 18.3	1 viel	80	5 21 Körner
22.7 Gerste 19.3	1 viel	74	5 22 Körner
22.7 Gerste 20.3	1 viel	73.5	5 18 Körner
22.7 Sonnenblume 1.2	1 wenig	83	14
22.7 Sonnenblume 2.2	1 wenig	67.5	12
22.7 Sonnenblume 3.2	1 wenig	12.5	9
22.7 Sonnenblume 1.3	1 viel	62	14
22.7 Sonnenblume 2.3	1 viel	24	13
22.7 Sonnenblume 3.3	1 viel	26	15
22.7 Hanf 1.2	1 wenig	12	
22.7 Hanf 2.2	1 wenig	51	
22.7 Hanf 3.2	1 wenig	84	
22.7 Hanf 1.3	1 viel	35	
22.7 Hanf 2.3	1 viel	40.5	
22.7 Hanf 3.3	1 viel	36	
26.6 Sonnenblume 1.4	2 viel	60	
26.6 Sonnenblume 2.4	2 wenig	35	
26.6 Hafer 1.4	2 viel	68	
26.6 Hafer 2.4	2 wenig	65	
26.6 Hanf 1.4	2 viel	12	
26.6 Hanf 2.4	2 wenig	55	
26.6 Gerste 1.4	2 viel	59	

26.6	Gerste 2.4	2	wenig	56
26.6	Sonnenblume 1.5	1	viel	55
26.6	Sonnenblume 2.5	1	wenig	60
26.6	Hafer 1.5	1	viel	62
26.6	Hafer 2.5	1	wenig	63
26.6	Hanf 1.5	1	viel	35
26.6	Hanf 2.5	1	wenig	66
26.6	Gerste 1.5	1	viel	60
26.6	Gerste 2.5	1	wenig	60

8.2 Bilder

