

Kann Treibsel als Bodenhilfsstoff genutzt werden?



Autor*in: Lea Germanotta, Charlotte Pohsin, Lilly Rohde

Erarbeitungsort: Innerstädtisches Gymnasium Rostock

Projektbetreuer*in: Frau Susan Turnow, Frau Dr. Jana Wölfel

Wettbewerbsteilnahme: Jugend forscht 2021, 3. Platz im Fachgebiet Biologie



Kurzfassung

Das Ziel der Verfasser war es, aufzuzeigen, ob Treibsel als Bodenhilfsstoff genutzt werden kann, um so nachzuweisen, dass es Alternativen zu herkömmlichen Düngern gibt. Dafür haben die Autoren ein Wachstumsexperiment mit Zuckermais durchgeführt. Mit dieser praktischen Versuchsreihe konnte bewiesen werden, dass Treibsel eine wachstumsfördernde Wirkung hat.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	4
2. Mais als Forschungsgegenstand	5
2.1 Aufbau	5
2.2 C4- Pflanzen	5
2.3 Samenkeimung	6
3. Wachstumsexperiment	8
4. Ergebnisse	12
4.1 Diagrammauswertung	13
4.2 Vergleich Dünger und Treibsel	15
4.3 Vor- und Nachteile Treibsel und Dünger	16
5. Ergebnisdiskussion	19
6. Zusammenfassung	21
7. Quellen- und Literaturverzeichnis	23
8. Abbildungsverzeichnis	25
9. Anhang	26
9.1 Auswertung der einzelnen Ansätze	26
9.2. Messprotokoll der ersten Versuchsdurchführung	28
9.3 Kostenvergleich der Substrate	28
9.4 Laboranalysen der Substrate	29
10. Unterstützungsleistungen	30
11. Eidesstattliche Erklärung	31

1. Einleitung

Die Bedeutung des Naturschutzes spielt in Bezug auf die immer größer werdenden Folgen der globalen Erderwärmung eine große Rolle, weshalb sich die Autoren dieser Arbeit mit der Problemfrage "Kann Treibsel als Bodenhilfsstoff genutzt werden?" auseinandergesetzt haben.

Bereits vor hunderten Jahren haben Kleinbauern in der Nähe der Küste Treibsel als Düngemittel auf ihren Feldern eingesetzt.¹ Heutzutage nehmen viele Touristen das angespülte Treibsel an den Stränden jedoch als Störfaktor wahr, da es geruchsbelästigend ist und schmutzig aussieht. Infolgedessen wird das Treibgut mit Maschinen eingesammelt, aufwendig gereinigt und als Biomüll entsorgt.

Aufgrund dieser Problematik war das Ziel des Projektes eine dauerhafte Verwendungsmöglichkeit für das Treibsel zu finden. Damit wollten die Autoren zur nachhaltigen Bodenverbesserung beitragen und die Einsetzung von organischen Düngern vorantreiben. Zusätzlich sollte eine Alternative für herkömmliche Dünger gefunden und neue Möglichkeiten für eine umweltfreundliche Landwirtschaft aufgezeigt werden. Hierfür reicherten sich die Autoren ein umfassendes Wissen über die Struktur von Mais und den Keimungsprozess von Pflanzen an. Auf dieser Grundlage wurde ein Wachstumsexperiment mit Zuckermais als Forschungsgegenstand durchgeführt und die Wirkung von Treibsel auf die Pflanze ausgewertet.

Mais wächst während der Sommerzeit in Deutschland auf rund 2.720.500 Hektaren und zählt weltweit zu den wichtigsten Ressourcen.² Die Pflanze stellt vorrangig in Entwicklungsländern ein Grundnahrungsmittel dar und spielt somit eine große Rolle für die Sicherung der menschlichen Ernährung. In den Industrieländern hingegen wird Mais hauptsächlich als Futter für Nutztiere und als Energierohstoff verwendet.³ Aufgrund dieser zahlreichen unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten wird der Mais als eine besonders wirtschaftliche Kulturpflanze angesehen und ist für die heutige Ernährung zu einem festen Bestandteil geworden. Ebenfalls in der Zukunft wird die Pflanze eine wichtige Stellung einnehmen, wodurch die Relevanz des Experiments verdeutlicht wird.

¹ Vgl.: [Kieler fertigen nachhaltige Produkte aus Treibsel \(t-online.de\)](http://kieler.fertigen.nachhaltige.Produkte.aus.Treibsel.(t-online.de))

² Vgl.: <https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik/Deutschland>

³ Vgl.: <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/pflanzensteckbriefe/mais>

2. Mais als Forschungsgegenstand

2.1 Aufbau

Mais (*Zea mays*) gehört zur Familie der Süßgräser und stammt ursprünglich aus Mexiko. Er ist einhäusig und getrenntgeschlechtlich aufgebaut, weshalb männliche und weibliche Blüten auf einer Pflanze nebeneinander zu finden sind. Die männlichen Ährchen sind zweiblütig strukturiert und befinden sich in einer 20 bis 40 Zentimeter langen Rispe. Die Funktion der Rispe besteht darin, Pollenkörner zu produzieren. Die Maispflanze ist erst nach der vollendeten Ausbildung der männlichen Blüten ausgewachsen. Die Blühdauer der Rispe liegt mit Beachtung der Witterungsbedingungen zwischen 10 bis 14 Tagen. Die männlichen Blüten blühen als erstes aus und werden anschließend durch den Wind fremdbestäubt. Die weiblichen Blüten liegen in Form von Kolben vor, welche von Hochblättern umgeben sind. Außerdem gibt es einblütige Ährchen, die an kleinen Ästen befestigt sind. Fadenförmige Griffel überragen die Lieschblätter und bilden eine Quaste aus, wodurch die Bestäubung stattfinden kann. Die ausgebildeten Maiskörner setzen sich aus 65% bis 70% Stärke, 8% bis 10% Proteinen, 4% bis 5% Fetten, 1,5% bis 2,8% Rohfasern und 14% bis 16% Wasser zusammen. Zusätzlich bildet die Pflanze Wurzeln aus, welche auch Luft- und Stützwurzeln genannt werden. Sie haben die Funktion, die Pflanze im Boden zu befestigen und Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen. Die Maiswurzeln sind ungefähr 1 Meter breit und 2,5 Meter lang.⁴

2.2 C4- Pflanzen

Die ersten C4- Pflanzen haben sich vor zwei bis acht Millionen Jahren zum Ende des Miozäns durch Klimaveränderungen gebildet. Jedoch wird an der genauen Entstehung von C4- Pflanzen aktuell immer noch mit unterschiedlichen Techniken geforscht. Dafür werden vor allem DNA Analysen, geochemische Signale und Fossile sowie Mikrofossile genutzt.

Die bekanntesten C4- Pflanzen sind Amarant, Hirse, Zuckerrohr, Chinaschilf und Mais. Sie sind im Gegensatz zu C3- Pflanzen in der Lage, trotz hoher Wärme- und Lichtzufuhr eine schnelle Photosynthese zu betreiben.⁵ Der Name

⁴ Vgl.: <https://www.proplanta.de>

⁵ Vgl.: [C4-Pflanze \(chemie.de\)](https://www.chemie.de)

“C4” bezieht sich dabei auf die vier Kohlenstoffatome, welche während der Kohlenstoffassimilation aufzufinden sind und das Fixierprodukt darstellen.

Die Assimilation und der Calvin Zyklus laufen in der Pflanze räumlich getrennt voneinander ab. Dabei wird zunächst Kohlenstoffdioxid (CO₂) durch Energiezufuhr in den Mesophyllzellen vorfixiert. Diese Zellen enthalten Chloroplasten, welche Phosphoenolpyruvat Carboxylase (PEP-C) beinhalten. Dieses Enzym bindet CO₂, wodurch ein Oxalacetat aus C4- Verbindung entsteht. Danach wird das Oxalacetat in Malat umgewandelt. Dieses wird mittels Plasmodesmen in die Bündelscheidenzellen transportiert und dort durch PEP-C decarboxyliert. Daraufhin erfolgt der Calvin Zyklus, bei dem das CO₂ zu Kohlenhydraten aufgebaut wird. Dadurch wird die Photosyntheserate erhöht. Infolgedessen können sich C4- Pflanzen im Vergleich zu C3- Pflanzen besser an arides Klima anpassen und Wasser ökonomischer nutzen.⁶

2.3 Samenkeimung

Der Keimungsprozess beschreibt den Beginn der Entwicklung eines Samens. Er umfasst das Wachstum des Embryos im Samen und beschreibt den Austritt der Keimwurzel bis hin zur vollendeten Ausbildung des Keimlings.

Zunächst benötigt der Samen bestimmte Voraussetzungen, um keimen zu können. Dazu gehören Wärme, Wasser, Licht und Sauerstoff. Die Samen vieler Pflanzenarten sind anfangs jedoch noch nicht keimungsfähig und werden erst durch bestimmte Reize zum Keimen angeregt. Dieser Prozess wird auch Keimruhe genannt. Die Reize besitzen die Funktion, dem Samen den Beginn der Keimung zu signalisieren. Außerdem werden Pflanzen in Lichtkeimer und Dunkelkeimer eingeteilt. Die Lichtkeimer sind mit ihren kleinen Samen nicht in der Lage dichte Bodenschichten zu durchdringen. Demzufolge brauchen sie das Licht und die Wärme, um keimen zu können. Dunkelkeimer hingegen benötigen diese Energie nicht und keimen in vollkommener Dunkelheit. Dazu gehört zum Beispiel auch Mais. Zusätzlich spielt die ausreichende Menge an Wasser eine wichtige Rolle, da der Samen zunächst aufquellen muss. Der Sauerstoff hat die Aufgabe den Stoffwechsel einzuleiten und Reservestoffe abzubauen. Zusätzlich nimmt er Elektronen auf und wirkt daher als Elektronenakzeptor.

⁶ Vgl.: [C4-Pflanze – Biologie \(biologie-seite.de\)](http://biologie-seite.de)

Bei der Keimung spielen Phytohormone eine wichtige Rolle. Sie sind pflanzeneigene organische Verbindungen, welche als Botenstoffe dienen und das Wachstum sowie die Entwicklung der Pflanzen steuern. Die Hormone sind in höheren Pflanzen zu finden und werden dort in geringen Mengen gebildet. Die Konzentration der Phytohormone in den einzelnen Pflanzen ist vom Entwicklungszustand der Pflanzenorgane abhängig. Die Pflanzenhormone haben die Funktion, Informationen zwischen den Geweben auszutauschen und auf äußere ökologische Einflüsse zu reagieren. Außerdem koordinieren sie die pflanzlichen Wachstums- und Entwicklungsprozesse. Sie sind daher in der Lage diese auszulösen, zu hemmen oder zu fördern.⁷

Charles und Francis Darwin haben im Jahr 1880 das erste pflanzliche Hormon "Auxin" bei Forschungen mit Hafer entdeckt. Auxin fördert einerseits das Sprossachsen- und Wurzelwachstum von Pflanzen, andererseits kann das Hormon aufgrund von zu hoher Konzentration aber auch hemmend wirken. Darüber hinaus hat die Verteilung des Stoffes zusätzlich ein Einfluss auf das Krümmungswachstum der Pflanze. Das stärkste und häufigste pflanzeneigene Auxin ist Indol-3-Essigsäure und ist im Pflanzengewebe in freier Form aufzufinden. Es liegt in höheren Pflanzen in geringer Menge vor und ist zusätzlich auch in niedrigeren Pflanzen und Bakterien vorhanden.⁸

Der Keimling ist aus vier Bereichen aufgebaut. Das Hypokotyl, welches den Vorläufer der Sprossachse darstellt. Die Keimblätter, welche auch Kotyledonen genannt werden. Die Radicula, welche die Wurzelanlagen besitzt. Die Plumula, welche das Gewebe mit den Anlagen der ersten Laubblätter enthält.

Als erstes bricht die Wurzelanlage durch die Samenschale durch und beginnt mit der Wurzelbildung. Dadurch kann der Keimling mit Wasser versorgt und mit dem Boden verankert werden. Daraufhin beginnt das Sprossachsenwachstum. Dieses wird in zwei Formen eingeteilt. Bei der epigäischen oder auch oberirdischen Keimung streckt sich das Hypokotyl aus und durchstößt die Erdoberfläche. Dadurch werden die Keimblätter nach oben gepresst und entfalten sich. Bei der hypogäischen oder auch unterirdischen Keimung befinden sich die Keimblätter unterhalb der Erdoberfläche. Hierbei streckt sich

⁷ Vgl.: [Phytohormon \(chemie.de\)](http://Phytohormon(chemie.de))

⁸ Vgl.: [Phytohormone \(Pflanzenhormone\) in Biologie | Schülerlexikon | Lernhelfer](#)

als erstes das Epikotyl aus. Das ist der Bereich der Sprossachse, welcher zwischen den Keim- und Laubblättern zu finden ist. Demzufolge sind die Primärblätter an der Oberfläche als erstes sichtbar und betreiben sogleich Photosynthese. Die Keimblätter haben die Aufgabe, den Keimling mit Nährstoffen zu ernähren, da er noch nicht in der Lage ist, selbstständig Photosynthese zu betreiben. Die Keimblätter bei der epigäischen Keimung betreiben auch Photosynthese. Sie ernähren den Keimling bis die Primärblätter ihre Funktion übernehmen. Danach sterben die Keimblätter ab. Daraufhin beginnt das Streckungswachstum der Internodien. Das ist der Bereich, in dem die Knoten mit den Blattansätzen liegen. Zeitgleich wachsen die Blätter. Zusätzlich bilden sich die Wurzeln aus und nehmen wichtige Nährstoffe aus der Erde auf. Der Keimungsprozess ist somit vollendet.⁹

3. Wachstumsexperiment

Für den praktischen Teil haben die Autoren ein Wachstumsexperiment mit Zuckermais als Forschungsgegenstand durchgeführt. Dafür wurde das Saatgut "Kiepenkerl Profi-Line Gemüsesamen Zuckermais Tatonka" verwendet.

Die Autoren haben das Experiment in sechs unterschiedliche Ansätze eingeteilt. Beim ersten Ansatz wurde Leitungswasser aus einer Rostocker Wohnung als Kontrollmittel verwendet, um zu prüfen, wie das Wachstum der Pflanze ohne zusätzliche Nährstoffe stattfindet. Der zweite Ansatz bestand aus 100% Keimerde (Gardol Aussaat- & Kräuterverde)¹⁰ und der dritte Ansatz aus 100% Blumenerde¹¹. Beim vierten, fünften und sechsten Ansatz wurde Treibselkompost von der Hanseatischen Umwelt CAM GmbH¹² genutzt. Dieser bestand aus 30% Treibsel und 70% Grünschnitt und wurde in die Verhältnisse von 100%, 50% und 25% gesetzt.

⁹ Vgl.: <https://www.pflanzenforschung.de>

¹⁰ Vgl.: [Gardol Aussaat- & Kräuterverde \(20 l\) | BAUHAUS](#)

¹¹ Vgl.: [Blumenerde \(40 l\) | BAUHAUS](#)

¹² Vgl.: [Treibselkompost - Hanseatische Umwelt](#)



Abbildung 1: Petrischalen mit Keimlingen und Lösungen

Treibsel besteht hauptsächlich aus natürlichen Materialien wie Seegras und Makroalgen. Zusätzlich ist aber auch Plastikmüll zu finden, welcher im Meer auf der Wasseroberfläche treibt. Dieses Treibgut wird durch Winde und Wellen an die Strände gespült und von vielen Bewohnern und Touristen als Störfaktor angesehen.¹³ Demzufolge wird es mit Baggern aufgesammelt, zu Deponien gebracht und dort anschließend als Biomüll entsorgt. Dieser Abtransport wird in Mecklenburg Vorpommern hauptsächlich durch die Firma "Hanseatische Umwelt" durchgeführt. Aus diesem Grund lag die Intention der Autoren darin, eine umweltfreundliche und nachhaltige Nutzung für das Treibsel zu finden. Da das Treibsel aufgrund der Algen- und Seegrasbestandteile sehr nährstoffreich ist, wollten die Autoren die positive Auswirkung auf das Wachstum von Pflanzen überprüfen.

Als Vorbereitung für die erste Durchführung des Experiments mussten die Maiskaryopsen zunächst für 36 Stunden vorquellen. Dafür haben die Autoren ungefähr 30 Karyopsen in eine große Schale mit Küchenpapier gelegt, welches mit 30ml Leitungswasser befeuchtet wurde.

¹³ Vgl.: [Das Treibsel - POSIMA](#)



Abbildung 2: Vorkeimen der Maiskeimlinge

Am Dienstag, den 25.08.2020 haben sich die Autoren getroffen, um die Keimlinge mit den Substratlösungen zu versetzen. Das Experiment wurde in einem Wintergarten durchgeführt, weshalb die Bedingungen für alle Keimlinge gleich waren.

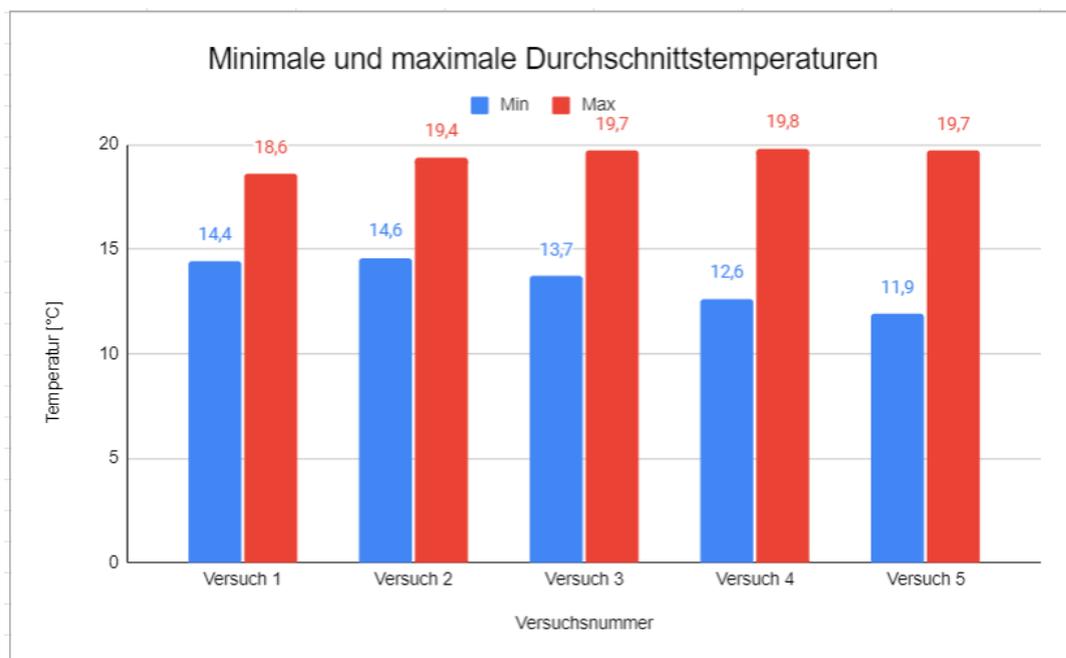


Abbildung 3: Diagramm über Durchschnittstemperaturen

Als erstes haben die Autoren jeweils vier aufgequollene Karyopsen in sechs Petrischalen gelegt und diese beschriftet. Für die Herstellung der Lösungen wurden zunächst die Blumenerde, die Keimerde und der Treibselkompost

verflüssigt. Dafür haben die Autoren 20g des festen Substrates mit 100ml Leitungswasser versetzt und anschließend 5 Minuten im Shaker geschüttelt. Das flüssige Substrat wurde danach durch einen Papierteefilter in einen Becher gegeben. Daraufhin haben die Autoren jeweils 20ml der gefilterten Lösungen mit einer Pipette in die Petrischalen mit den 100%igen Ansätzen gefüllt. Für jedes Substrat wurde eine eigene Pipette verwendet, um Verunreinigungen zu vermeiden. Bei der Petrischale mit 50% Treibselkompost wurde 10ml Lösung mit 10ml Wasser gemischt. Das gleiche Prinzip wurde auch bei der Petrischale mit 25% Treibselkompost angewendet. Dabei musste 5ml Lösung mit 15ml Wasser gemischt werden. Für die Abmessungen der Mengen wurde ein Messbecher und eine Waage genutzt. Zum Schluss haben die Autoren die Petrischalen mit Deckeln verschlossen und die Karyopsen drei Tage keimen lassen.



Abbildung 4: Keimlinge im Treibselsubstrat (100%) nach drei Tagen

Am Freitag, den 28.08.2020 haben sich die Autoren getroffen, um die Keimlinge zu messen. Hierfür wurden die Wurzeln und Sprossachsen der Keimlinge mit einem Messschieber gemessen und die Werte in ein Protokoll eingetragen. Da die Wurzeln meistens nicht gerade gewachsen sind, mussten sie gestreckt und

auf diese Weise gemessen werden. Insgesamt haben die Autoren das Experiment mit vier weiteren Wiederholungen durchgeführt, um aussagefähige Ergebnisse zu erhalten und mögliche Fehlerquellen und Abweichungen aufzuzeigen.



Abbildung 5: Exemplarische Längenmessung der Wurzel mit einem Messschieber

4. Ergebnisse

Für die vorliegende Arbeit war hauptsächlich das Wachstumsexperiment wichtig, welches insgesamt fünfmal durchgeführt wurde, um die erzielten Ergebnisse und wissenschaftlichen Erkenntnisse abzusichern. Somit konnten die Autoren beweisen, dass der Ausgang des Experiments kein Zufall war.

Dies war das entscheidende Experiment, da keine weiteren Messungen oder Experimente von den Autoren durchgeführt wurden, denn abgesehen von Wachstumsexperiment, wurden die Autoren von der Universität Rostock durch eine Nährstoffanalyse unterstützt.

Das beschriebene Experiment wies ein verändertes Wachstum bei den Maiskeimlingen, welche die Autoren dem Treibselsubstrat zugeführt haben, auf. Das Wachstum der Maiskeimlinge, welche in dem Treibselsubstrat lagen, wurde teilweise deutlich erhöht, was anschließend durch die Diagramme erläutert wird. Die Nutzung des Treibsel als Bodenhilfsstoff haben die Autoren nicht neu erfunden, sondern diese Anwendung erfolgte bereits vor 100 Jahren von vielen Bauern auf ihren Feldern in küstennahen Regionen, wurde jedoch durch das Aufkommen der synthetischen Düngern in den 50er/60er Jahren des 20. Jahrhunderts zunehmend vergessen. Durch die Auswertung der

Wachstumsprotokolle und anhand der Diagramme wurde deutlich, dass das Wachstum durch das treibselhaltige Substrat (vor allem bei dem Ansatz mit 100% Treibsel) höher war, als im Vergleich zu den Substraten mit Blumenerde, Keimerde und Wasser. Dies bestätigt die anfängliche Hypothese und Leitfrage, ob Treibsel als Bodenhilfsstoff genutzt werden kann.

Nach der Auswertung der einzelnen Wachstumsprotokolle konnten die Autoren feststellen, dass Treibselkompost das Wachstum der Maiskeimlinge fördert. Jedoch kann dies nur unter den gegebenen Bedingungen am Experimentort, also keine starke Witterung, relativ gleichbleibende Lichtverhältnisse und keine Ungeziefer, betrachtet werden.

4.1 Diagrammauswertung

Im Folgenden wird genauer auf das Diagramm über alle Versuchsansätze eingegangen, um die einzelnen Ansätze besser miteinander vergleichen zu können.

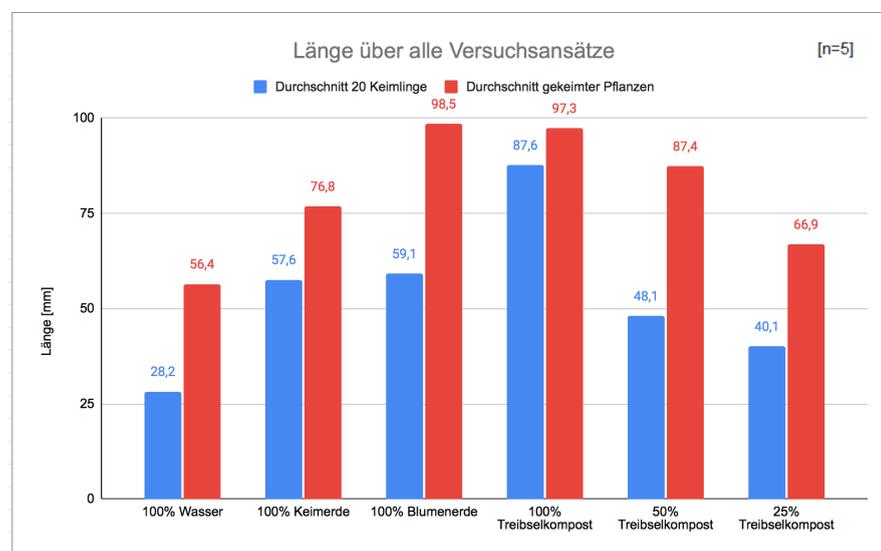


Abbildung 6: Diagramm für die Länge über alle Versuchsansätze

In dem Diagramm über alle Versuche wird die Länge der Keimlinge im Durchschnitt aller gekeimten Pflanzen und im Durchschnitt von 20 Keimlingen angezeigt.

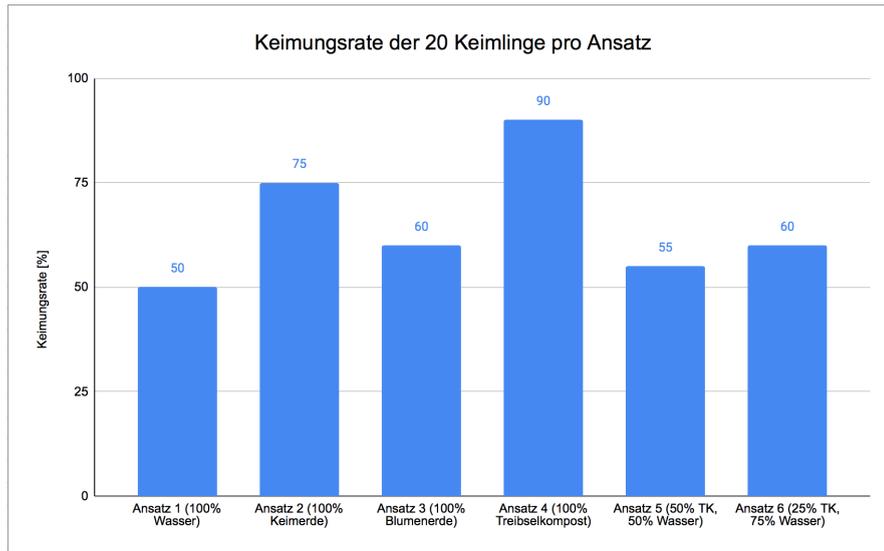


Abbildung 7: Diagramm für die Keimungsrate der 20 Keimlinge pro Ansatz

Zuerst werden die Autoren genauer auf die 100% Blumenerde eingehen. Die durchschnittliche Länge aller gekeimten Pflanzen liegt bei circa 98,5mm. Im Vergleich dazu liegt die durchschnittliche Länge bei den Keimlingen des Ansatzes von 100% Treibselkompost bei circa 97,3mm, also durchschnittlich nur einen Millimeter kleiner. Schaut man sich bei beiden Ansätzen jedoch die durchschnittliche Länge der 20 Keimlingen an, liegt der Wert bei 100% Blumenerde bei circa 59,1mm, vergleichbar mit dem Wert der 20 Keimlinge bei 100% Keimerde (hier 57,6mm). Hier erkennt man deutlich die ersten Unterschiede im Gegensatz zu der Länge der 100% Treibselkompost Keimlinge. Dabei liegt der durchschnittliche Wert deutlich über dem der Blumenerde, bei circa 87,6mm, also fast 30mm mehr.

Hier ist eine deutliche Wirkung des Treibsel auf die Keimlinge erkennbar, was man auch genauer in dem Diagramm mit der Keimungsrate nachvollziehen kann (Abbildung 7). In diesem Diagramm wird die Keimungsrate der einzelnen Ansätze angegeben, also wie viele von den 20 Mais-Keimlingen auch wirklich gekeimt sind und später eine Sprossachse und eine Wurzel ausgebildet haben. In dem Diagramm erkennt man deutlich, dass die Keimungsrate bei dem Ansatz mit 100% Treibselkompost am höchsten ist, denn sie liegt bei 90%. Annähernd an diese Rate ist die Keimungsrate bei 100% Keimerde, mit einer Keimungsrate von 75%.

Schaut man sich erneut das Diagramm mit der Länge der Keimlinge über alle Versuche an (Abbildung 6), fallen einem als nächstes die Längen von den Ansätzen mit 50% und 25% Treibsel auf (Hinweis: die Autoren beziehen sich hier auf die Werte der tatsächlich gekeimten Pflanzen, also die rote Säule des Diagramms). Auch hier erkennt man ein deutlich erhöhtes Wachstum bei den beiden Treibselansätzen. Bei 50% Treibselkompost liegt die Durchschnittliche Länge bei 87,4mm, also nicht so weit entfernt von der Länge des Ansatzes mit 100% Treibselkompost. Die durchschnittliche Länge bei dem Ansatz mit 25% Treibselkompost liegt bei 66,9mm, circa 30mm geringer als bei dem Ansatz mit 100% Treibselkompost.

Geht man bei den beiden Ansätzen mit 50% und 25% genauer auf die Keimungsrate ein (Abbildung 7), erkennt man, dass diese ähnliche Werte wie die Blumenerde aufweisen. Die Keimungsrate bei dem Ansatz mit 50% Treibselkompost liegt bei 55%, die des Ansatzes mit 25% bei circa 60%. Hier sind keine großen Unterschiede erkennbar, was durch Zufall oder durch die unterschiedliche Konzentration des Treibselkomposts im Substrat entstanden sein kann.

Durch die beiden Diagramme kann man abschließend sagen, dass Treibsel, wenn man den Ansatz mit 100% Treibselkompost betrachtet, eine wachstumsfördernde Wirkung hat und zusätzlich zu einer höheren Keimungsrate führt. Außerdem führte das Treibsel zu einem besseren Wachstum der Sprossachse und der Wurzel.

4.2 Vergleich Dünger und Treibsel

Nach einem abschließenden Vergleich der Ergebnisse der Treibselansätze kann man, wie oben bereits genannt, feststellen, dass das Treibsel eine wachstumsfördernde Wirkung hat. Aber kann das Treibsel genauso gut wie "herkömmliche" Dünger benutzt und eingesetzt werden oder ist es doch einfacher, "herkömmlichen" Dünger aus jedem beliebigen Baumarkt zu nehmen?

Dieser Vergleich kann hier nur rein theoretisch gezogen werden, da die Autoren in ihrem Wachstumsexperiment keinen Ansatz mit Dünger an sich durchgeführt

haben. Da dieser Vergleich jedoch hilfreich ist und somit die mögliche Nutzung der Dünger in der Zukunft verändert, werden hier ein paar Beispiele angeführt.

Dünger oder Düngemittel werden vor allem in der Landwirtschaft oder auch von Hobbygärtnern verwendet, um Pflanzen, welche nicht genügend Nährstoffe aus dem Boden bekommen, mit diesen Stoffen zu versorgen (je nach Düngerart). Dadurch kommt es zu einem besseren oder schnelleren Wachstum und meist auch zu besseren Erträgen.¹⁴ Wichtige Bestandteile herkömmlicher Dünger sind meist Stickstoff, Phosphor und Kalium, welche oft mangelhaft im Boden vorhanden sind. Stickstoff fördert dabei die Erzeugung der Blattmasse, Phosphor dient zur Blüten- und Fruchtbildung und Kalium trägt hauptsächlich zur Holzbildung und der Pflanzenstatik bei.

Treibsel besteht zu großen Teilen aus vom Meer angeschwemmten Bestandteilen, wie zum Beispiel unterschiedliche Algenarten, Treibholz sowie Muscheln und anderem organischem Material aus dem Meer.

Durch die von der Universität Rostock durchgeführte Nährstoffanalyse des Treibselkomposts (siehe Anhang Kapitel 9.4) ist erkennbar, dass die Werte für Phosphat bei dem Treibselansatz mit 100% zwischen denen von dem Ansatz mit der Blumenerde und dem Ansatz mit Keimerde liegt. Der Mittelwert für Phosphat bei Blumenerde liegt bei 117,45 $\mu\text{mol/l}$, der von der Keimerde bei 55,85 $\mu\text{mol/l}$. der Treibselkompost liegt somit mit einem Mittelwert von 39 $\mu\text{mol/l}$ zwischen den anderen beiden Werten. Die Autoren gehen davon aus, dass dies ein guter Wert ist, denn zu viel Phosphat kann von den Pflanzen nicht gleich aufgenommen werden, so würde es zu einer Überdüngung kommen.

4.3 Vor- und Nachteile Treibsel und Dünger

Nach dem Vergleich von Treibsel und Dünger wollen die Autoren noch einmal genauer auf die genauen Vor- und Nachteile bei der Nutzung von "herkömmlichen" Düngern und der Nutzung von Treibsel eingegangen werden. Hierbei werden als erstes die Vor- und Nachteile der "normalen" Düngemittel betrachtet werden.

¹⁴ Vgl.: <https://www.chemie.de/lexikon/Dünger.html>

Dünger dient vor allem in der Landwirtschaft zur Erhöhung der nötigen Erträge der Pflanzen. Dabei unterscheidet man jedoch zwischen organischen Düngern und synthetische Düngern. Bei organischen Düngern, die aus organischen Resten wie zum Beispiel Horn oder Kompost bestehen, werden die Nährstoffe langsamer an die Umgebung und Pflanzen abgegeben, da diese noch organisch gebunden sind. Somit haben sie eine Langzeitwirkung und es kommt nicht so schnell zu einer Überdüngung des Bodens. Synthetische Dünger hingegen enthalten Mischungen aus den benötigten Salzen, welche dann sofort im Boden gelöst werden.

Durch die Dünger kommt es zur Anreicherung des Bodens, vor allem durch organische Dünger. Diese nähren Mikroorganismen und Bodenlebewesen, was letztendlich dem Boden zugutekommt, denn diese mineralisieren die organischen Materialien des Bodens und machen sie somit für die Pflanzen verfügbar. Ein weiterer Vorteil des herkömmlichen Düngers ist die schnelle und einfache Verfügbarkeit, denn Dünger ist in jedem Baumarkt zu finden. Zudem sind Düngemittel meist direkt verfügbar für die Pflanzen und können somit schnell von ihnen aufgenommen werden und ihre Wirkung entfalten.

Trotz der vielen Vorteile von Düngern und Düngemitteln gibt es auch, zum Teil sogar versteckte, Nachteile. Zum einen kann es schnell zu einer "Überdüngung", also einem Überangebot der Nährstoffe, des Bodens kommen. Dadurch kann die Bodenfauna nachteilig beeinflusst werden. Dies führt wiederum zu niedrigeren Erträgen, aber auch zu einer Verschmutzung des Grundwassers, was weitere schwerwiegende Folgen hat. Denn die nicht aufgenommenen Düngerbestandteile sickern durch den Boden in das Grundwasser, was wiederum die Qualität des Wassers gefährdet. Dies stellt eine besondere Gefahr für Natur und Mensch dar. Das Nitrat im Trinkwasser wird im Körper zu Nitrit umgewandelt, welches in großen Mengen gerade für Säuglinge schädigend sein kann¹⁵. Doch nicht nur das Grundwasser, sondern auch der Boden allgemein kann durch Überdüngung gefährdet werden. Denn zu viel Düngemittel führt zu einer Senkung des pH-Wertes, was wiederum zu einer Gefährdung des Bodenlebens, also aller Lebewesen die in oder auf dem Boden leben, führt.

¹⁵ Vgl.:

<https://www.ernaehrungsmedizin.blog/2018/04/05/nitrat-im-trinkwasser-darmkrebs-aus-dem-wasserhahn/>

Der Treibselkompost, den die Autoren für das Wachstumsexperiment verwendet haben, besteht zu 70% aus Grünschnitt, die restlichen 30% bestehen aus Treibsel. Laut Recherche bestehen diese restlichen 30% Treibsel wiederum aus 90% Seegras, 5% Makroalgen und zu 5% aus einer Mischung aus Muscheln, Kleinholz und anderem organischen Material aus dem Meer, und natürlich auch Sand.¹⁶ Diese 5% haben hierbei auf das Experiment und die Keimlinge keine nennenswerten Auswirkungen, da die Autoren die Substrate vor Zufuhr zu den Keimlingen gesiebt und filtriert wurden.

Vorteile bietet Treibsel vor allem in seiner Einfachheit. Sehr viel Treibsel wird an den Küsten, vor allem auch hier an der Ostseeküste, an den Strand angeschwemmt. Viele Kurorte transportieren das angeschwemmte Treibsel so schnell wie möglich ab, damit die Gäste einen saubereren Strand vorfinden und nicht gestört werden, durch zum Beispiel den Geruch des Treibsel. Das Treibsel wird dann zur Mülldeponie abtransportiert und dort als Biomüll entsorgt oder gleich von den Kurorten zurück in das Wasser geschoben. Bei dieser Methode kommt es jedoch wieder zu einer Verschmutzung der Meere, da sich häufig Plastik und anderer Müll im Treibsel ansammelt. Doch anstatt es als Biomüll zu entsorgen, könnte es als Dünger genutzt werden.

Hier besteht der Vorteil, denn Treibsel ist kostenlos an fast jeder Küste verfügbar und somit kann schnell darauf zugegriffen werden. Es benötigt keine chemische Herstellung, jedoch muss es bevor es auf die Felder gebracht oder als Dünger verwendet wird, ausreichend gewaschen und gesiebt werden, damit sich einerseits der Salzgehalt des Treibsel verringert, andererseits jedoch auch Müll, wie zum Beispiel kleine Plastikteile, aussortiert wird. Außerdem stellt das Treibsel keine Belastung für die Umwelt, da alle Bestandteile organisch sind und natürlich vorkommen (abgesehen vom möglichen Anteil des Mikroplastiks, welcher unausweichlich durch die Verschmutzung der Weltmeere ist).

Nachteile des Treibsel sind nicht wirklich bekannt, da bis jetzt noch keine wirkliche Forschung an Treibsel betrieben wurde. Daher können die Autoren hierzu nicht weiter etwas sagen, jedoch können Vermutungen aufgestellt werden. Zum einen könnte es zu einem erhöhten Salzgehalt im Boden kommen, falls das Treibsel nicht ausreichend gewaschen wurde. Andererseits

¹⁶ Informationen aus E-Mail von Steffen Aldag (Hanseatische Umwelt CAM GmbH)

könnte es zu einer weiteren Umweltbelastung und -verschmutzung durch die Mikroplastik-Anteile kommen. Weitere Nachteile werden sich im Laufe der Zeit bei weiteren und ausführlichen Forschungen zeigen.

5. Ergebnisdiskussion

Bei der Ergebnisdiskussion wollen die Autoren dieser Arbeit als erstes auf die positiven Ergebnisse eingehen. Ein positiver Aspekt zeigt sich in der Anzahl der Wiederholungen des Experiments. Dies hat zu besseren und eindeutigen Ergebnissen geführt. Ein weitere Aspekt wäre, dass das Projektteam gemeinsam zu einer schnellen Ausarbeitung für einen Experimentierplan beigetragen hat, wodurch eine schnelle Durchführung dieses Experiments möglich und nicht viel Zeit verloren wurde. Zusätzlich hatte das Team Zugriff auf einen Ort, an dem sich die Autoren treffen und das Experiment gut durchführen konnten. Vor allem wurden die Autoren durch die Schule, die Lehrer und Lehrerinnen, vom Bauhaus Rostock-Schutow, der Hanseatischen Umwelt CAM GmbH, dem BilSE-Institut und auch der Universität Rostock tatkräftig bei dem Projekt unterstützt und gefördert.

Nach abschließender Betrachtung des Experiments und dessen Ablauf sowie dessen Ausgang, würden die Autoren im Nachhinein einige Veränderungen vornehmen, um möglichen Fehlerquellen zuvorzukommen. Zum einen wäre es besser, wenn bei jeglicher durchgeführten Wiederholung des Experiments die Licht- und Temperaturmessungen gleich vor Ort vorgenommen worden wären, um genauere Ergebnisse zu erzielen. Die Temperaturwerte konnten im Nachhinein durch selbstständige Recherche ermittelt werden (s. Abbildung 3). Ein weiterer Punkt ist, dass bei einem weiteren Experiment dieser Art es authentischer wäre, wenn das verwendete Treibsel selbst gesammelt worden wäre. So wären die Ergebnisse noch realistischer. Hierzu kann angemerkt werden, dass zu diesem Zweck zwei Versuche zur Sammlung unternommen wurden (am Elmenhorster Stand und in Torfbrücke), die Autoren jedoch keinen Treibsel auffinden konnten. Daher wurde bei der Durchführung des Experiments auf den Treibselkompost der Firma Hanseatische Umwelt CAM GmbH zurückgegriffen werden.

Die bei dem Experiment erzielten Ergebnisse passen durchaus mit dem zusammen, was die Autoren während der selbstständigen Recherche erfahren haben: Einerseits wurde Treibsel bereits vor hunderten Jahren von Bauern in küstennahen Regionen zur Düngung ihrer Felder genutzt. Dies hatte eine positive Wirkung auf die Pflanzen und wurde für lange Zeit angewandt. Ein weiteres Beispiel haben die Autoren in dem Online-Blog "Kristian Dittmann, einfach leben"¹⁷ gefunden. Dort beschreibt der Autor seine Erfahrungen mit Treibsel und dessen Wirkung, welche mit den Ergebnissen der Autoren übereinstimmen oder zumindest vergleichbar sind (der Autor des Online-Blogs beschreibt eine positive Wirkung auf die Pflanzen, welche größer erschienen und auch von weniger Unkraut umgeben waren).

Wie bei jedem Projekt mit einem praktischen Teil, können auch in diesem Fehler aufgetreten sein, welche die erzielten Ergebnisse eventuell verfälscht, beeinflusst oder verändert haben. Zum einen hätten die Autoren Fehler bei der Messung der Sprossachse sowie bei der Wurzel machen können, wodurch die Wachstumsprotokolle falsche Werte aufweisen würden. Ein weiterer Fehler könnte bei der Herstellung der Substrate aufgetreten sein, denn die Substrate hätten durch Verunreinigungen verändert werden können. Eine weitere Fehlerquelle könnte bei der zeitlichen Planung des Experiments liegen, so könnten zum Beispiel die Licht- und Temperaturverhältnisse Einfluss auf das Experiment haben (allerdings waren alle Keimlinge gleich guten oder schlechten Bedingungen ausgesetzt). So würden vielleicht andere Ergebnisse zustande kommen, wenn das Experiment zu einer anderen Jahreszeit durchgeführt worden wäre.

Daher könnte man das Experiment in der Zukunft in einem anderen Zeitraum geplant werden, nämlich in einer Zeit, in dem die Versuchspflanze ihre natürliche Keim- und Wachstumszeit hat. Außerdem könnte man das Experiment mit unterschiedlichen Pflanzenarten durchführen, um herauszufinden, ob Treibsel die gleiche Wirkung auf unterschiedliche Pflanzenarten hat oder ob das Experiment nur per Zufall die erzielten Ergebnisse erreicht hat. Zuletzt wäre vielleicht eine größere Anzahl an Wiederholungen günstig, um noch solidere Ergebnisse zu erzielen und die bis jetzt gewonnenen Erkenntnisse zu vertiefen.

¹⁷ Vgl.: <https://kristiandittmann.de/duenger-vom-strand/>

Der von den Autoren bis jetzt erworbene Wissensstand und die Kenntnisse um eine mögliche Wirkung von Treibsel auf Pflanzen können dazu beitragen, dass die Nutzung und Verwendung des Treibsel in Zukunft effektiver gestaltet werden kann. So muss dieses nicht mehr von den Kurorten abtransportiert und anschließend als Biomüll entsorgt werden, sondern kann effektiv in der Landwirtschaft oder auch im privaten Gebrauch benutzt werden. Dies zeigt eine umweltfreundlichere Methode zur Nutzung des Treibsel auf und hat nebenbei positive Effekte für den Menschen und die Natur. Hinzu kommt, dass durch die aktive Nutzung des Treibsel als Dünger möglicherweise weniger chemische Dünger verwendet werden, was sich wiederum positiv auf den Boden und letzten Endes auch auf die Umwelt auswirken würde, wie zum Beispiel auf die Grundwasserverunreinigung.

Als ein letzter Kritikpunkt wäre anzuführen, dass die Maiskeimlinge sich zuerst in der Anfangsphase des Wachstums nicht von den Nährstoffen der Umgebung, also aus dem Substrat, "ernährt" sondern von seinen eigenen Speicherstoffen aus dem Samen. Dies lässt die Vermutung aufstellen, dass bereits zu Beginn des Experiments die Samen unterschiedliche Voraussetzungen hatten. Diese Vermutung kann jedoch teilweise widerlegt werden, denn bei dem Experiment wurden die Keimlinge per Zufall ausgewählt um möglichst alle "Arten" oder "Zustände" der Keimlinge zu erfassen.

Zum Schluss kann durchaus davon ausgegangen werden, dass die hier erzielten Ergebnisse möglicherweise für weitere Forschungszwecke genutzt werden könnten.

6. Zusammenfassung

"Kann Treibsel als Bodenhilfsstoff genutzt werden?". Mit dieser Arbeitsfrage haben sich die Autoren in den letzten Monate beschäftigt haben. Zunächst haben sich die Autoren einen theoretischen Überblick zur Biologie der Maispflanze und der Samenkeimung erarbeitet. Aufbauend auf diesen Grundlagen wurde für das Wachstumsexperiment ein Experimentierplan ausgearbeitet und mit Hilfe von diesem wurde das Experiment schließlich durchgeführt. Durch den Vergleich der erzielten Ergebnisse der einzelnen Ansätze in dem Wachstumsprotokoll konnte festgestellt werden, dass die

Ansätze mit Treibsel (vor allem bei 100% Treibselanteil) ein erhöhtes Wachstum der Sprossachse und der Wurzel der Maiskeimlinge aufweisen. Betrachtet man dazu zusätzlich die Keimungsrate der einzelnen Ansätze, ist deutlich erkennbar, dass bei dem Ansatz mit 100% Treibsel mehr Keimlinge gekeimt sind, als bei den anderen Ansätzen. Dies kann auf eine positive Wirkung des Treibsel als Bodenhilfsstoff hinweisen. Mit diesen erzielten Ergebnissen konnte bewiesen werden, dass Treibsel als Bodenhilfsstoff genutzt werden kann und somit in der Lage ist, herkömmliche chemische Dünger zu ersetzen. Unterstützt wird dieses Ergebnis zusätzlich durch die frühere Nutzung des Treibsel als Dünger durch Bauern in küstennahen Regionen.

Mit den erlangten Erkenntnissen ist es nun möglich, dass Treibsel vielleicht zukünftig (wieder) in der Landwirtschaft eingesetzt wird, wodurch die Umwelt geschützt und entlastet werden kann.

Abschließend kann gesagt werden, dass das Ziel der Autoren, herauszufinden, ob Treibsel als Bodenhilfsstoff geeignet ist, durch umfangreiche Recherche sowie durch ein selbst geplantes und durchgeführtes Experiment mit Mais-Keimlingen, erreicht worden ist. Daher kann die Arbeitsfrage mit "Ja" beantwortet werden.

7. Quellen- und Literaturverzeichnis

Biologie- Seite, C4- Pflanzen, [C4-Pflanze – Biologie \(biologie-seite.de\)](http://biologie-seite.de), besucht am 10.04.2021

Chemie.de, C4-Pflanzen, [C4-Pflanze \(chemie.de\)](http://chemie.de), besucht am 10.04.2021

Chemie.de, Phytohormon, [Phytohormon \(chemie.de\)](http://chemie.de), besucht am 08.01.2021

Chemie.de, Dünger, [https://www.chemie.de/lexikon/Dünger.html](https://www.chemie.de/lexikon/Duenger.html), besucht am 19.01.2021

Deutsches Maiskomitee e.V. (DMK), Statistiken und Informationen zu Maisanbau in Deutschland, <https://www.maiskomitee.de/Fakten/Statistik/Deutschland>, besucht am 18.02.2021

Dittmann, Kristian, <https://kristiandittmann.de/duenger-vom-strand/>, besucht am 21.02.2021

Lernhelfer.de, Fotosynthese in Biologie, [Fotosynthese in Biologie | Schülerlexikon | Lernhelfer](http://lernhelfer.de), besucht am 09.02.2021

Lernhelfer.de, Phytohormone, <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/biologie-abitur/artikel/phytohormone-pflanzenhormone>, besucht am 12.04.2021

Pflanzenforschung.de, Keimung (der Samen) [Keimung \(der Samen\) :: Pflanzenforschung.de](http://pflanzenforschung.de), besucht am 10.01.2021

Pflanzenforschung.de, Pflanzensteckbrief zum Mais, <https://www.pflanzenforschung.de/de/pflanzenwissen/pflanzensteckbriefe/mais>, besucht am 09.01.2021

Posima.de, Was ist Treibsel?, [Das Treibsel - POSIMA](http://posima.de), besucht 17.02.2021

Proplanta, Biologie des Mais, <https://www.proplanta.de>, besucht am 08.01.2021

Schmollich, Martin, Ernährungsmedizin Blog, <https://www.ernaehrungsmedizin.blog/2018/04/05/nitrat-im-trinkwasser-darmkrebs-aus-dem-wasserhahn/>, besucht am 22.02.2021

Schopfer Peter, Brennicke Axel: „Pflanzenphysiologie“, Berlin 2010

Stiftung Jugend forscht e. V., schriftliche Arbeit und weiterführende Informationen, <https://www.jugend-forscht.de/teilnahme/ablauf/schriftliche-arbeit.html>, besucht am 19.02.2021

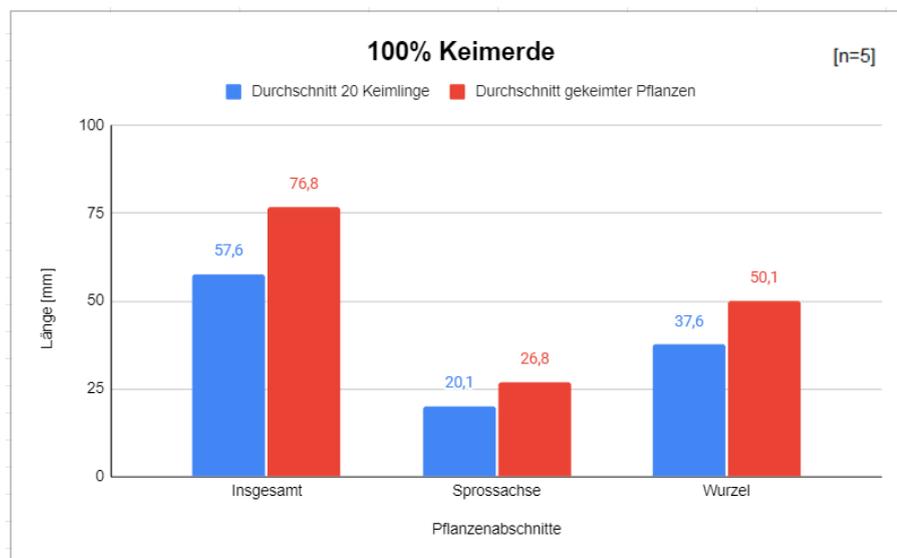
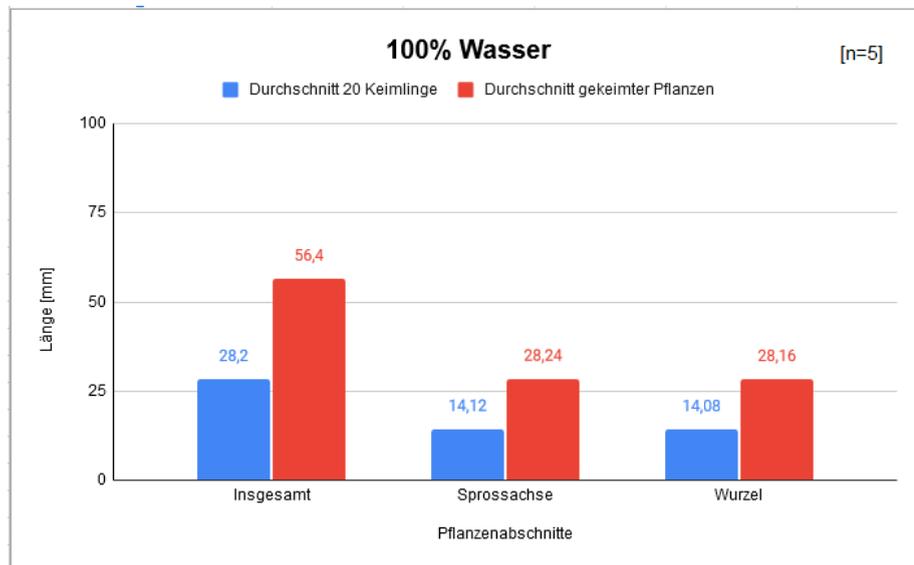
T-online.de, Wiederentdeckung eines traditionellen Werkstoffs, [Kieler fertigen nachhaltige Produkte aus Treibsel \(t-online.de\)](#), besucht am 17.04.2021

8. Abbildungsverzeichnis

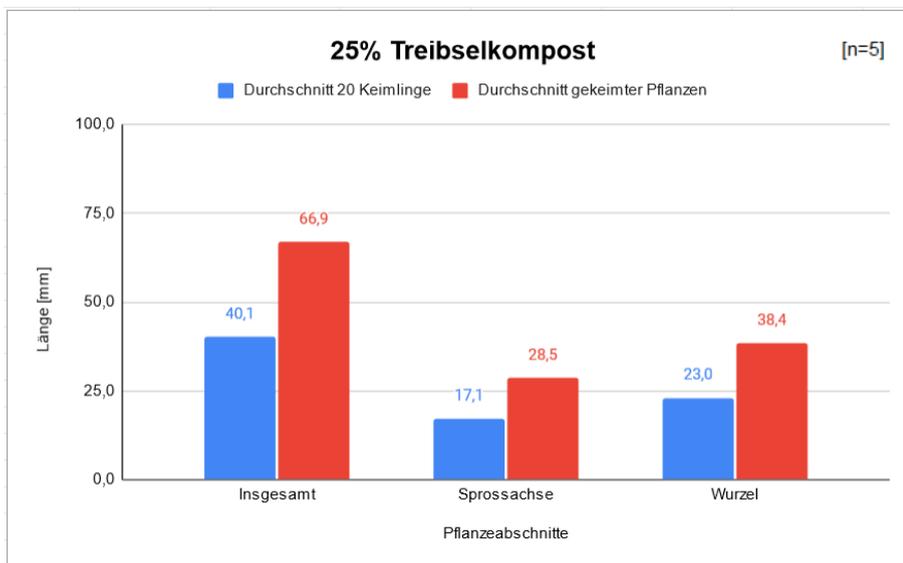
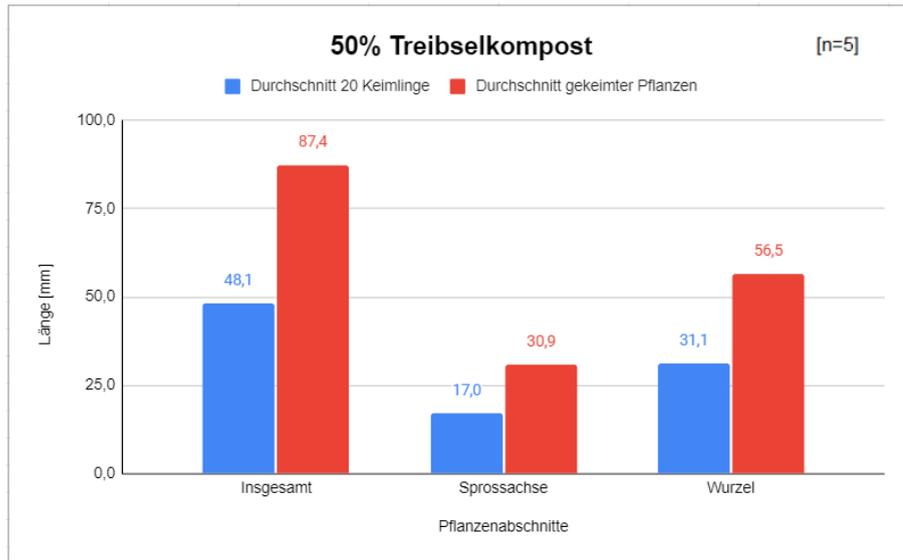
Abb. 1: Petrischalen mit Keimlingen und Lösungen	S. 9
Abb. 2: Vorkeimen der Maiskeimlinge	S. 10
Abb. 3: Diagramm über Durchschnittstemperaturen	S. 10
Abb. 4: Keimlinge in Treibselsubstrat (100%) nach drei Tagen	S. 11
Abb. 5: Exemplarische Längenmessung der Wurzel mit Messschieber	S. 12
Abb. 6: Diagramm für die Länge über alle Versuchsansätze	S. 13
Abb. 7: Diagramm für die Keimungsrate der 20 Keimlinge pro Ansatz	S. 14

9. Anhang

9.1 Auswertung der einzelnen Ansätze¹⁸



¹⁸ Alle hier angegebenen Diagramme sind von uns selbst erstellt worden.



9.2. Messprotokoll der ersten Versuchsdurchführung

Versuch Nr.:	1			
Datum Beginn:	25.08.2020			
Datum Messung:	28.08.2020			
Ansatz 1 (100% Wasser)	Pflanze 1	Pflanze 2	Pflanze 3	Pflanze 4
Länge insgesamt:	21,4	0	0	0
Länge Sprossachse:	9,8	0	0	0
Länge Wurzel:	11,6	0	0	0
Sonstiges:	-	-	-	-
Ansatz 2 (100% Keimerde)	Pflanze 1	Pflanze 2	Pflanze 3	Pflanze 4
Länge insgesamt:	86,8	78	70,6	0
Länge Sprossachse:	26,3	26,5	23,7	0
Länge Wurzel:	60,5	51,5	46,9	0
Sonstiges:	-	-	-	-
Ansatz 3 (100% Blumenerde)	Pflanze 1	Pflanze 2	Pflanze 3	Pflanze 4
Länge insgesamt:	73,6	0	0	54,4
Länge Sprossachse:	31,1	0	0	24,9
Länge Wurzel:	42,5	0	0	29,5
Sonstiges:	-	-	-	-
Ansatz 4 (100% Treibselkompost)	Pflanze 1	Pflanze 2	Pflanze 3	Pflanze 4
Länge insgesamt:	85,1	104,7	77,2	89,3
Länge Sprossachse:	29,3	38,2	28,7	33,2
Länge Wurzel:	55,8	66,5	48,5	56,1
Sonstiges:	-	eingepflanzt	-	-
Ansatz 5 (50% TK, 50% Wasser)	Pflanze 1	Pflanze 2	Pflanze 3	Pflanze 4
Länge insgesamt:	103,4	80,4	0	0
Länge Sprossachse:	37,1	33,2	0	0
Länge Wurzel:	66,3	47,2	0	0
Sonstiges:	-	-	-	-
Ansatz 6 (25% TK, 75% Wasser)	Pflanze 1	Pflanze 2	Pflanze 3	Pflanze 4
Länge insgesamt:	58,7	46,5	0	0
Länge Sprossachse:	35,3	20,1	0	0
Länge Wurzel:	23,4	26,4	0	0
Sonstiges:	-	-	-	-

9.3 Kostenvergleich der Substrate

Kostenvergleich der Substrate (Stand: 02.02.2021)			
	Pflanzerde (Bauhaus)	Gardol Aussaat- & Kräuternerde (Bauhaus)	Treibselkompost Hanseatische Umwelt
Volumen pro Packung in Liter	40	20	unterschiedlich
Preis pro Packung in €	3,99	5,29	unterschiedlich
Preis pro Liter in €	0,10	0,26	0,09* - 0,25*
			*Preise ab Hof Biendorf (ohne Transport & Verladung)

9.4 Laboranalysen der Substrate

Zusammenfassung der Laboranalysen der Substrate Forschungsstation Zingst & Universität Rostock																	
Legende:																	
Messwerte																	
Berechnungen																	
		Einwaage Erde [g] in 100ml Leitungswasser	Nitrit			Nitrit + Nitrat			Ammonium			Phosphat			Uni Rostock Phosphat		
			Konzentration [µmol/l]	Mittelwert [µmol/l]													
1	Leitungswasser filtriert P1	0	0,26		3,93		2,09		0,05		0,0		0,0		0,0		
2	Leitungswasser filtriert P2	0	0,25		3,9		2,05		0,03		0,1		0,04		0,1		
3	Leitungswasser pur P1	0	0,25		4,19		1,11		0,01		-0,1		0,01		0,0		
4	Leitungswasser pur P2	0	0,25		4,15		0,98		0,01		0,1		0,01		0,0		
5	Keimerde P1	20	0,85		341		14,6		56,3		60,4		55,85		60,5		
6	Keimerde P2	20	0,84		336,5		13		55,4		60,5		55,85		60,5		
7	Blumenerde P1	20	2,58		2555		54,3		115,5		110,8		117,45		111,0		
8	Blumenerde P2	20	2,56		2565		59,5		119,4		111,2		117,45		111,0		
9	Treibsel 100% P1	20	1,34		386		21,3		38,9		37,7		39		39,7		
10	Treibsel 100% P2	20	1,37		351		23,13		39,1		41,7		39		39,7		
11	Treibsel 50% P1	10	0,74		230,8		11,75		17,34		21,6		17,85		21,3		
12	Treibsel 50% P2	10	0,76		230,2		11,8		18,36		21,1		17,85		21,3		
13	Treibsel 25% P1	5	0,51		148,6		5,68		7,14		10,3		6,97		9,8		
14	Treibsel 25% P2	5	0,49		150,2		4,69		6,8		9,3		6,97		9,8		

10. Unterstützungsleistungen

Die Fertigstellung des Projekts wäre nicht ohne die erhaltenen Unterstützungsleistungen der folgenden Personen möglich gewesen. Dr. Kerstin Teichmann, Dr. Christa Kupke, Anna Weiß und Frank Semmler sind Lehrer*innen des Innerstädtischen Gymnasiums in Rostock und haben die Ausarbeitung sowohl mit Materialbereitstellung als auch fachlichem Wissen unterstützt. Darüber hinaus stellte Philipp-Konrad Schätzle (M.Sc.), der als Doktorand an der Universität Rostock arbeitet, Informationen über die Beschaffenheit als auch Lokalisierung von Treibsel zur Verfügung. Ebenfalls von der Universität Rostock halfen Dr. Martin Albrecht, wissenschaftlicher Mitarbeiter, und Dr. Jana Wölfel, wissenschaftliche Mitarbeiterin, bei der Arbeit an der Forschungsfrage sowie bei den Probeanalysen. Sie stellten Fachwissen bereit und wirkten bei der Erarbeitung des Experiments mit. Steffen Aldag (M.Sc.), welcher für die Projektbetreuung der Hanseatischen Umwelt CAM GmbH zuständig ist, versorgte die Autoren mit Treibselkompost, welcher entscheidend für die Durchführung des Experiments war. Zusätzlich stellte er den Autoren Analysen für die Zusammensetzung von Treibselkompost zur Verfügung. Außerdem wurde das Projekt durch Tobias Amler unterstützt, welcher als Marktleiter von BAUHAUS Fachcentren Berlin GmbH & Co. KG in Rostock-Schutow tätig ist. Er hat den Autoren bei der Materialbeschaffung geholfen. Privatdozentin Dr. Rhena Schumann und Fach-MTA Rita Wulff, stellvertretend für die Biologische Forschungsstation in Zingst, analysierten die Substratösungen und ermöglichten die Forschungsarbeit auch mit Nährstoffanalysen zu untermauern. Insbesondere wurden die Autoren von Susan Turnow, Projektmanagerin beim BilSE-Institut für Bildung und Forschung GmbH, bei der gesamten Erarbeitung des Projektes unterstützt. Entscheidend war hier speziell die Organisation, Strukturierung und generelle Unterstützung der Forschungsarbeit.

Abschließend möchten sich die Autoren nochmal bei allen oben genannten Personen herzlich für ihre Unterstützung bedanken.

11. Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichern die Autoren, dass diese Arbeit persönlich verfasst ist und dass die Autoren keinerlei fremde Hilfe in Anspruch genommen haben. Ebenso versichern sie, dass diese Arbeit oder Teile daraus nicht als Leistungsnachweise andernorts eingereicht wurden. Wörtliche und sinngemäße Übernahme aus anderen Schriften und Veröffentlichungen in gedruckter oder elektronischer Form sind gekennzeichnet. Sämtliche Sekundärliteratur und sonstige Quellen sind nachgewiesen und in der Bibliographie aufgeführt. Das Gleiche gilt für graphische Darstellungen und Bilder sowie für alle Internet Quellen.

Die Autoren sind ferner damit einverstanden, dass die Arbeit zum Zwecke eines Plagiatsabgleichs in elektronischer Form anonymisiert versendet und gespeichert werden kann. Den Autoren ist bekannt, dass von der Korrektur der Arbeit abgesehen werden kann, wenn die Erklärung nicht erteilt wird.

Rostock, den 20.05.2021

Unterschrift _____
Lea Germanotta Charlotte Pohsin Lilly Rohde