

Jugend Forscht
Geo- und Raumwissenschaften

Untersuchung von Umweltdaten in der Stratosphäre

(Projekt-Nummer: 106978)

Gemessen mit arduinogesteuerten Sensoren

Von Christoph Schröder (19) und Ole Freudling (16)

Betreut durch Thomas Eberhardt

Durchgeführt an der Cäcilienchule Wilhelmshaven

Zur Teilnahme am:

Regionalwettbewerb Emden, Niedersachsen

In

Emden

2024

Inhalt

1. Einleitung	3
1.1 Vorgeschichte	3
1.2 Motivation & Ziele	3
1.3 Der Starttag	3
2. Aufbau	4
2.1 Struktur	4
2.2 Technik	4
3. Auswertung	5
3.1 Temperatur	5
3.2 Radioaktivität	6
3.2.1 Was messen wir eigentlich?	6
3.2.2 Gründe der Messung	6
3.2.1 Abschirmung	7
3.3 Magnetflussdichte	7
3.3.1 Aufbereitung	7
3.3.2 Die Werte	8
3.3.3 Korrelationen	9
4. Fazit & Ausblick	9
Quellenverzeichnis	10
Unterstützungsleistungen	10

1. Einleitung

1.1 Vorgeschichte

Bereits 2017 startete eine Gruppe unserer Schule den ersten „Stratofisch-“ Wetterballon, damals noch als Teilnehmer des Wettbewerbs „StratoSat“. Daraus entwickelte sich an unserer Schule die Tradition, als Jugend Forscht Projekt einen Wetterballon steigen zu lassen. Letztes Jahr nutzten wir solch einen Ballonstart der „zweiten Generation“ Stratofische, um uns einen groben Überblick über die Datenlage zu verschaffen, davon leiteten wir uns dann Forschungsfragen und Ziele für dieses Jahr ab.

1.2 Motivation & Ziele

Wir wollten dieses Projekt umsetzen, um im letzten Jahr aufgekommene Fragen zu beantworten. Diese lauten:

- Gibt es eine Korrelation zwischen dem Regener-Pfotzer-Maximum und dem Erdmagnetfeld?
- Wie verhält sich die neu gewählte Materialkombination zur Abschirmung gegen die Höhenstrahlung? Besonders im Vergleich zu letztem Jahr.
- Wie groß ist der Einfluss der Sonneneinstrahlung auf außenliegende Temperatursensoren?
 - Daraus folgend: Wie groß war dieser Einfluss letztes Jahr?

Weiter motivierte uns auch das Projekt an sich fortsetzen zu wollen, wie auch „Nachwuchs“ anzuwerben, damit das Projekt auch in den nächsten Jahren fortgeführt wird. Ebenfalls war die begeisternde Atmosphäre des letzten Landeswettbewerb ein Grund für uns.

1.3 Der Starttag

Lange mussten wir auf eine passende Möglichkeit warten. Nachdem zuerst die Nutzlast später als letztes Jahr fertig wurde, aufgrund einer geschrumpften Teamgröße, kamen dadurch immer schlechtere Wetterbedingungen einher. Somit war es aufgrund hoher Windgeschwindigkeiten und/oder zu hoher Bedeckung lange Zeit nicht möglich den Ballon zu starten.

Am Dienstag, den **09.01.2024**, war es dann doch endlich möglich. In eisiger Kälte wurden Technik und Ballon vorbereitet. Bei der Befüllung des Ballons kam es leider zu einem Fehler, der ein kleines Loch kurz über dem Ventil nach sich zog. Dies wurde ausgebessert, indem wir dem Ballon etwas Volumen nahmen und den Ballon über dem Ventil schlossen. Wir überschätzten uns leider bei der Menge des bereits entwichenen Heliums und füllten weniger nach als für die geplanten 4,5-5m/s benötigt. Um 10:45h Ortszeit ließen wir unseren Wetterballon endlich steigen. Durch das niedrigere Heliumvolumen stieg der Ballon langsamer als geplant wodurch er in anderen Strömungen als prognostiziert fuhr. Dies führte dazu, dass unsere Nutzlast sich auf den Weg in die Niederlande machte. Er landete dann auf einem Feld östlich von Drachten bei einer netten Familie. Dort holten wir die Box ab, nachdem diese unser Schulsekretariat informierten.

Wie wir am Folgetag enttäuschenderweise feststellen mussten, haben die Geiger-Müller-Zählrohre keine Werte messen können. Vermutlich lösten sich deren Kabel bei dem etwas holprigen Start.

2. Aufbau

2.1 Struktur

5 Unsere Box besteht aus einer einfachen Styroporbox als Hauptkörper. An dieser sind an zwei Seiten Styropor-„Flügel“ angebracht, um ein gleichmäßigeres Verhalten beim Aufstieg zu erzielen. Oben ist ein Karbonfaser-Leitwerk angebracht, um den Fall, bis der Fallschirm sich komplett entfaltet und seine Bremswirkung erbringt, zu stabilisieren.

In der Box befinden sich mehrere Arduinos und Sensoren, Powerbanks, GPS-Tracker und Kameras.

10 Um diese sicher zu verstauen, nutzen wir ein Ebenenprinzip, das gemäß dem Leichtbau aus Balsaholz besteht. Die Kameras sind jeweils in den Wänden bzw. im Boden verbaut.

2.2 Technik

In unserer Box sind wie bereits erwähnt einige Sensoren verbaut, die über Arduinos gesteuert werden. Diese sind:

15 *Tabelle 1: Sensoren*

Sensor	Größe	Einheit	Fehler	
Tmp127-Q1 (4x)	Temperatur	°C	±0,8°C	Neu
DHT22	Rel. Luftfeuchtigkeit	%	±2-5%	
BMP280	Druck	hPa	±1hPa	
MAG3110	Magnetfeldstärke	µT	±0,1µT	Neu
J305ß (2x)	Radioaktive Zerfälle	c/t		

Von den vier Temperatursensoren sind zwei nahe beieinander an der Außenseite befestigt, ebenso wie der BMP280 und der DHT22.

20 Eine weitere wichtige Änderung befasst sich mit dem Speichersystem. Letztes Jahr nutzten wir zwei Arduinos für unsere Sensoren, jeweils mit einer SD-Karte. Dieses Jahr hingegen drei, da wir GPIO-Pins brauchten, die Geiger-Müller-Röhre jedoch alle GPIO-Pins eines Arduinos blockieren. Die Daten aller drei Arduinos werden aber dieses Mal auf einer Micro-SD Karte gespeichert, um die Auswertung leichter und die richtige Zuordnung präziser zu machen. Dafür verwenden wir das I²C-Protokoll. Über dieses werden die Daten von den „Slaves“ zum „Master“ gesendet, welcher diese Daten dann zusammen mit seinen eigenen auf einer gemeinsamen Micro-SD Karte speichert. Das Intervall, in dem der Arduino speichert, haben wir von 5s auf 2s angepasst. Dadurch haben wir dasselbe Intervall, in dem der STRATO-Logger 4 der Firma „Stratoflights“ speichert. Dies erleichtert ebenfalls das Auswerten, da dieser auch die GPS-Daten speichert, da das Intervall nun gleich ist, können die Werte eins zu eins nebeneinandergelegt werden.

Versorgt wird die Technik von drei Lithium 9V-Blöcke (á 1200mAh) und drei Powerbanks (zwei mit je 2400mAh, eine mit 4000mAh).

3. Auswertung

3.1 Temperatur

5 Im letzten Jahr stellten wir fest, dass die Kurve des außen angebrachten Sensors weitaus steiler wieder anstieg als Vergleichskurven aus DWD-Daten¹. Der Anstieg unserer Kurve wies periodische Schwankungen auf, die mit der Rotation der Box übereinzustimmen scheinen. Deshalb vermuteten wir, dass sich dies auf Sonneneinstrahlung, die den Sensor fälschlich erwärmte zurückführen ließe. Um dies zu belegen, installierten wir diesmal zwei baugleiche Sensoren, von denen einer durch ein Aluminiumblech abgedeckt ist (Abb.1). Wir erwarten bei dem nicht abgedeckten Sensor höhere Werte als beim abgedeckten Sensor. Wäre dies der Fall, könnten wir die Hypothese aus der letztjährigen Arbeit bestätigen, dass die Daten aufgrund der Sonneneinstrahlung verfälscht wurden.

15 Wie in Abbildung 2 ersichtlich, ist genau dieser Fall eingetreten. Der abgedeckte Sensor (T2) zeigt dauerhaft höhere Werte als der Sensor T1. Somit können wir eine sehr eindeutige Abhängigkeit nachweisen. Diese können wir auch mit weiteren Werten eines Lichtsensors untermauern. Denn diese zeigen auf Höhe des lokalen Maximums bei 10km (s. Abbildung 2) ein lokales Minimum. Was zunächst widersprüchlich wirken könnte, zeigt jedoch, dass die Werte vorher dauerhaft höher sind. Dies heißt, dass die Lichteinstrahlung den Sensor über die Zeit aufwärmte. Diagramme der Lichtintensität würden hier jedoch zu viel Platz einnehmen.

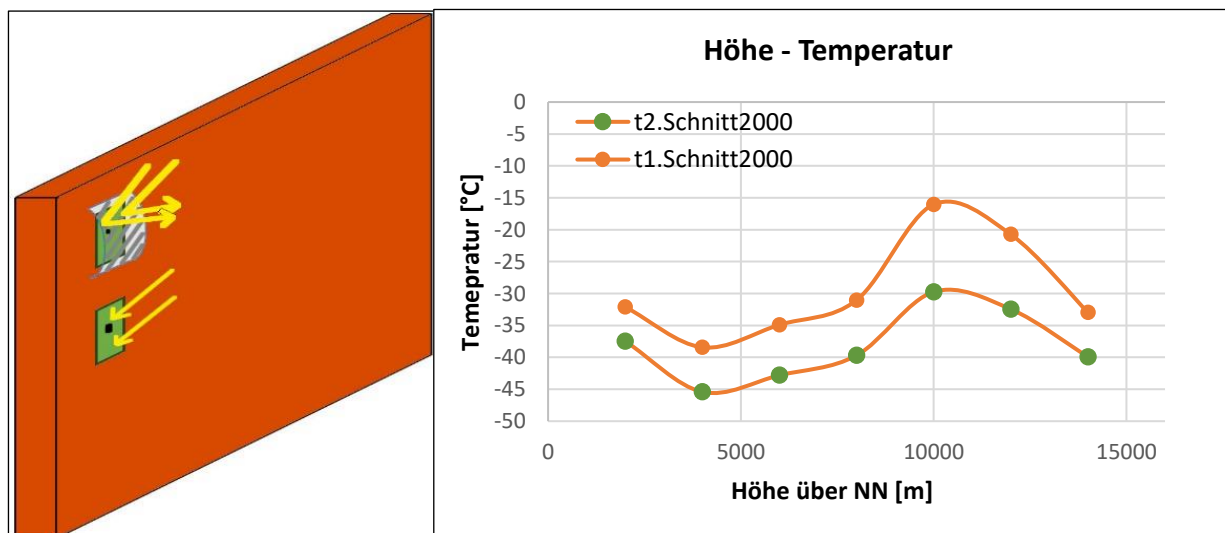


Abbildung 1

Abbildung 2

¹[Q2] SCHRÖDER, Christoph, *Untersuchung von Umweltdaten in der Stratosphäre*, Kapitel.3 „Temperaturmessung“

3.2 Radioaktivität

3.2.1 Was messen wir eigentlich?

Es gibt drei grundsätzlich drei Arten von radioaktiver Strahlung: α -, β - und γ -Strahlung. Diese drei Strahlungen unterscheiden sich wie folgt:

- 5 • **α -Strahlung** bezeichnet freigesetzte Heliumkerne. Diese ist sehr energiereich und dadurch sehr gefährlich, kommt jedoch nicht weiter als durch 10cm Luft oder ein Blatt Papier.
- **β -Strahlung** besteht aus freien Elektronen, welche weniger energiereich sind als Heliumkerne, aber kann auch schon mithilfe weniger mm von bspw. Aluminium oder Plexiglas abgeschirmt werden.
- 10 • **γ -Strahlung** bezeichnet durch Zerfall freigesetzte Photonen, wobei hier auch der Welle-Teilchen-Dualismus gilt. Diese Strahlung ist weit weniger energiereich, jedoch sehr schwer abzuschirmen. Es werden schwere Materialien wie Blei oder Beton benötigt.

Da unsere Geiger-Müller-Zähler aus Glas bestehen, wird die α -Strahlung bereits dadurch abgeschirmt. Die Styroporbox ist hier tatsächlich für β -Strahlung vernachlässigbar, da Styropor nur in sehr dünne
15 Polymerschichten eingeschlossene Luft ist.

Die Strahlung, die wir in der Stratosphäre messen ist meist noch energiereicher als in Erdnähe. Das liegt daran, dass sowohl das Magnetfeld der Erde als auch verschiedene Atmosphärenschichten dafür sorgen, dass diese hochenergetische Strahlung nicht die Erde erreicht. Unterteilt wird die kosmische Strahlung in primäre Strahlung, welche aus Protonen, Heliumkernen und Gammastrahlung besteht,
20 und sekundäre Strahlung. Sekundäre Strahlung entsteht durch Kollisionen von Protonen mit atmosphärischen Bestandteilen und besteht somit aus gespaltenen Atomen und von Atomen getrennten Elektronen.²

3.2.2 Gründe der Messung

Letztes Jahr waren zwei baugleiche Geiger-Müller-Zählrohre (folgend GM-Tubes genannt) in unserer
25 Box installiert. Davon war eines mit 3mm Plexiglas abgeschirmt. Aus den Daten ergab sich ein logarithmus-ähnlicher Abfall der relativen Abschirmung. Dieses Phänomen wollen wir dieses Jahr genauer untersuchen. Deshalb
installierten wir dieselben GM-Tubes und wieder wurde eines abgeschirmt.
30 Dieses Jahr entschieden wir uns, das Verhalten bei einer Materialkombination zu betrachten. Dafür führten wir im Vorhinein einen

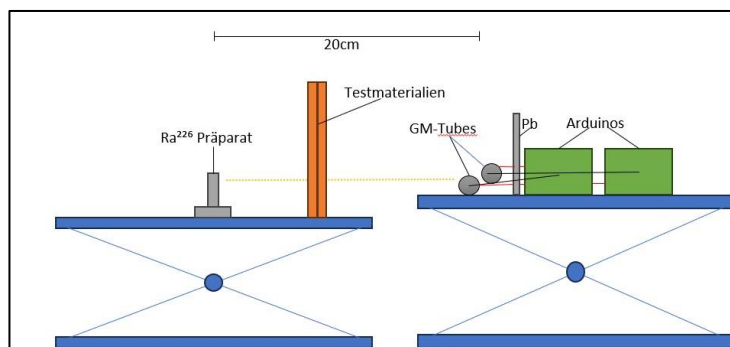


Abbildung 3: Versuchsaufbau

²[Q1] MÖLLER, Johannes und Simon ORTGIES und Kristof REMMERS, Eine Forschungsmission in der Stratosphäre, S.13 Kapitel „8.2 Kosmische Strahlung“.

Versuch durch, der die relative Abschirmung verschiedener Materialkombinationen ermitteln sollte. Um dies zu erreichen, nutzten wir einen Aufbau wie in Abbildung 2 zu sehen. Daraus ergaben sich 6 Werte in Tabelle 2.

Tabelle 2: Auszug aus den Messwerten

Stoffkombination	Aluminium/ Balsaholz	Messing/ Polystyrol	Messing/ Plexiglas	Plexiglas/ Aluminium	Plexi/ Balsaholz	Messing/ Balsaholz
Masse ³	17,2g	75,1g	100,2g	77,4g	58,1g	71,6g
rel. Abschirmung ⁴	62%	93%	94%	90%	89%	88%

- 5 Wir entschieden uns für die Kombination aus 3mm Plexiglas und 2/3mm Balsaholz, aufgrund eines unserer Meinung nach guten Verhältnis zwischen Masse und Abschirmung und weiter halten wir es für besser vergleichbar zu letztem Jahr, da sich die Plexiglas-komponente nicht ändert.

Nachträglich betrachtet wäre es jedoch sinnvoller gewesen, die Materialien andersrum anzuordnen. Umso den größeren Teil bereits abgefangen zu haben, bevor er auf das Plexiglas trifft.

- 10 Wir erwarten, dass die Kurve langsamer fällt und die Gesamtdifferenz zwischen Abschirmung_{NN} und Abschirmung_{min} kleiner ausfällt. Weiter erhoffen wir uns, einen korrelativen Zusammenhang zwischen der Abschirmung und der Magnetfeldstärke sehen zu können.

3.2.1 Abschirmung

- 15 Wie eingangs beschrieben haben wir keine Werte aus diesem Experiment erhalten. Somit bleibt die Hypothese, dass die neue Abschirmung besser schützt, genau das: eine Hypothese. Diese werden wir beim nächsten Mal versuchen zu untersuchen.

3.3 Magnetflussdichte

Neben den neuen Temperatursensoren bauten wir auch einen neuen Magnetflusssensor ein. Dieser misst drei zueinander orthogonale Komponenten des anliegenden Magnetfeldes.

- 20 Wir erhofften uns, sowohl eine Korrelation zum Regener-Pfotzer-Maximum als auch zu der mit der Höhe abnehmenden Abschirmung festzustellen.

3.3.1 Aufbereitung

- 25 Zunächst berechneten wir aus x-,y- und z-komponente den Betrag der Flussdichte. Die Komponenten können als Koordinaten eines Vektors erachtet werden. Demnach entspricht der Betrag folgender Gleichung:

$$B = |\mathbf{b}| = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

B = Magnetische Flussdichte [μT]

\mathbf{b} = Vektor der Flussdichte

³ Die Masse der Box wurde berechnet, in dem wir die Maße einer Box um ein GM-Tube mit Dichte_{Material} und Dicke multiplizierten

⁴ Die rel. Abschirmung errechnet sich aus Durchschnittswerten über 30s

Da die Rohmessdaten die der Sensor aufzeichnete zu sehr streuen, entschieden wir uns, Durchschnittswerte zu nutzen. Um ein breiteres Spektrum betrachtbarer Trends zu erhalten, ließen wir in verschiedenen Schrittkombinationen alle n Meter den Schnitt der letzten m Werte errechnen. Zur Erläuterung zwei Beispiele:

- 5
- Für die Schrittkombination 2000/2000 wird alle 2000m der Schnitt der letzten 2000m an Werten errechnet. Also erhalten wir bei 2000m den Schnitt für 0 bis 2000m und als nächstes den Schnitt von 2000-4000m.
 - Für die Schrittkombination 500/1000 wird alle 500m der Schnitt der letzten 1000m an Werten berechnet. Also bei 1500m der Schnitt von 500-1500m und als nächstes der Schnitt von 1000-2000m bei 2000m.
- 10

Dies machten wir sowohl für den Betrag der gemessenen Flussdichte wie auch für die Änderung dieser. Um diese zu berechnen, zogen wir vom Betrag den Durchschnitt aller vor dem Start gemessenen Werte ab. Aus der Änderung berechneten wir weiter auch die Änderungsrate in Form der Differenz zwischen zwei Durchschnittswerten. Dafür betrachten wir hier jedoch nur die Differenz zwei aufeinanderfolgender Mittelwerte. Dies ist natürlich nur eine recht grobe Betrachtung, die für unsere Zwecke jedoch ausreicht.

15

3.3.2 Die Werte

Man kann in beiden folgenden Diagrammen (4a,b) erkennen, dass die Flussdichte mit zunehmender Höhe einem steigenden Trend folgt. Dies widerspricht jedoch den Erwartungen. Man würde einen abnehmenden Trend in den Daten erwarten, da man sich von der Quelle des Erdmagnetfeldes entfernt.

20

Dies führt uns zu der Annahme, dass andere äußere Einflüsse dafür gesorgt haben. Ein möglicher solcher Einfluss, könnten Sonneneruptionen/-stürme darstellen. Diese Kausalität nachzuweisen ist für uns aufgrund mangelnder Möglichkeiten leider nicht umsetzbar.

25

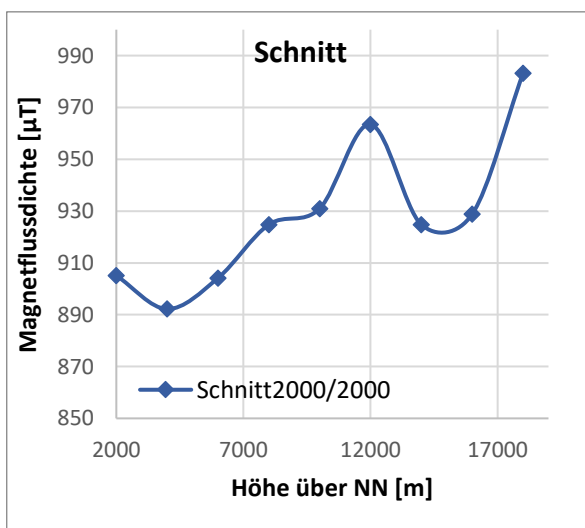


Abbildung 4a

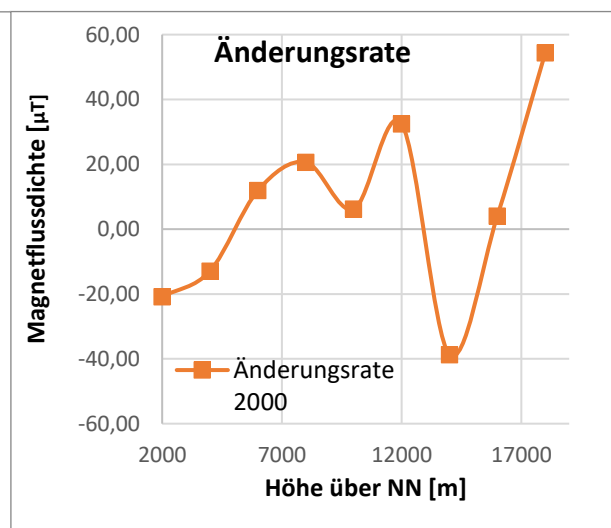


Abbildung 4b

3.3.3 Korrelationen

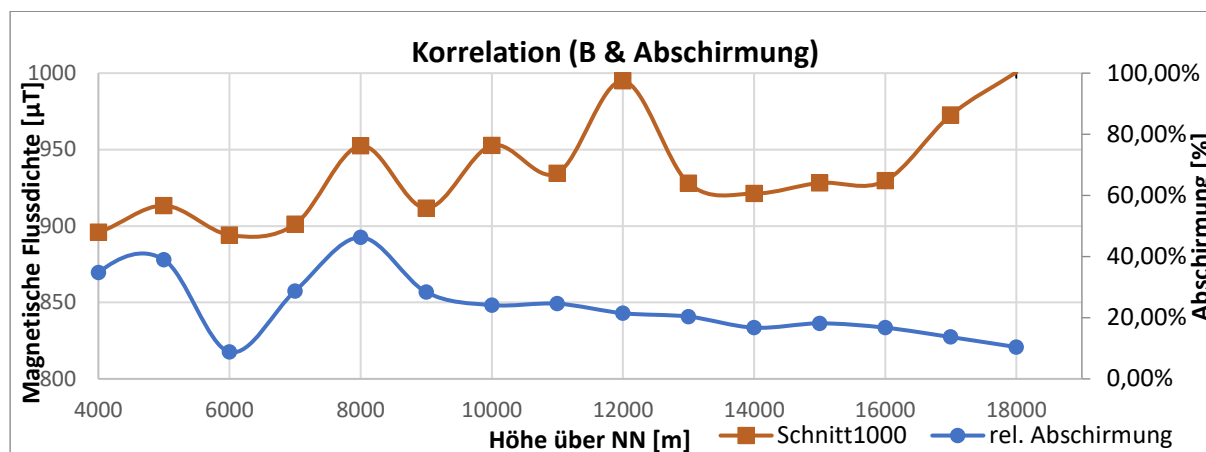


Abbildung 5

Ziel war es, festzustellen, ob es eine Korrelation zwischen der magnetischen Flussdichte und der Abschirmung der ionisierenden Strahlung gibt. Da wir dieses Jahr keine aufzeichnen konnten, vergleichen wir die Messwerte mit welchem aus dem letzten Jahr. Wie wir sie auch dann schon beschrieben haben.⁵

Anhand obiger Abbildung 4 könnte man durchaus auf eine Korrelation schließen. Zumindest kann man einen, besonders ab 14km, ungefähr gleichen Abwärtstrend der Abschirmung wie Aufwärtstrend der Flussdichte erkennen. Dies gilt es in weiteren Experimenten genauer zu untersuchen. Beispielsweise durch die Erweiterung des Aufbaus in Abb.2 durch Spulen.

4. Fazit & Ausblick

Wir konnten in unserer Arbeit zeigen, dass es (logischerweise) einen Zusammenhang zwischen der Abweichung unserer Werte im letzten Jahr und der Sonneneinstrahlung gibt. Eine Korrelation zwischen relativer Abschirmung und magnetischer Flussdichte muss noch bestätigt oder widerlegt werden. Die Untersuchung des Verhaltens der neuen Materialkombination muss leider auf den nächsten Start verschoben werden.

Weiter müssen unsere Ergebnisse aber noch mit Vorsicht genossen werden, da es aufgrund mangelnder Zeit noch nicht gänzlich möglich war unsere Messungen mit Literaturdaten zu vergleichen und zu hinterfragen. Wir versuchen, dies bis zum Wettbewerb im Februar ordentlich auszuarbeiten.

⁵ [Q2] SCHRÖDER, Christoph, Untersuchung von Umweltdaten in der Stratosphäre, Kapitel 5.3

Quellenverzeichnis

- [Q1] MÖLLER, Johannes und Simon ORTGIES und Kristof REMMERS, *Eine Forschungsmission in der Stratosphäre*, Wilhelmshaven 2018. Verfügbar unter:
<https://strato-fische.jimdofree.com/auswertungen/1-mission-stratofische/>
- [Q2] SCHRÖDER, Christoph, Untersuchung von Umweltdaten in der Stratosphäre, Wilhelmshaven 2023. Verfügbar unter:
<https://strato-fische.jimdofree.com/auswertungen/3-mission-doppelstart/>

Unterstützungsleistungen

- [U1] Carbon-Leitwerk:
Tobias Schmid von der Jade Hochschule Wilhelmshaven half uns, unser Carbon-Leitwerk zu bauen
- [U2] Monetäre Mittel:
Finanziert wurden wir großteilig von unserer Schule, weiter aus Einnahmen aus Merchverkäufen und aus Spenden. Letztere sind einsehbar unter:
<https://strato-fische.jimdofree.com/sponsoren/>