

Thema:

**„Untersuchung der Wirkung kosmischer Strahlung
und extremer Temperaturen auf Kressekeimung“**



Teilnehmerinnen: Sara Sitnik (16 Jahre) und Kim Wagner (14 Jahre)

Erarbeitungsort: Cäcilienchule Wilhelmshaven

Projektbetreuer: Maik Horstmann

Fachgebiet: Biologie

Wettbewerbssparte: Jugend forscht

Bundesland: Niedersachsen

Wettbewerbsjahr: 2023

Kurzfassung

Im Rahmen einer Stratosphärenmission unter Zuhilfenahme eines Wetterballons schickten wir drei Päckchen Kressesamen, auf unterschiedlichen Positionen an bzw. in der wärmeisolierten Nutzlastbox mit Messgeräten, in die Stratosphäre. So befanden sich zwei der Tütchen an der Außenwand, wobei eines von ihnen mit einem UV-undurchlässigen Material abgedeckt war, während das letzte sich in der Box befand. Wir erreichten dabei eine Flughöhe von mehr als 36000m. Nun untersuchen wir die Auswirkung der dort vorhandenen Strahlung mit bzw. ohne UV-Schutz und Temperatur auf die Kressesamenkeimung. Dabei vergleichen wir diese mit der Keimung von unbehandelter Kresse (*Lepidium sativum*) als Vergleichsprobe sowie einer nur Kälte exponierten Probe, unter Zuhilfenahme eines Gefrierschranks.

Inhaltsverzeichnis

<u>1</u>	<u>EINLEITUNG</u>	<u>1</u>
<u>2</u>	<u>VORGEHENSWEISE, MATERIALIEN UND METHODEN</u>	<u>1</u>
<u>3</u>	<u>ERGEBNISSE</u>	<u>6</u>
<u>3.1</u>	<u>VERSUCHSTEIL I.....</u>	<u>6</u>
<u>3.2</u>	<u>VERSUCHSTEIL II.....</u>	<u>8</u>
<u>3.3</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE</u>	<u>9</u>
<u>4</u>	<u>ERGEBNISDISKUSSION.....</u>	<u>10</u>
<u>5</u>	<u>ZUSAMMENFASSUNG</u>	<u>11</u>
<u>6</u>	<u>QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS</u>	<u>12</u>
<u>7</u>	<u>UNTERSTÜTZUNGSLEISTUNGEN.....</u>	<u>13</u>

1 Einleitung

Bei unserem Projekt haben wir uns die Frage gestellt, ob kosmische Strahlung und/oder extreme Kälte Einfluss auf die Keimungsrate von Pflanzen, in unserem Fall Kresse, hat.

Die Idee zur Durchführung dieses Projektes kam uns im Zuge der seit 2017 jährlich stattfindenden Stratosphären Mission [1]. Bei dieser Mission wird eine Sonde mit einem Wetterballon in die Stratosphäre geschickt, um dort meteorologische und physikalische Daten zu messen. Anschließend werden diese Daten ausgewertet. Außerdem werden Foto- und Filmaufnahmen zur späteren Betrachtung und Auswertung gemacht. Wir haben in diesem Jahr unter anderem Daten der Höhe, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und auch der radioaktiven Strahlung sammeln können.

Die Ergebnisse der Auswertungen dieser Missionen waren und sind auch Gegenstand anderer „Jugend forscht“-Projekte [2].

Der Starttag der Mission, die zur Beantwortung der Forschungsfrage herangezogen wurde, war dabei der 21.09.2022. In der Absicht der hier dargestellten späteren experimentellen Untersuchung der Keimungsraten wurden bei dieser Mission deshalb auch schon Kressesamen in unterschiedlichen Formen der Exposition in Bezug auf unterschiedliche Umwelteinflüsse (vgl. Vorgehensweise, Kapitel 2) mitgeschickt.

Unsere Eingangsvermutung war, dass die vorliegende kosmische Strahlung in der Atmosphäre eine geringere Keimungsrate der Samen im Vergleich zur unbehandelten Vergleichsgruppe zur Folge hätte.

Unsere Vermutung ergab sich aus den uns aus dem Physikunterricht zuvor bekannten negativen Auswirkung kosmischer Strahlung auf Lebewesen, wie sie beispielsweise bei Flügen in großen Höhen oder bei Astronauten auftritt. Eine vertiefte wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Thematik erfolgte im Kontext der Ergebnisdiskussion (vgl. Kapitel 4).

2 Vorgehensweise, Materialien und Methoden

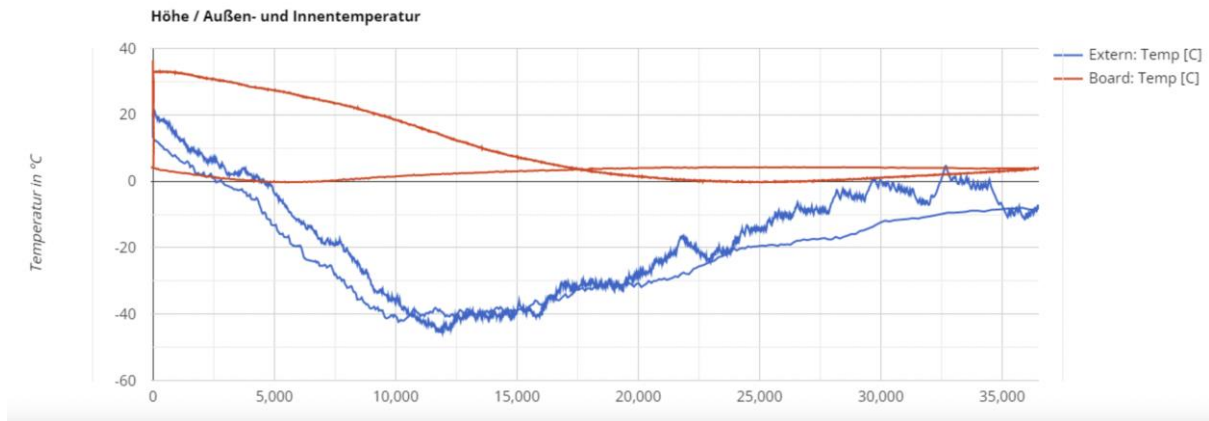
Im September des Jahres 2022 haben wir eine Styroporbox mit Messgeräten, Kameras und der Kresse in die Stratosphäre geschickt [3]. Dafür haben wir die Kressesamen in kleine Plastikpäckchen gefüllt und diese dann an verschiedenen Stellen innerhalb und außerhalb der Box befestigt.

Zwei der Tütchen waren an die Außenwand der Box fixiert, wobei eine von ihnen mit einem UV-undurchlässigen Material abgedeckt war. Die dritte Probe befand sich im Inneren der Box. Somit wurden besonders die äußeren Proben extremer Kälte und kosmischer Strahlung ausgesetzt. Die am niedrigsten gemessene Temperatur betrug dabei, laut unseren Messwerten, auf der Außenseite der Box etwa $-45,5^{\circ}\text{C}$ in 12,2 km Höhe. Zur Kontrolle verglichen wir die Temperaturwerte mit denen einer etwa zeitgleich gestarteten Radiosonde aus Meppen [7]. Diese zeigten uns dann jedoch auf, dass die Tiefsttemperatur deutlich niedriger war. So lang sie bei dieser Sonde nämlich bei $-60,5^{\circ}\text{C}$ in ebenfalls ca. 12 km Höhe, was andere in der Umgebung gestartete Radiosonden auch bestätigten. Diese Diskrepanz liegt vermutlich in einer fehlenden Abschirmung unseres Außentemperatursensors gegenüber Sonneneinstrahlung begründet (vgl. auch [3]).

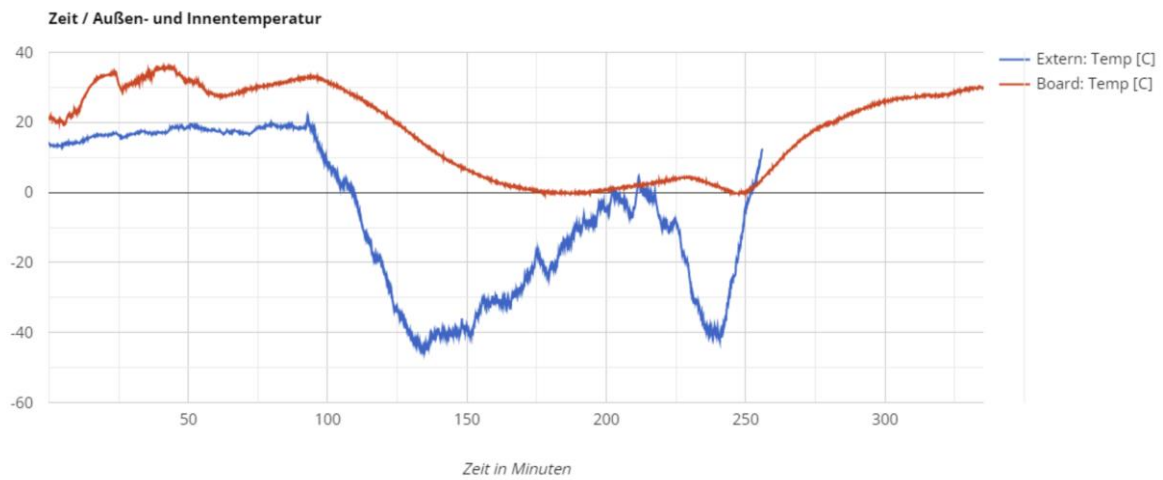
Innerhalb der Box sank die Temperatur hingegen nur auf einem Minimalwert von -1°C . Die tiefen Temperaturen wurden dabei auch relativ lang aufrechterhalten. (Messdaten Stratofischmission vom 21.09.2023 [3], vgl. **Diagramm 1a, 1b und 1c**).

Diagramme 1a und b: Temperaturdaten der Stratofisch-Mission vom 21.09.2023;
a) aufgetragen gegen die Flughöhe, b) aufgetragen gegen die Flugdauer [3]
Diagramm 1c: Gemessene Temperaturen der Radiosonde des DWD aus Meppen [7]
aufgetragen gegen Flughöhe

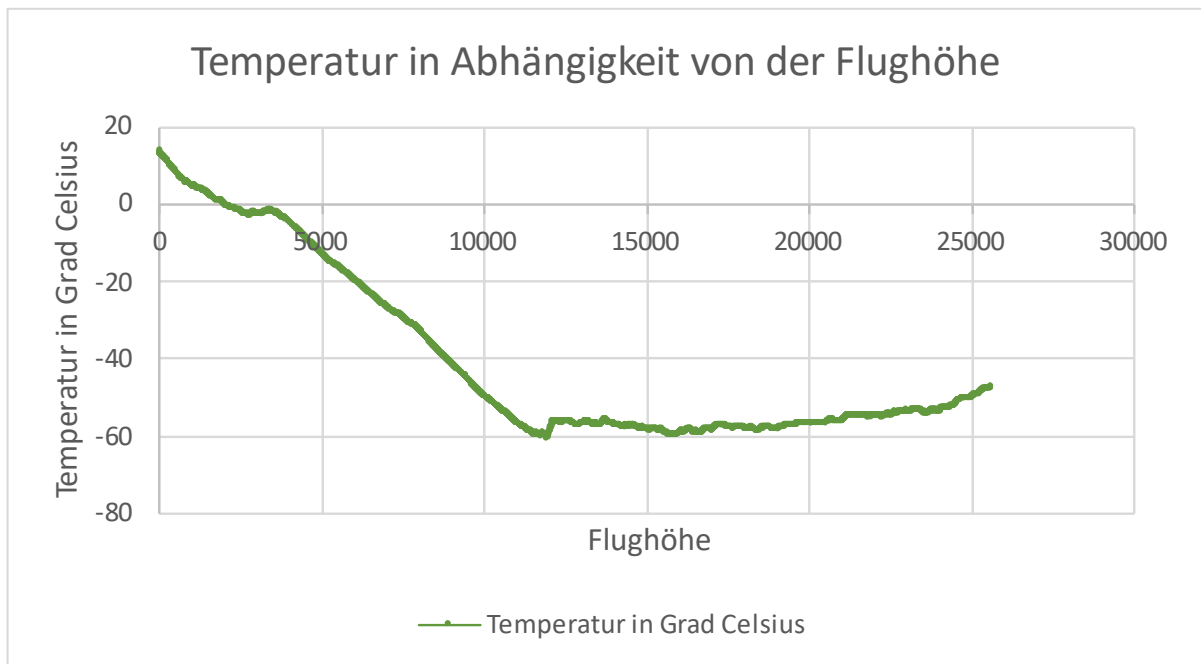
1 a)



1 b)



I c)



In Bezug auf die Strahlenbelastung durch kosmische Strahlung konnten bei der Stratosphärenmission mittels geeigneter Messgeräte ebenfalls Messdaten erhoben werden. So lag der Wert auf Bodenniveau zu Beginn der Mission bei circa $0,2 \mu\text{Sv/h}$ und stieg mit zunehmender Höhe auf circa $7,39 \mu\text{Sv/h}$ an. Die Gesamt-Äquivalentdosis während der Stratosphärenmission betrug dabei $750 \mu\text{Sv}$ [3, bisher unveröffentlicht].

Nachdem wir die Box geborgen hatten, haben wir mithilfe der von unserem betreuenden Lehrer Herrn Horstmann zur Verfügung gestellten Materialien (Zimmergewächshäuser) die Kressesamen eingepflanzt [a]. Die Gewächshäuser bestehen, wie man der folgenden **Abbildung 1 und 2** entnehmen kann, aus einer grünen oder schwarzen Außenschale und einer durchsichtigen Aussaatschale mit 12 Vertiefungen. Abgedeckt sind diese mit einer durchsichtigen Kuppel, die mit Luftlöchern und LED-Wachstums-Lichtern ausgestattet ist. Sie waren jeweils aus Kunststoff gefertigt.

Zur Schaffung einheitlicher Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse aller Samen, wurde ein solcher Versuchsaufbau gewählt. Eine Regulierung der Belichtungszeit konnten wir durch eine Steckdose mit Zeitschaltuhr erreichen, die mit den Belichtungs-LEDs verbunden war (**vgl. Abbildung 1 und 2**).

Abbildung 1: Einzelkomponenten des Versuchsaufbaus



Abbildung 2: Versuchsaufbau beispielhaft bei Versuchsteil 2 (vgl. Ergebnisse)



Zur Verbesserung der Keimungsrate im Zuge bestmöglicher sonstiger Randbedingungen wurde eine sommerliche Beleuchtungsdauer von 16 Stunden sowie eine Dunkelphase von 8 Stunden gewählt. Eine natürliche Beleuchtung war auch aufgrund der winterlichen Verhältnisse während der Versuchsdurchführung suboptimal. Auch ungleichmäßiger Beleuchtung einzelner Proben konnte so entgegengewirkt werden um möglichst gleiche Bedingungen für alle Proben zu schaffen.

Die Feuchtigkeitsregulierung erfolgte durch Verwendung einer anfänglich ausreichenden Menge an Wasser, die eine Durchfeuchtung aller einzelnen Kompartimente bewirkte. Zur Auszählung der Keimungsraten und zur gegebenenfalls nötigen Nachwässerung wurden die Gewächshäuser deshalb während des Versuches auch nur möglichst kurz geöffnet.

Einheitliche Temperaturen wurden durch die durchgehende Unterbringung bei Raumtemperatur (18°C) in einem Raum erreicht.

Zur Vermeidung von Einflüssen pflanzlicher Krankheitserreger oder zersetzender Pilze kam uns die Idee, als Pflanzsubstrat getrocknete und somit sterilere Kokosnusssfaser an Stelle gewöhnlichen Mutterbodens zu verwenden. Außerdem haben wir aus diesem Grund abgekochtes und wieder erkaltetes Wasser zur Bewässerung genutzt.

Es wurden insgesamt fünf unterschiedlich präparierte Kressesamen-Proben untersucht:

1. Kressesamen von der Außenseite der Box ohne UV-Schutz (**Probe 1**)
2. Kressesamen von der Außenseite der Box mit UV-Schutz (**Probe 2**)
3. Kressesamen von der Innenseite der Box (**Probe 3**)
4. Unbehandelte Kressesamen, die als Vergleichsprobe dienen (**Probe 4**)
5. Kressesamen, die für einen Tag (24h) bei -21°C in einem Gefrierschrank gelagert wurden (**Probe 5**)

Im Zuge der Durchführung wurden jeweils fünf Samen in 6 der Schalen eines Gewächshauses gegeben (insgesamt jeweils 30 Samen), sodass sich zwei Probenkategorien ein Mini-Gewächshaus teilten. Die Proben wurden in der Chemievorbereitung unserer Schule gelagert, da dieser Raum zentral gelegen und für uns gut erreichbar war. Zu bestimmten Zeiten in den Pausen sind wir unter Aufsicht dorthin gegangen, um die Kresse zu gießen und ihr Wachstum zu beobachten und zu dokumentieren. An den von der Versuchsdurchführung betroffenen Wochenenden haben wir ebenfalls unter Aufsicht von Herrn Horstmann [a] die Keimungsrate in der Schule überprüft.

Auf Basis der zunächst beobachteten Ergebnisse (vgl. Ergebnisse 3.1) ergab sich bei uns hinsichtlich der auf die Kressesamen einwirkenden Umweltfaktoren die weiterführende Vermutung, dass auch die niedrigen Außentemperaturen in der Stratosphäre einen Einfluss auf die Keimungsrate haben könnten. Aus diesem Grund haben wir in einem zweiten Versuchsteil (vgl. 3.2) eine Portion der Samen für einen Tag (24h), bei der für uns am niedrigsten zu erreichenden Temperatur, die -21°C betrug, gelagert. Dadurch konnte Probe 5 gewonnen werden. Mit der längeren Lagerungsdauer sollte bestmöglich eine Kompensation der in Relation relativ hohen Temperatur erreicht werden, da uns die Mittel fehlten, eine niedrigere Temperatur zu erreichen. Mit dieser Probe wurde dann gleich wie mit den vorherigen Proben verfahren. Der Experimentalzeitraum erstreckte sich insgesamt auf die Zeiträume vom 21.11.22 bis 02.12.22 und vom 05.12.22 bis zum 16.12.22.

3 Ergebnisse

Unsere Beobachtungen hinsichtlich der jeweils zu beobachtenden Keimlingsanzahlen in Abhängigkeit von der Versuchsdauer haben wir in den nachfolgenden Tabellen dokumentiert, beschrieben und zur Verbesserung der Übersichtlichkeit ebenfalls graphisch aufgetragen (vgl. **Tabelle 1 und 2** sowie **Diagramm 2 und 3**) Die beobachteten Ergebnisse sind nach den beiden soeben beschriebenen Versuchsteilen aufgeteilt.

3.1 *Versuchsteil I*

Versuchsdauer in Tagen	Keimlinge (Probe 1)	Keimlinge (Probe 2)	Keimlinge (Probe 3)	Keimlinge (Probe 4)
0	0	0	0	0
1	0	0	0	0
2	0	1	4	5
3	2	4	6	9
4	5	5	9	13
5	6	7	10	14
6	7	7	10	14
7	7	8	11	15
8	7	8	12	15
9	7	8	12	15
10	7	8	13	16
11	7	8	14	16
12	7	9	15	18

Tabelle 1: Keimungsraten Versuchsteil I (Probe 1-4)

In obiger **Tabelle 1** sind die Ergebnisse des ersten Versuchsteils (Probe 1-4) in Abhängigkeit von der Versuchsdauer aufgelistet. Im Folgenden werden die Keimungsraten der unterschiedlichen Proben kurz beschrieben. Auch auf Unterschiede in den unterschiedlichen Ergebnissen soll eingegangen werden:

Wie in der Tabelle ersichtlich, sind die Samen der untersuchten Probe 1 insgesamt am wenigsten gekeimt. So war eine erste Keimung erst nach drei Tagen beobachtbar. Von Tag 3 bis Tag 6 konnte eine Zunahme der Keimlingsanzahl von anfänglich zwei auf letztlich sieben Keimlinge beobachtet werden. Im folgenden Versuchszeitraum konnte keine weitere Keimung beobachtet werden.

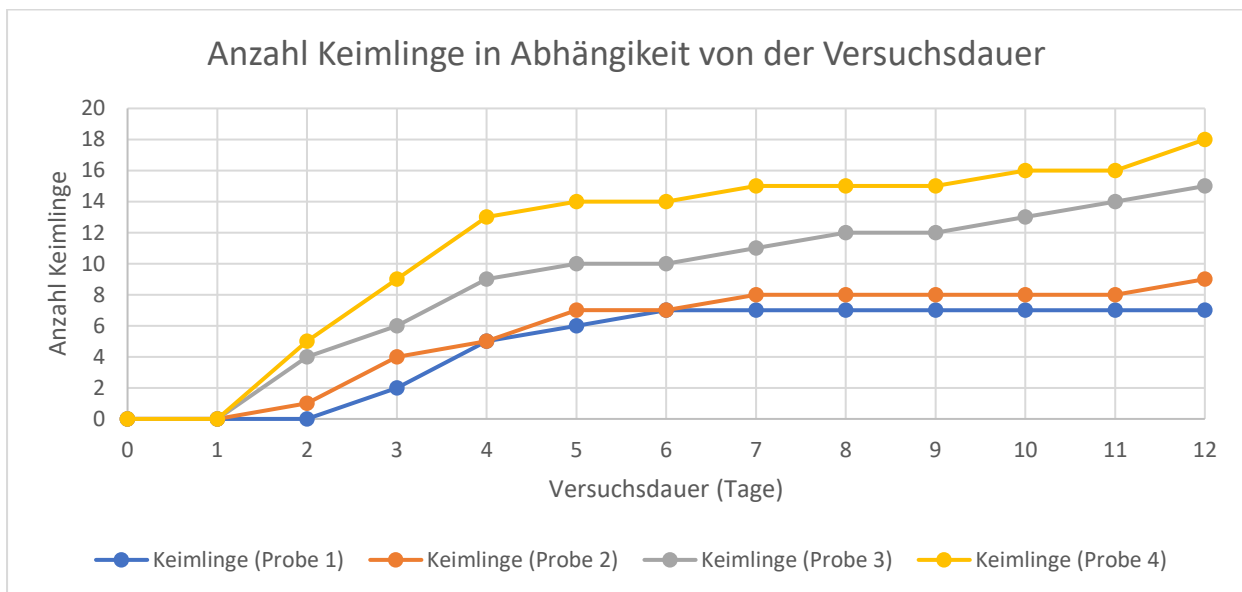
Die Samen der Probe 2 zeigten unter den gegebenen Versuchsbedingungen im Vergleich zur ersten Probe eine leicht verbesserte Keimungsrate. So zeigten sich erste Keimlinge bereits an Tag 2. Eine starke Keimungsrate zeigte sich auch hier in den ersten Versuchstagen, so stieg die Anzahl der Keimlinge von Tag 2 bis 5 auf insgesamt sieben Keimlinge, in den folgenden Tagen stagnierte die Zunahme der Keimlingsanzahl und stieg langsam auf neun Keimlinge am Ende des Versuches (Tag 12) an.

Bei Probe 3 zeigte sich eine im Vergleich zu Probe 1 und 2 eine verbesserte Keimungsrate. So erfolgte auch hier eine Keimung nach zwei Tagen mit einer besonders starken Zunahme der Keimlingszahl in den ersten drei Tagen (Tag 2-4). Die Anzahl der Keimlinge ist im Vergleich zu Probe 1 und 2 jedoch größer. Im Vergleich zeigt sich außerdem eine relativ konstante Zunahme der Keimlingszahl bis zum Ende des Versuches, die bei den anderen Proben nicht beobachtet werden konnte. Mit einer Gesamtzahl von 15 Keimlingen ist die Keimungsrate am Ende des Versuches ist die Keimungsrate insgesamt ebenfalls höher.

Die unbehandelte Vergleichsprobe 4 zeigt von allen anderen zeitgleich untersuchten Proben die beste Keimungsrate. Die Keimung erfolgte außerdem im Vergleich sehr schnell, sodass nach dem Tag der ersten Keimung mit 5 Keimlingen an Tag 2 bereits an Tag 5 eine Keimlingsanzahl von 14 beobachtet werden konnte. In den folgenden Versuchstagen stieg diese Keimlingszahl dann mit einer geringeren Zunahme bis auf 18 Keimlinge am Ende des Versuches an.

Die Veränderungen der Keimlingsanzahl für den ersten Versuchsteil ist in folgendem **Diagramm 2** auch graphisch aufgetragen. Dabei wurden die Keimlingsanzahlen als Werte der y-Achse und die Tage der Versuchsdauer als Werte x-Achse definiert. Die unterschiedlichen Proben wurden in unterschiedlichen Färbungen aufgetragen, die Messpunkte mit geraden Linien verbunden und eine entsprechende Legende für die einzelnen Proben angelegt.

Diagramm 2: Anzahl Keimlinge in Abhängigkeit von der Versuchsdauer (Versuchsteil I)



Bei Betrachtung der graphischen Auftragung werden die soeben anhand der Tabellenwerte beschriebenen Unterschiede in den Keimungsraten und auch -geschwindigkeiten auch noch einmal deutlich. So zeigt sich die stärkste Zunahme und Gesamtzahl an Keimlingen bei Probe 4. Diese ist schon bei Probe 3 vermindert und die geringste Zunahme und Gesamtzahl der Keimlinge ist bei Probe 1 und 2 zu beobachten.

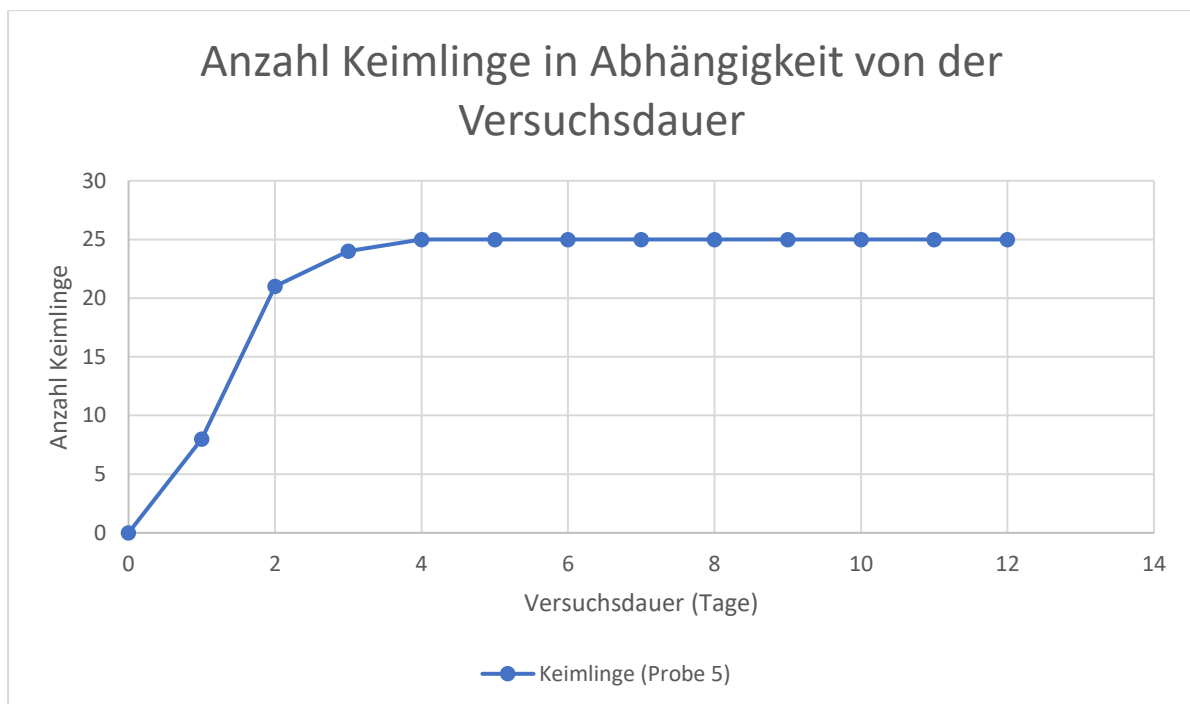
3.2 Versuchsteil II

Im zweiten Versuchsteil wurde die weiterführende Frage betrachtet, inwiefern die niedrigen Außentemperaturen in der Stratosphäre einen Einfluss auf die Keimungsrate hat (vgl. Vorgehensweise, Kapitel 2). Die Ergebnisse finden sich in nachfolgender **Tabelle 2** und **Diagramm 3**.

Versuchsdauer in Tagen	Keimlinge (Probe 5)
0	0
1	8
2	21
3	24
4	25
5	25
6	25
7	25
8	25
9	25
10	25
11	25
12	25

Tabelle 2: Keimungsraten Versuchsteil II (Probe 5)

Diagramm 3: Anzahl Keimlinge in Abhängigkeit von der Versuchsdauer (Versuchsteil II)



Bei Betrachtung der Versuchsergebnisse fällt auf, dass Probe 5 im Vergleich zu allen zuvor betrachteten Proben die beste Keimungsrate aufwies. Bereits einen Tag nach Aussaat konnten acht Keimlinge gezählt werden. Am zweiten Tag nach der Aussaat ist bereits die Mehrzahl der Samen gekeimt. An Tag 4 des Versuches war bereits die Gesamtzahl von 25 Keimlingen gekeimt. Somit zeigte sich hier die mit Abstand beste Keimungsrate und schnellste Keimungsrate aller untersuchten Proben. Auch diese Daten

wurden wieder in gleicher Weise graphisch aufgetragen um eine verbesserte Visualisierung zu ermöglichen (vgl. **Diagramm 3**).

3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Wie man in den Tabellen und Graphiken bereits entnehmen konnte, kann man eindeutige Unterschiede erkennen. Die Kressesamen, die außen an der Styroporbox fixiert waren, haben eine geringere Keimungsrate im Vergleich zu den anderen Samen. Dabei wies die Kresse ohne den UV-Schutz die geringste Keimungsrate auf, wobei die Unterschiede hier nicht sehr groß waren. Demzufolge hatte der Aufenthalt der Kressesamen in der Stratosphäre eindeutige Einflüsse auf deren Keimung. Unser zweiter Versuchsteil hat ebenfalls gezeigt, dass zumindest eine Kälteexposition bei Temperaturen von -21°C anders als vermutet keine negativen Auswirkungen auf die Keimung hat, da diese selbst im Vergleich zur unbehandelten Kresse schneller und auch besser keimte. Dementsprechend konnten wir unsere anfänglich aufgestellte erste Vermutung eines negativen Einflusses der kosmischen Strahlung auf die Keimungsrate bestätigen, die zweite Hypothese eines negativen Einflusses der Temperatur konnten wir unter den untersuchten weniger harschen Bedingungen zumindest in Ansätzen widerlegen.

Die Unterschiede in den Keimungsraten der Proben außerhalb und innerhalb der Box sind auch den folgenden Fotoaufnahmen die während des ersten Versuchsteils aufgenommen wurden, exemplarisch dargestellt (vgl. **Abbildungen 3a und 3b**). Sie sind schon mit bloßem Auge zu erkennen:

Abbildungen 3a und b: a) (links) Proben von außerhalb der Styroporbox; b) (rechts) Proben innerhalb der Styroporbox



*oben: außen ohne UV-Schutz
unten: außen mit UV-Schutz*



*oben: Vergleichsprobe
unten: Probe innerhalb der Styroporbox*

4 Ergebnisdiskussion

Unsere zuvor beschriebenen Ergebnisse legen einen negativen Einfluss von kosmischer Strahlung auf die Keimungsrate von Kressesamen nahe. Bei der Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen zu diesem Thema [4, 5], fanden wir heraus, dass ionisierende Strahlung wie sie auch in der Stratosphäre gefunden werden kann, einen keimungshemmenden Effekt hat.

Dieser Zusammenhang wird heute auch in der Industrie genutzt, um Produkte wie Kartoffeln oder Zwiebeln länger lagerfähig zu machen. Man spricht hier auch von „Lebensmittelbestrahlung“. Auch zur Desinfektion von Lebensmitteln kann dieses Verfahren genutzt werden. Dabei macht man sich die Eigenschaft ionisierender Strahlung zunutze, dass sie neben Mikroorganismen und Viren auch die empfindlichen Keimzellen von Samen oder eben auch Gemüsesorten schädigt. Dadurch kann die ungewollte Keimung verhindert bzw. eingeschränkt werden und Lebensmittel bleiben länger frisch. Andere Verfahren zur Konservierung wie Kühlung können die Eigenschaften dieser Lebensmittel verändern, außerdem sind sie viel teurer als die Bestrahlung. Deshalb nutzt man sehr häufig dieses Verfahren. Einen negativen Einfluss auf den Menschen durch den Verzehr solcher Lebensmittel konnte bisher nicht beobachtet werden [4, 5].

Mit unserem Versuch konnten wir zeigen, dass man bei Samen, die im Zuge einer möglicherweise zukünftig stattfindenden Weltraummission zur Erkundung fremder Planeten und dem Transport von Samen dorthin für den Aufbau von Raumstationen, unbedingt auf einen Strahlenschutz achten muss. Am Beispiel der Kressesamen konnten wir sehen, dass die Keimungsrate durch diese Strahlung erheblich verschlechtert werden kann, was schlecht für eine solche Mission wäre.

Bezüglich der Ergebnisse des zweiten Versuchsteils muss man beachten, dass die von uns erreichte Temperatur vor der Keimungsphase in unserem Experiment mit -21°C wesentlich höher war, als die während der Mission aufgetretenen Temperaturen. Dementsprechend muss man unsere Ergebnisse bezüglich unserer Vermutung hier kritisch sehen. Herr Horstmann [a] hat als Chemielehrer angemerkt, dass man bei einer zukünftigen Wiederholung dieses Experiments bei Durchführung durch die Lehrkraft eine Mischung von Trockeneis und Ethanol zum Herunterkühlen der Samen nutzen könnte. Die hier erreichte Temperatur wäre mit einem Sublimationspunkt von Trockeneis von etwa -78°C jedoch noch niedriger als die während der Mission in der Stratosphäre gemessene Temperatur.

In unserem Versuch konnten wir im Gegenteil feststellen, dass die Keimungsrate bei der zuvor im Gefrierschrank bei -21°C gelegenen Probe sogar deutlich besser war, als die der unbehandelten Vergleichsprobe. Durch die nacheinander durchgeführten Experimente könnten sich jedoch auch die sonstigen Bedingungen etwas geändert haben, wobei wir versucht haben, auf gleiche Bedingungen zu achten. Diese Unterschiede ließen sich vielleicht dadurch erklären, dass auch bestimmte andere, als „Kaltkeimer“ bezeichnete Pflanzen, zu denen die Kresse eigentlich nicht gehört, erst nach einer Frostperiode besonders gut keimen. Eventuell gibt es auch hier den Zusammenhang, dass eine kurze Kältephase die Keimungsrate von Kresse erhöhen kann [6]. Die Unterschiede könnten jedoch auch in einer vermehrten Belichtung der Kressesamen im zweiten Versuchsteil durch im ersten Versuchsteil versehentlich zu stark aufliegendes Substrat begründet sein, da Kressesamen zu den „Lichtkeimern“ zählen [8]. Sie brauchen somit eine Belichtung um möglichst gut auszukeimen. Die Untersuchung der Auswirkungen unterschiedlicher Kälteexposition auf die Keimungsrate von Samen könnte deshalb später auch untersucht werden.

Wir konnten des Weiteren einen leichten Unterschied in der Keimungsrate der mit einer UV-Schutzschicht ummantelten Samen und der Samen ohne eine solche Schutzschicht beobachten. In einer Folge-

untersuchung könnte man mithilfe einer UV-Lampe auch den Einfluss dieses Faktors auf die Keimungsrate im Vergleich zu einer unbehandelten Probe näher untersuchen, da der beobachtete Unterschied noch nicht signifikant erscheint.

Im Zuge einer weiteren „Strato-Fisch“- Mission könnten auch die Auswirkungen unterschiedlicher Um-mantelungen als Schutzschicht gegen die auftretenden Umweltbedingungen in Bezug auf die Keimungsrate untersucht werden.

Eine weitere Forschung müsste auch nicht auf die Auswirkungen kosmischer Strahlung begrenzt werden, man könnte auch versuchen herauszufinden, ob, und wenn ja wie, Infrarotstrahlen und Mikrowellen zusätzlich zur UV-Strahlung einen Einfluss auf die Keimung von Pflanzen haben.

5 Zusammenfassung

In diesem Projekt wollten wir im Zusammenhang einer geplanten Stratosphären Mission herausfinden, welchen Einfluss kosmische Strahlung auf die Keimung von Kressesamen hat. Dafür haben wir Kressesamen-Proben in verschiedenen Bereichen unserer Sonde in die Stratosphäre geschickt, um unterschiedliche Expositionen bezüglich der kosmischen Strahlung zu erreichen. Nach der Bergung der Proben im Anschluss der Mission haben wir die Keimungsraten der unterschiedlichen Samenproben dann untereinander und mit einer am Boden zurückgebliebenen Vergleichsprobe unter kontrollierten Bedingungen verglichen. Wir sind zu dem Entschluss gekommen, dass die kosmische Strahlung einen eindeutigen negativen Einfluss auf die Keimung der Kresse hat, weil die Proben, die der kosmischen Strahlung praktisch schutzlos ausgesetzt waren, in geringerem Umfang und langsamer keimten. Je mehr Isolierschichten gegen diese Einflüsse hinzukamen, desto besser war am Ende die Keimung. In einem zweiten Schritt ergab sich uns die Vermutung, ob nicht auch die in den Messdaten ersichtliche [3] extreme Kältebelastung einen Einfluss auf die Keimungsrate haben könnte. Diese Vermutung konnte zumindest in Teilen widerlegt werden, auch wenn aufgrund unserer technischen Möglichkeiten nicht dieselben Temperaturbedingungen wie während der Mission untersucht wurden. Im Gegenteil zeigte sich sogar eine verbesserte Keimungsrate. Diese Beobachtung könnte mit der auch bei anderen Pflanzen, sogenannten „Kaltkeimern“, beobachteten verbesserten Keimung bei vorherigen niedrigen Temperaturen zusammenhängen.

6 Quellen- und Literaturverzeichnis

[1] Thomas Eberhardt (Betreuer) et al.: Homepage der Stratofische, abrufbar unter: <https://strato-fische.jimdofree.com/>;
letzter Zugriff: 09.01.2023.

[2] Diverse Autoren: „Jugend forscht“-Projekte im Rahmen der Auswertung der „Strato-Fisch“-Mission der Cäcilien- und Wilhelmshaven, abrufbar unter: <https://strato-fische.jimdofree.com/auswertungen/>;
letzter Zugriff: 03.01.2023.

[3] Thomas Eberhardt (Betreuer), et al.: Auswertungen der Messdaten der „Strato-Fisch“-Mission vom 21.12.23 und bisher unveröffentlichte Messdaten; aktueller Gegenstand weiterer „Jugend forscht“-Projekte abrufbar unter: <https://strato-fische.jimdofree.com/auswertungen/3-mission-doppelstart/>,
letzter Zugriff: 05.01.2023.

[4] Marcus Karel, Daryl B. Lund: „*Physical Principles of Food Preservation*“; 2. überarbeitete Auflage; New York, 2003, S. 479
Abrufbar unter: https://ceti-quimica2.files.wordpress.com/2014/03/pr1nc1pl35_f00d_pr353rv4t10n.pdf;
letzter Zugriff: 05.01.2023.

[5] Dieter Ehlermann, Henry Delincée: „*Die Strahlenkonservierung von Lebensmitteln*“ 8. Auflage; Karlsruhe, 1998, S. 2 f.
abrufbar unter:
<https://publikationen.bibliothek.kit.edu/128199>;
letzter Zugriff: 06.01.2023.

[6] MDR-Garten, Brigitte Goss: „*Kaltkeimer aussäen: Diese Pflanzen keimen nur bei Kälte*“, aufrufbar unter: <https://www.mdr.de/mdr-garten/pflegen/aussaat/kaltkeimer-saen-winterkeimer-frostkeimer-brigitte-goss-100.html>;
letzter Zugriff: 07.01.2023.

[7] Deutscher Wetter Dienst: „*Climate Data Center*“; Offenbach, 2022
aufrufbar unter: https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/radiosondes/high_resolution/historical/2022/
letzter Zugriff: 05.01.2023

[8] beetfreunde UG, Klaus Ackermann (Geschäftsführer und inhaltlich Verantwortlicher): „*Kresse aussäen, pflegen und ernten*“, abrufbar unter: <https://www.beetfreunde.de/kresse/>;
letzter Zugriff: 07.01.2023

7 Unterstützungsleistungen

- a) Maik Horstmann, Lehrer der Fächer Biologie und Chemie, Cäcilien- schule, Wilhelmshaven, hat uns bei unserer Arbeit unterstützt und betreut. Er hat uns die Geräte und Materialien zur Verfügung gestellt und unsere schriftliche Arbeit korrekturgelesen.
- b) Thomas Eberhardt, Lehrer der Fächer Mathematik, Physik und Informatik, Cäcilien- schule, Wilhelmshaven, war unser Betreuer während der Stratosphären- Mission.
- c) Dr. Wolfgang Wenzel, Projektbetreuer des Projekts „SchülerWissen“ der IHJO, Oldenburg, hat uns während der Stratosphären Mission beraten und uns durch Hochschulmittel zur Vorbereitung dieser Mission finanziell unterstützt.