

Seminararbeit

Thema:

Zusätzlich Kurztitel (Nur falls das Thema mehr als 3 Zeilen zu je 44 Zeichen lang ist):

Verfasser/in:

Leitfach:

Seminarkürzel:

Lehrkraft:

Abgabe der schriftlichen Arbeit am:

[Datumsstempel Sekretariat]

Präsentation mit Prüfungsgespräch am:

____.____. 20 ____

Bewertung	Note	in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
Summe					
Gesamtleistung nach § 29 (7) GSO = Summe : 2 (gerundet)					

Unterschrift der Lehrkraft

Schwerelosigkeit im freien Fall

Leitfach: Physik

Kurzfassung

The aim of our project is to create weightlessness in free fall. This project idea is based on the assumption that zero gravity occurs for a certain period of time in a falling hollow body in the absence of air resistance. According to our calculations, it is possible to create this weightlessness in a free fall. In order to achieve this, we are using a flying body in the shape of a bomb, which we're going to let rise to a height of 30.000 m – 35.000 m with the help of a stratospheric balloon. At this altitude, we will separate the body from the balloon with a servo motor, so that the object is then in a free fall. According to our calculations, weightlessness will prevail inside the body for about 10 s during the free fall, as the acceleration in the capsule in relation to the gravitational acceleration is less than 1% during this period. The time of zero gravity is limited because it can only occur when air resistance is very low. This only is possible in the higher layers of the atmosphere. The closer the body gets to the earth, the higher the air density and thus the air resistance becomes.

As the object gets closer to the earth, a parachute, which has already been outside the capsule for the entire flight, will slowly grip due to the ever increasing air resistance. This will slow the body down and it will glide to the ground.

We will try to predict the landing location as accurately as possible with the help of our calculations and GPS tracking of the capsule, so that we can collect the body again. The collected data is then analysed to prove our hypothesis.

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	4
2. Projektplanung	4
3. Flugkörperbau	5
3.1 Konstruktion.....	5
3.2 Fertigung	9
4. Flugvorbereitungen	10
5. Vermutete Ergebnisse	12
6. Teilnahme an Jugend forscht 2022	15
7. Flugversuch am 16.10.2022	16
8. Flugversuche am 23.10.22 und 30.10.22	17
9. Ausblick auf den weiteren Verlauf	18
10. Danksagung.....	19
11. Quellenverzeichnis	20
11.1 Internetquellen	20
11.2 Literaturquellen	20
11.3 Abbildungen.....	21

1. Einführung

Wie viele andere haben auch wir schon wiederholt im Fernsehen die Bilder der Raumstationen gesehen und zudem in der Schule gelernt, dass im freien Fall eine bestimmte Zeit Schwerelosigkeit herrschen soll. Es entstand das Interesse, dies näher zu erforschen. Da dieses Experiment im Klassenzimmer schwer durchzuführen ist und bekannt war, dass unsere Schule schon häufiger Ballonflüge im Rahmen anderer Schülerexperimente durchführte, entwickelte sich die Idee das Experiment mit Hilfe eines Stratosphärenballons durchzuführen. Nach der Mitteilung dieser Überlegung an unseren Seminarleiter Herrn Dr. Grillenbeck, schlug dieser eine Teilnahme bei Jugend forscht vor. Aufgrund der vielseitigen Aufgaben und genügend interessierter Schüler für dieses Projekt konnten die Aufgaben in drei verschiedene Gruppen aufgeteilt werden. Im Laufe dieser Arbeit werden einerseits der Aufgabenbereich und andererseits die Ergebnisse vorgestellt. Unser Team war für den Flug und somit auch für die Flugvorbereitungen zuständig. Das Ziel des gesamten Projektes war es, Schwerelosigkeit im freien Fall zu erzeugen.

2. Projektplanung

Bei der Planung wurden wir von Herrn Klaus Puppe, Mitglied des Deutschen Amateur Radio Club Ortsverband C14 Rosenheim, unterstützt. Bei der Projektplanung spielten viele Faktoren zusammen. Begonnen wurde mit der genaueren Ausarbeitung der Idee, um einen Rahmen für das Projekt zu schaffen. Anschließend fanden erste Berechnungen statt. Um uns das Thema näher zu bringen, organisierte unser Seminarleiter für uns Vorträge bei den Experten Herrn Dr. Matthias Schröter vom Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation Göttingen und Frau Prof. Dr. Wiebke Drenkhan vom Institut Charles Sadron in Straßburg zu dem Thema „Nachweis von Schwerelosigkeit durch Schaum“. Dadurch entstand die Möglichkeit, den Experten alle relevanten Fragen zu stellen und diese beantworten zu lassen. Zu den weiteren Aufgaben zählen auch das Beobachten und Auswerten der Wind- und Wetterbedingungen über einen längeren Zeitraum, sowie das Finden eines geeigneten Startplatzes, welcher nicht in der Nähe hoher Bäume, Wälder oder Hochhäuser, dafür aber in Autobahnnähe liegen sollte, um die Verfolgung des Ballons zu erleichtern. Die Entscheidung den Ballon starten zu lassen, fiel auf

das Gelände des TUS Holzkirchen. Hierfür wurde zudem eine Genehmigung des TUS notwendig, welche uns durch ihren Vorstand Manfred Hantl erteilt wurde.

Um den Ballon steigen lassen zu dürfen, musste unterem anderen auch einen Antrag für den Betrieb eines unbemannten Freiballons (Wetterballon) beim Luftamt Südbayern gestellt werden. Dieser beinhaltete zudem auch eine Einschätzung des Ordnungsamtes, in dessen Zuständigkeitsbereich der Startplatz liegt. In diesem Fall war dies das Ordnungsamt Holzkirchen.

Außerdem wurde eine Versicherung für den Fall, dass der Ballon an einer nicht voraussehbaren Stelle herabkommen würde und Schaden jeglicher Art anrichten könnte, benötigt. Diese Halterhaftpflichtversicherung wurde über eine Summe von 5.000.000 € bei der Allianz durch die Versicherungsvermittlung Siegfried Peschke KG abgeschlossen.

Darüber hinaus wurden zur Finanzierung des Projektes Sponsoren benötigt. Die Brauerei Wildbräu Grafring GmbH, aus Grafring bei München, erklärte sich zu einem Sponsoring bereit. Als Gegenleistung galt das Versprechen unsererseits ein kleines Röhrchen gefüllt mit Bierhefe mitfliegen zu lassen. Aufgrund der Teilnahme an „Jugend forscht 2022“ wurde der Rest der Kosten vom „Jugend forscht“ Sponsorenpool getragen.

3. Flugkörperbau

3.1 Konstruktion

Im Anschluss an die Planung wurde sich mit der idealen Form des Flugkörpers auseinandergesetzt. Um den Luftwiderstand so gering wie möglich zu halten, fiel die Entscheidung auf die Form einer fliegerbombenähnlichen Konstruktion. Um das Gewicht möglichst gering und die Temperatur im Innenraum über dem Gefrierpunkt zu halten, wurde das Material Styropor ausgewählt. Außerdem wurde darauf geachtet, dass sich der Schwerpunkt in der Spitze des Körpers befindet, wodurch die Ausrichtung des Flugkörpers während des freien Falles beeinflussbar wird.

Besonders wichtig war es darauf zu achten, immer einen Abstand von mindestens 3-5 cm zwischen Innenraum und Außenseite des Flugkörpers einzuhalten. Dies dient zum einen zur Wärmedämmung, um vor allem das Experiment, aber auch die Technik im Inneren des Flugkörpers vor Kälte zu schützen, und zum anderen zur Gewährleistung der Stabilität.

Damit es im freien Fall nicht zu einer übermäßigen Rotation des Körpers und somit zu einer möglichen Verfälschung des Ergebnisses kommt, wurde eine Installation von drei Flossen am oberen Ende des Körpers beschlossen.

Die erste Idee war, die Flossen am oberen Ende des Flugkörpers anzubringen und durch einen Ring außenherum zu schützen. Diese Flossen sollten favorisierend entlang ihrer Achse horizontal drehbar sein und aus Glasfaserverbundstoff, z.B. FR-4¹ sein. FR-4 ist ein Verbundwerkstoff, der aus Epoxidharz und Glasfasergewebe besteht. Als Alternative für dieses Material war geplant, Styrodur² mit Glasfasergewebe zu überziehen. Styrodur ist ein organischer Wärmedämmstoff und ist im Gegensatz zu Styropor ein nicht expandiertes Polystyrol, sondern ein extrudiertes Polystyrol. Das Material des Ringes sollte den Luftwiderstand aushalten und nicht zu schwer sein. Eine weitere Überlegung war ein Drahtgitter zu verwenden, da dieses leicht zu verarbeiten ist und den angeforderten Kriterien entsprechen würde. Es bestand jedoch die Möglichkeit dies durch Kunststoff zu ersetzen.

Unter anderem war auch ein Fallschirm notwendig, um den Körper so abbremsen zu können, damit er nicht mit seiner vollen Geschwindigkeit auf den Boden aufschlägt. Durch einen solchen Aufprall wäre das Risiko eines Schadens im Inneren und am Experiment und seinen Ergebnissen sehr hoch.

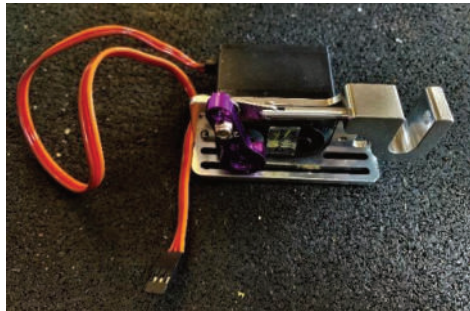
Das erste Fallschirmkonzept bestand aus zwei Fallschirmen, einem großen und einem kleineren Fallschirm, die mit einer Schnur verbunden sind. Der große Fallschirm befindet sich in einem Rohr, das sich im Inneren des Ringes befindet, der um die Flossen angebracht ist. Der kleine Fallschirm befindet sich zu jeder Zeit außerhalb des Flugkörpers und dient dazu den Größeren aus dem Rohr zu ziehen. Ausgelöst wird dieser Vorgang durch einen Hakenservomotor, der die

¹ Wikipedia, FR-4, <https://de.wikipedia.org/wiki/FR-4>

² Schulz, Rita, "Baustoffe im Überblick: Eigenschaften von Styrodurplatten" <https://www.hausjournal.net/styrodurplatten-eigenschaften>

Befestigung des großen Fallschirmes lösen soll, damit dieser dann vom Kleineren nach außen gezogen werden kann.

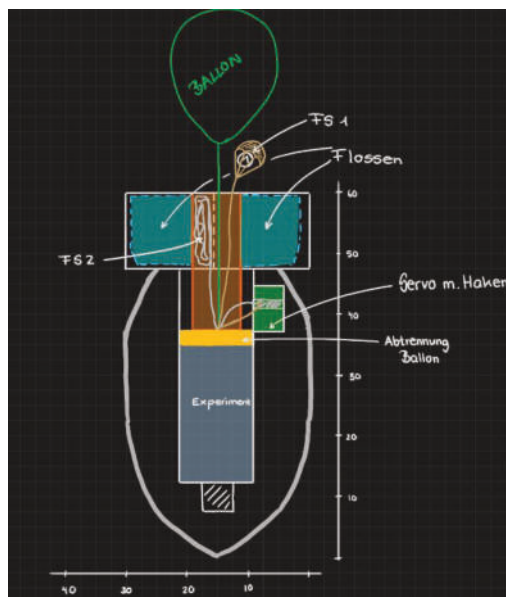
Der Ballon soll an einem Mechanismus befestigt sein, durch welchen er mit Hilfe eines Funksignales jederzeit vom Flugkörper getrennt werden könnte, weshalb nicht auf den Zeitpunkt gewartet werden müsste, an welchem der Ballon von selbst, aufgrund eines zu hohen Druckes in der Ballonhülle, platzen würde. Der Abtrennmechanismus besteht aus einem Servomotor und einem Stift. Durch das Funksignal wird der Servomotor aktiviert, dieser zieht den Stift zurück und lässt somit die Schnur, an welcher der Ballon befestigt ist, los.



- Abb.1: Abtrennmechanismus -

An der Oberseite des Flugkörpers außen werden unter anderem zwei Antennen angebracht, durch welche der Abtrennmechanismus und die Technik im Innenraum des Körpers gesteuert werden können.

Im Folgenden ist eine Skizze der ersten Konstruktionsidee für den Flugkörper zu sehen.



- Abb.2: Konstruktionsskizze 1 -

Es wurde festgestellt, dass der Körper bei der oben genannten Konstruktionsweise und den verwendeten Materialien zu schwer für die Anforderungen eines unbemannten Freiballons der leichten Klasse wäre. Deshalb fiel die Entscheidung zur Überarbeitung des Konzeptes.

Dabei blieb die Grundform des Körpers gleich. Auch der Abstand von der Innenwand zur Außenwand waren zwei unveränderbare Konstanten, da diese die Stabilisierung und die Wärmedämmung gewährleisten. Die Anbringung der Antennen an der Oberseite des Körpers blieb ebenfalls gleich. Ein weiterer unveränderter Faktor ist die Art und Weise wie der Ballon am Flugkörper befestigt ist.

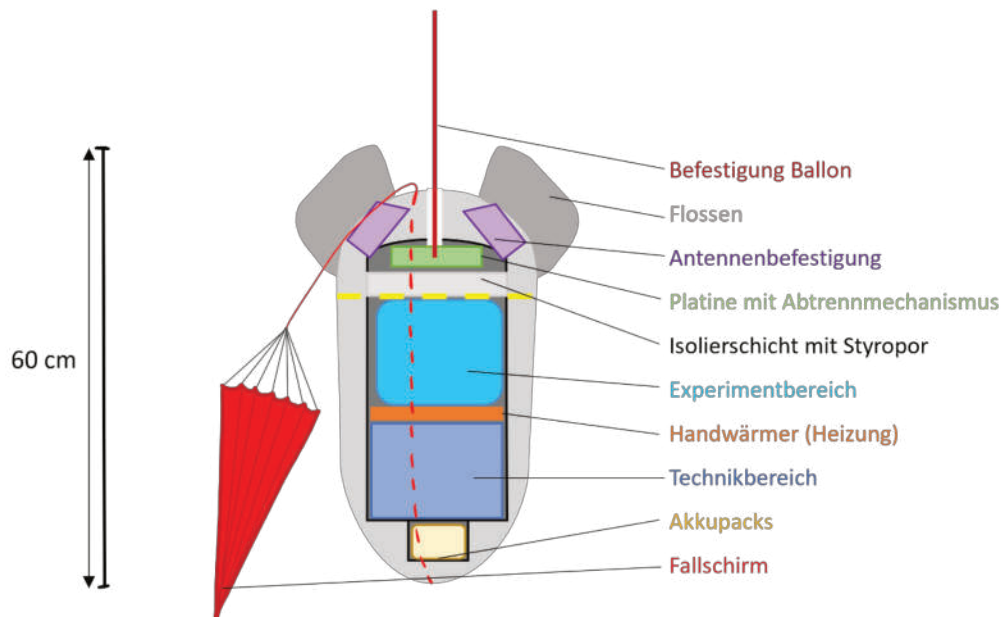
Aufgrund des Gewichtes wurden die Flossen aus Styropor anstelle von Flossen aus Glasfasergewebe angefertigt und der Schutzring außenherum weggelassen.

Das Fallschirmkonzept zu ändern war eine weitere Entscheidung. Der Fallschirm soll nicht mehr von einem kleineren Fallschirm aus seinem Gehäuse gezogen werden, sondern vom Flugkörper herab hängen. Er wird durch eine Schnur, die den Flugkörper einmal an seiner senkrechten Achse entlangläuft, am Körper befestigt. Es wurde sich für das System mit nur einem Fallschirm entschieden, da bei dieser Variante das Risiko, dass der Fallschirm sich nicht öffnet, wesentlich kleiner ist als bei der Variante, bei der der Fallschirm erst durch einen weiteren herausgezogen werden muss.

Eine wesentliche Aufgabe war es zudem eine geeignete Aufteilung für den Innenraum des Körpers zu finden. Da die Akkupacks, die Messtechnik und das Experiment nicht zu kalt werden durften, fiel der Entschluss den Innenraum mit Hilfe einer Heizfolie und gegebenenfalls mit Taschenwärmern zu heizen.

Auf der anderen Seite galt es zu berücksichtigen, dass die Hefe nicht zu warm werden durfte. Zudem musste beachtet werden, dass der Schwerpunkt des Flugkörpers in der Spitze ist. So wurde folgende Aufteilung beschlossen: In der Spitze des Körpers befinden sich die Akkus, da diese am meisten Gewicht haben und relativ klein sind, sodass sie perfekt in den freien Raum in der Spitze passen. Darüber soll anschließend die Technik fixiert werden, da so die Verbindungskabel nicht so lang sein müssen und somit auch wieder ein kleiner Teil an Gewicht eingespart werden kann.

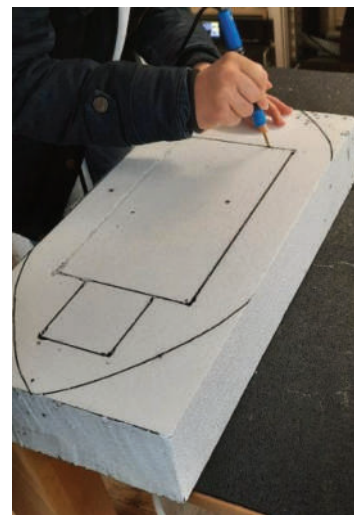
Über der Technik wird die Heizschicht platziert und nachfolgend das Experiment. Über dem Experiment befindet sich dann der Bereich, in dem der Abtrennmechanismus und die Hefe ihren Platz haben. Die Hefe ist dort, da es in diesem Bereich kalt bleibt und der Abtrennmechanismus ist ganz oben im Körper platziert, um das Risiko, dass die Schnur des Ballons nach dem Abtrennen an einem anderen Gegenstand hängen bleibt, gegen null zu reduzieren. Die Hefe und der Mechanismus sind durch eine Styroporschicht vom Experiment getrennt. Dadurch wird die Wärme noch einmal besser im Körper isoliert.



- Abb. 3: Konstruktionsskizze der geänderten Konstruktionsidee -

3.2 Fertigung

Um den Körper sowie den Hohlraum (16 cm x 16 cm x 25 cm) im Inneren aus den drei Styroporplatten ausschneiden zu können, wurde anfangs eine maßstabsgetreue Schablone aus Pappe angefertigt. Dazu wurde zuerst die Schablonenform auf den jeweiligen Styroporplatten aufgezeichnet und in der Folge dann, mithilfe eines Heißdrahtschneiders, die Platten auf die passende Form zugeschnitten. Um sicherzugehen, dass die ausgeschnittenen Hohlräume aufeinanderliegen, wurden die Einzelteile mit Holzstäbchen testweise angebracht und im Anschluss mit Styroporkleber endgültig fixiert.



-Abb.4: Ausschneiden des Flugkörpers-

Das anschließende oberflächliche Entnehmen der Ecken hatte zum Ziel, die bis dahin noch nicht vorhandene „Bombenform“ zu erreichen. Der Körper erlangte seine Endform, indem durch eine Drehung um die eigene Hochachse bei möglichst konstanter Geschwindigkeit mit Hilfe des Heißdrahtschneiders in einem gleichbleibenden Winkel weiteres Styropor entfernt wurde.



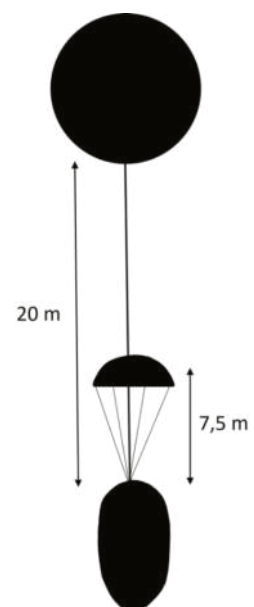
-Abb.5: In Form bringen des Körpers-



-Abb. 6: Körper in seiner Endform-

4. Flugvorbereitungen

Um den Ballon starten lassen zu dürfen, musste wie bereits im Vorfeld erwähnt, ein Antrag³ beim Luftamt Südbayern eingereicht werden. Dem ersten Antrag wurde keine Genehmigung erteilt, da die Nutzlast zu schwer war. Der Ballon wurde dementsprechend abgeändert, dass er den Richtlinien eines unbemannten Freiballons der leichten Klasse entsprach. Deshalb musste beachtet werden, dass das Nutzlastpaket nicht schwerer als 3000 g sein dürfe und, dass konstant ein ausreichender Abstand zwischen Ballon und Flugkörper sowie Fallschirm existiere. In diesem Fall



-Abb. 7: Fluggespann –

³ Luftamt Südbayern: Antrag, https://formularserver.bayern.de/intelliform/forms/stmi+regierungen/rob/luftamt/25-luftamt/rob_25-073/index?caller=196970971626

beträgt der Abstand zwischen Körper und Ballon 20 m und zwischen Körper und Fallschirm mindestens 7,5 m.

Insgesamt wurden fünf Anträge eingereicht, davon der erste im März 2022, welcher aus den obenstehenden Gründen aber nicht genehmigungsfähig war. Der zweite Antrag wurde im Juli 2022 gestellt. Allerdings konnten beide Starttermine nicht eingehalten werden, da es noch Fehler in der Programmierung gab, von denen es aufgrund schlechter Kommunikation keine Kenntnis gab. Der dritte Antrag wurde für Mitte Oktober 2022 eingereicht, dieser wurde bewilligt. Am Starttag musste das gesamte Team feststellen, dass aufgrund des Gewichtes der Ballon nicht fliegen kann. Genauer wird im Punkt „7. Flugversuch am 16.10.2022“ erklärt. Anschließend wurde der nächste Antrag für Ende Oktober 2022 gestellt. Dieses Startfenster konnten wieder nicht eingehalten werden. Der fünfte Antrag wurde nun Ende Oktober 2022 für Anfang November 2022 gestellt. Die Genehmigung hierfür liegt derzeit noch nicht vor.

Ein weiterer Aspekt der Flugvorbereitungen war das Beobachten der Windrichtungen. Dies wurde umgesetzt, indem die Wettervorhersagen unter anderem auf der Seite des Deutschen Wetterdienstes studiert und diese mit den Flugverläufen von gestarteten Sonden dieser Tage verglichen wurden. Daraus konnte eine ungefähre Prognose der Windrichtungen festgestellt werden. Kurz vor Starttermin wurde jedoch nochmals als Absicherung die ungefähre Flugroute des Ballons mit Hilfe des Flugroutenberechners⁴ von Stratoflights berechnet.

Zudem mussten die Starttermine mit dem Platzwart und dem Vorstand des TUS Holzkirchen abgeklärt werden, um sicher zu gehen, dass hier keine Störung verursacht wird. Es mussten auch die genehmigten Anträge und die Versicherung auf Richtigkeit ihrer Daten geprüft werden, sodass alle erforderlichen Richtlinien für den Start eingehalten würden.

⁴ Stratoflights: Flugroutenberechner, <https://www.stratoflights.com/tutorial/wetterballon-tools/flugroutenvorausberechnung/>

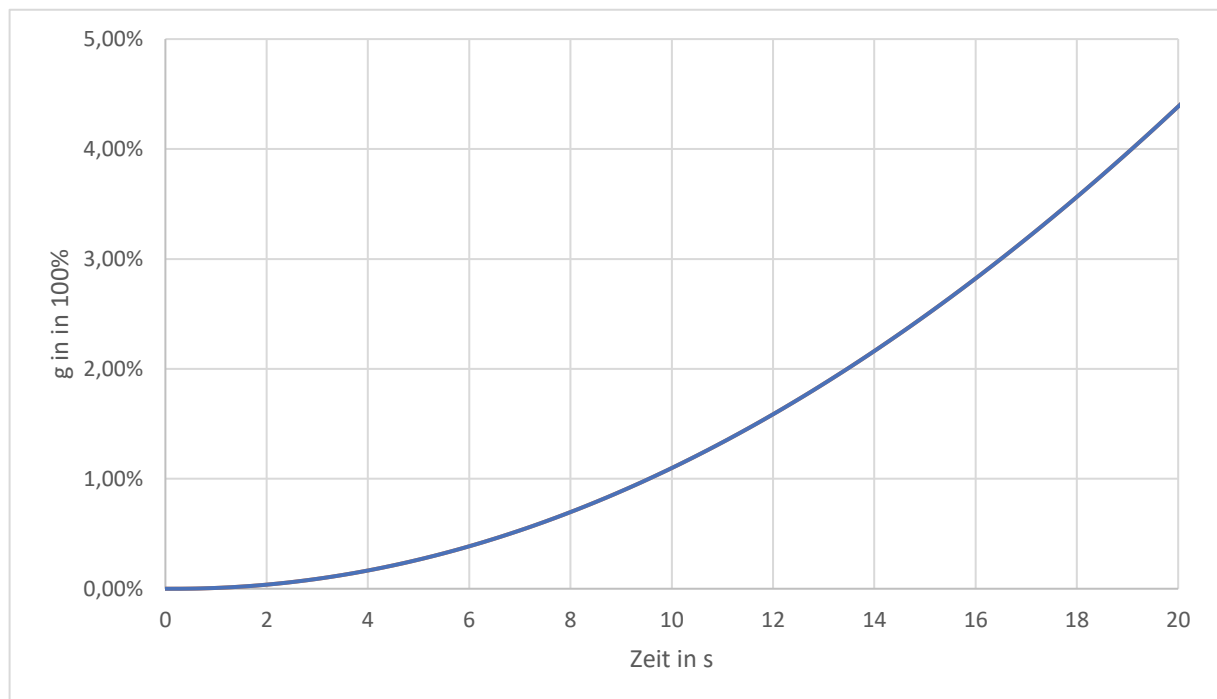
5. Vermutete Ergebnisse

Um Kenntnisse über den Zeitpunkt und die Dauer der Schwerelosigkeit im frei fallenden Körper im Vorfeld zu gewinnen, wurde anhand des Rechenprogramms Excel der Versuch simuliert. Die Kraft, die auf den Körper wirkt, setzt sich aus der Gewichtskraft mit der Formel $G = m \cdot g$ und der ihr entgegengesetzten Kraft des Luftwiderstands mit der Formel

$$F_L = \frac{1}{2} c_w \cdot A \cdot \rho \cdot v^2 \text{ zusammen.}$$

Mit der Formel $\frac{m \cdot 9,81 - F}{m \cdot 9,81}$ lässt sich das Verhältnis der Beschleunigung in der Kapsel zur Erdbeschleunigung in Prozent berechnen. Wenn die Beschleunigung in der Kapsel in Relation zur Erdbeschleunigung unter 1% liegt, herrscht nahezu perfekte Schwerelosigkeit im Inneren des Körpers. Laut dieser Berechnung befindet sich der Flugkörper circa in den ersten 10 s des freien Falls in Schwerelosigkeit.

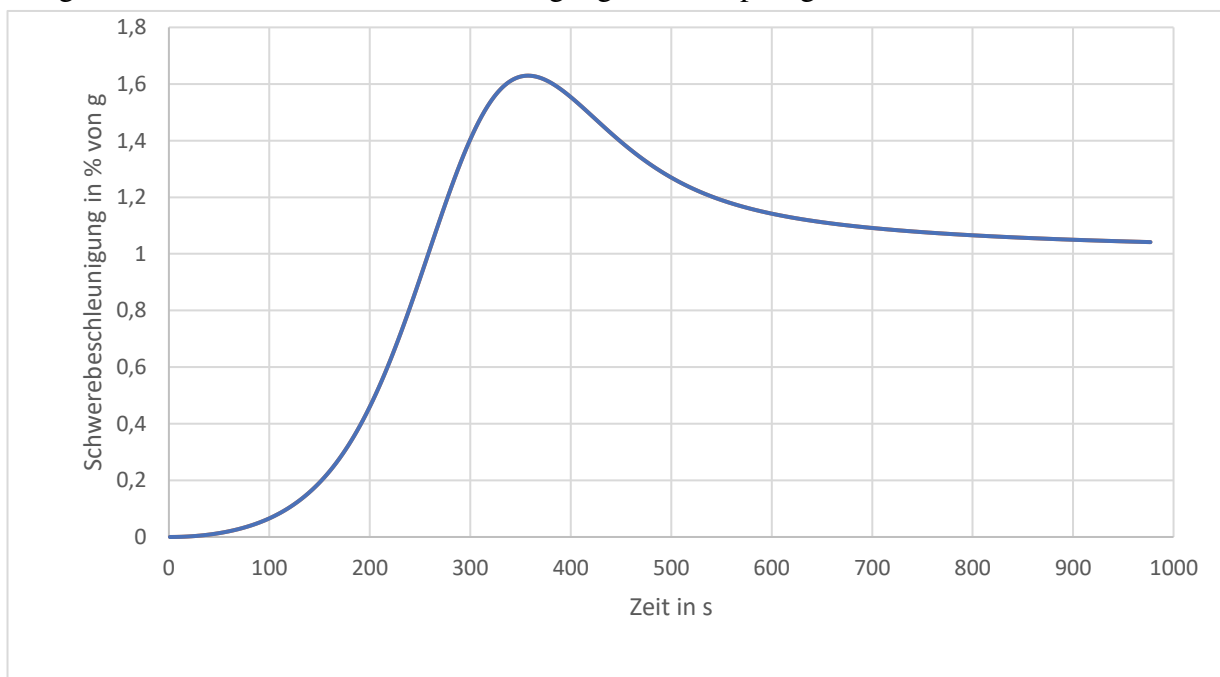
Das folgende Diagramm dient nochmals zur Veranschaulichung:



- Abb. 8: Diagramm zur Darstellung der Zeitspanne, in der Schwerelosigkeit herrscht -

Durch die Formel $g = \frac{F_0 - F}{F_0}$, welche die Stärke der Schwerelosigkeit in Prozent angibt, konnte errechnet werden, dass die Schwerelosigkeit im Laufe des freien Falls immer weiter abnimmt. Dies führt zu dem Ergebnis, dass zu Beginn des freien Falls $g = \frac{F_0 - F}{F_0} = 0$ gilt und somit Schwerelosigkeit herrscht. Nachdem der Körper allerdings in etwa 12.000 m gefallen ist, gilt $g = \frac{F_0 - F}{F_0} \cong 1$, womit keine Schwerelosigkeit mehr vorliegt, sondern die normale Schwerkraft erreicht wurde.

Die Schwerelosigkeit nimmt jedoch nicht linear zu. Um dies zu veranschaulichen und einen falschen Eindruck der Zunahme der Schwerelosigkeit zu verhindern, dient folgende Darstellung. Es ist zu erkennen, dass anfangs die Schwerelosigkeit sehr gering ist aber fast linear zunimmt. Bei Eintritt in die dickeren Luftschichten wird die Kapsel sogar so stark abgebremst, dass die Schwerebeschleunigung in der Kapsel größer ist als auf der Erde.



- Abb. 9: Diagramm der Stärke der Schwerelosigkeit während des freien Falls -

Des weiteren haben die Berechnungen ergeben, dass der Körper, nach Abtrennen des Körpers auf der Höhe von ca. 3000 m im freien Fall nach ca. 192 s, ca. 3 min. mit einer Geschwindigkeit von ca. 76,5 m/s (also ca. 275,4 km/h) ungebremst auf den Boden aufprallen würde. Dies trifft bei diesem Versuch allerdings nicht zu, da ein Fallschirm angebracht wird, der den Fall rechtzeitig abbremst. Mithilfe der folgenden Formeln konnte dies berechnet werden:

$$v = v_0 \frac{F_0}{m} \cdot \Delta t$$

mit v = Geschwindigkeit,
 v_0 = Anfangsgeschwindigkeit, F_0 = Anfangskraft,
 m = Masse, Δt = Zeitunterschied

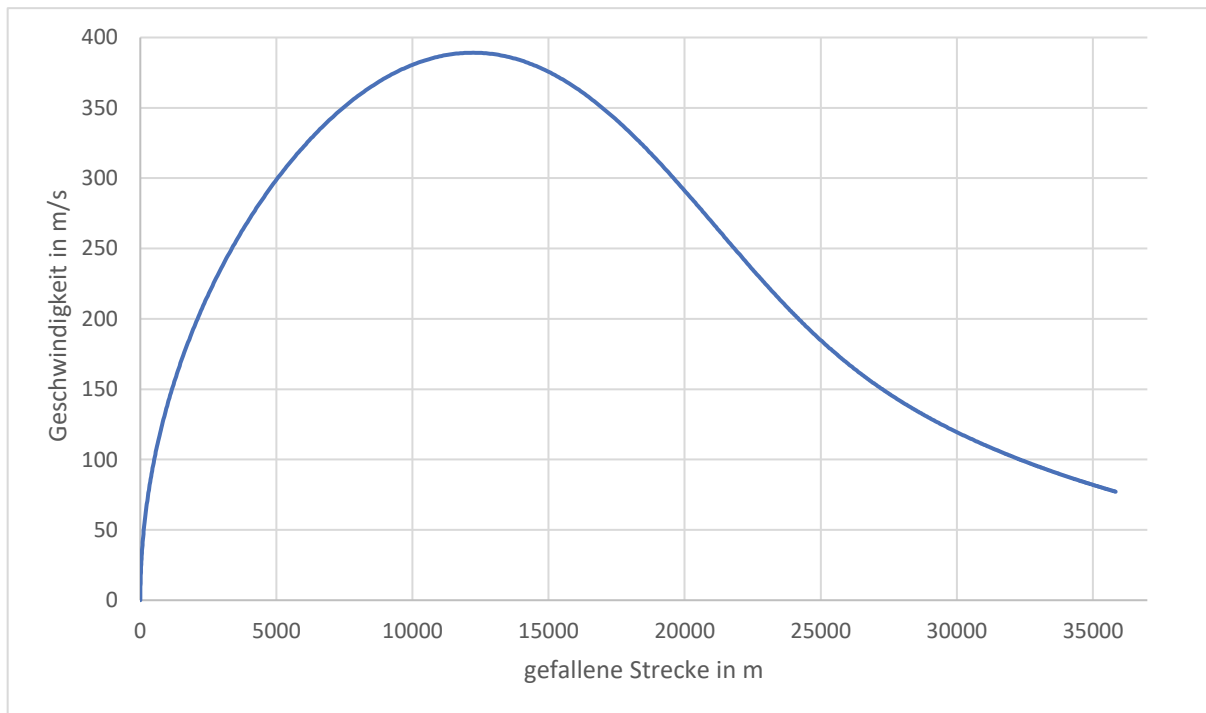
$$p = 1013,23 \cdot \left(\frac{1 - 6,5 \cdot h}{288150} \right)^{5,255}$$

mit p = Luftdruck, h = Höhe

$$\rho = p_0 \cdot 0,5^{\frac{-h}{5000}}$$

mit ρ = Luftdichte; p = Luftdruck, h = Höhe

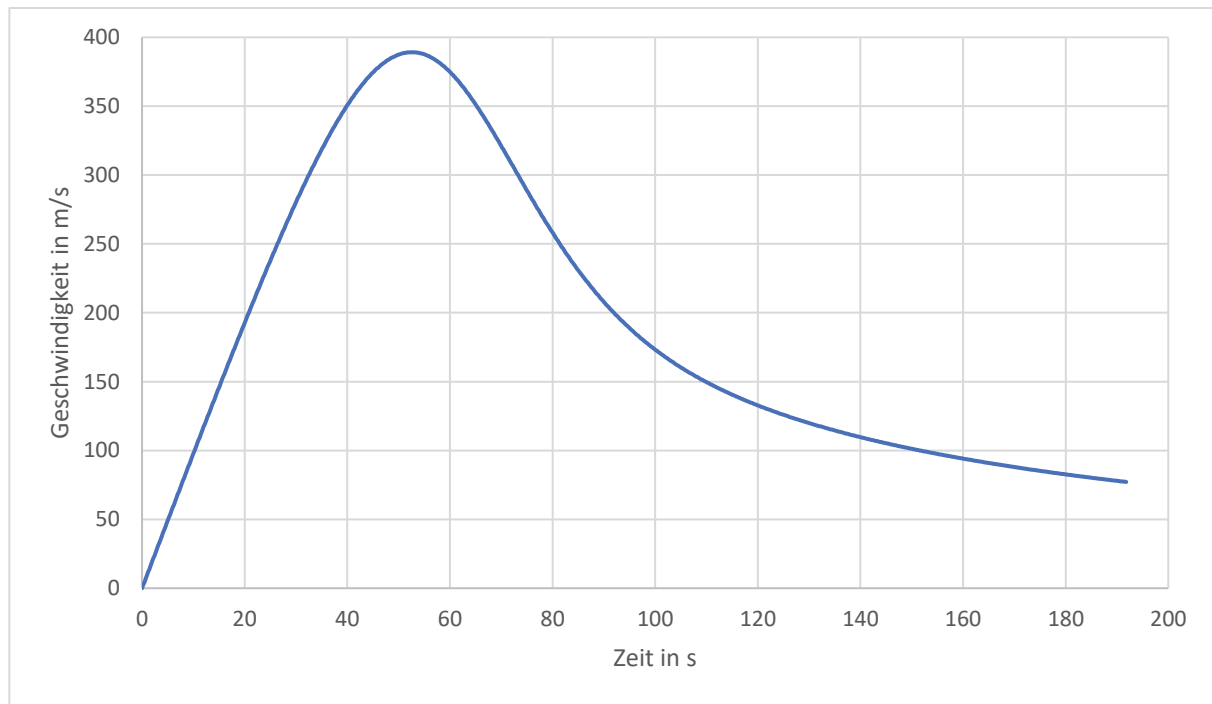
Zudem folgte aus den Berechnungen, dass die Geschwindigkeit des Flugkörpers in den ersten 12500 m zunehmen wird. Nach diesen bereits gefallen 12500 m wird der Körper seine Höchstgeschwindigkeit erreicht haben.:



- Abb. 10: Diagramm zur Veranschaulichung der Geschwindigkeitsänderung während des freien Falles –

Die Veränderung der Geschwindigkeit wird nun nochmals im folgenden Diagramm durch das Verhältnis zwischen der Fallzeit und der Geschwindigkeit, dargestellt.

Laut den Berechnungen wird die Geschwindigkeit in den ersten 50 s beinahe linear auf etwa 390 m/s , also 1400 km/h, ansteigen und anschließend exponentiell abnehmen.



-Abb. 11 Die Veränderung der Geschwindigkeit in Abhängigkeit zur Zeit während des freien Falles-

6. Teilnahme an Jugend forscht 2022

Das Projekt „Schwerelosigkeit im freien Fall“ wurde beim Regionalwettbewerb von Jugend forscht in Rosenheim angemeldet. Insgesamt teilte sich das Projekt in drei Unterprojekte auf:

1. Schwerelosigkeit im freien Fall im Bereich der Physik, da wir uns mit der Hypothese der Schwerelosigkeit freien Fall und den Berechnungen beschäftigt haben.
2. Erforschung vom Verhalten von Schaum während eines freien Falles im Bereich der Chemie
3. Stratosphärenballonflug Team Technik bzw. Daten im Bereich Technik.

Der Regionalwettbewerb fand am 23.02.2022 online statt. Nachdem die drei Unterteams jedoch ursprünglich ein großes Team bildeten, war es schwierig die drei Projektteile getrennt voneinander zu präsentieren, da die Ergebnisse aus dem Kontext gerissen schienen.

Leider gelang es uns am Ende nicht in die nächste Runde des Wettbewerbes vorzurücken. Somit gewannen wir auch keinen Preis.

7. Flugversuch am 16.10.2022

Nachdem die ersten geplanten Starttermine aus diversen Gründen nicht stattfinden konnten, wurde für den ersten wirklichen Startversuch der 16.10.22 in Holzkirchen anvisiert. Die Startgenehmigung galt in etwa für das Zeitfenster von 9:00 Uhr bis 10:00 Uhr, weshalb für alle Beteiligten ein Treffpunkt um 8:00 Uhr am Sportplatz des TSU in Holzkirchen vereinbart war. Zu Beginn wurde der Körper mit der notwendigen Technik gefüllt und im Anschluss getestet, ob diese funktioniert. Währenddessen stellte das für das Experiment zuständige Team den Schaum in einem speziell angefertigten Behälter her, welcher anschließend in den Körper eingesetzt werden konnte. Nachdem die notwendigen Teile in dem Flugkörper verstaut waren, wurde dieser verschlossen, sorgfältig verklebt und zuletzt der Fallschirm am Körper angebracht.

Um den Ballon mit Helium zu befüllen, ohne dass dieser dabei zerstört werden würde, diente eine Plane auf dem Boden, auf welcher schließlich der Ballon ausgebreitet wurde. Bei dem Befüllen war es wichtig darauf zu achten, den Ballon nicht mit den bloßen Händen zu berühren. Außerdem musste das Füllvolumen beachtet werden, da sich das Gas im Laufe des Aufstiegs noch weiter ausdehnt. Nachdem der Ballon mit dem Gas gefüllt war, konnte dieser mit Kabelbindern verschlossen und die Schnur, die den Ballon mit dem Flugkörper verband, befestigt werden.

Beim letztendlichen Loslassen des Körpers wurde festgestellt, dass der Ballon zu wenig Auftriebskraft hat, um den Körper in die Luft zu ziehen, bzw. dass der Körper zu schwer war. Aus diesem Grund wurde der Flugkörper geöffnet und eine Powerbank, die für den Versuch nicht zwingend notwendig war, entfernt. Nach einem erneuten Verkleben des Körpers startete ein erneuter Versuch den Ballon nochmals gemeinsam mit dem Körper steigen zu lassen. Da aber die Gewichts Differenz ohne Powerbank nicht groß genug war, funktionierte das Abheben auch diesmal nicht.

Vor Ort konnte dieses Problem nicht behoben werden, weswegen der Versuch abgebrochen sowie alle Materialien eingepackt wurden. Ein weiteres Treffen konnte vereinbart werden, um zu besprechen was entfernt werden könnte, damit der Körper an Gewicht verliert und der Versuch dennoch gemeinsam mit der Aufnahme der technischen Daten reibungslos durchgeführt werden kann.



- Abb. 12: Startversuch am 16.10.2022 -

8. Flugversuche am 23.10.22 und 30.10.22

Der nächste Starttermin wurde für den 23.10.2022 geplant, jedoch musste festgestellt werden, dass die Chancen, den Ballon an diesem Tag starten lassen zu können, sehr gering waren. Aufgrund von Lieferschwierigkeiten des Ballongases⁵, welches aus einem bestimmten Helium Gemisch besteht, war es nicht möglich bis zum 23.10.22 die benötigte Menge an Ballongas zu besorgen. Schließlich fand eine Verschiebung des Starttermins um eine Woche statt, somit wurde der 30.10.2022 als der nächste Starttag festgelegt. Dies war möglich, da zuvor ein Antrag für die Startgenehmigung für das Wochenende vom 22.10.22/ 23.10.22 mit den Ausweichterminen am Wochenende vom 29.10.22/ 30.10.22 bereits beantragt war.

Der neue Starttermin am 30.10.2022 konnte erneut nicht realisiert werden, da an diesem Tag die Windrichtung gegen Osten bzw. Südosten ging. Dadurch hätte der Landepunkt im Bereich

⁵ Gase Partner GmbH, Ballongas Zusammensetzung <https://www.gase-partner.de/ballongas---helium.html>

des Gebirgszuges der Nördlichen Kalkalpen gelegen. Wäre der Ballon trotzdem gestartet worden, hätte dies folgende Risiken geborgen:

1. Der Flugkörper und/ oder die Technik hätten beschädigt werden können
2. Die Ergebnisse hätten verfälscht oder verloren gehen können
3. Der Flugkörper hätte nicht mehr auffindbar gewesen sein können
4. Der Flugkörper hätte in einem gesperrten Abschnitt in den Bergen landen können

9. Ausblick auf den weiteren Verlauf

Leider war es bis zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich, den Ballon starten zu lassen und das Experiment durchzuführen. Deshalb basieren die zuvor aufgeführten Ergebnisse nur auf Hypothesen und Berechnungen. Nach Abgabe der Seminararbeit wird versucht einen geeigneten Starttermin, der alle für den Start nötigen Kriterien erfüllt, zu finden und anschließend den Ballon starten zu lassen sowie das Experiment durchzuführen. Anschließend werden die Daten ausgewertet und mit den Berechnungen verglichen.

Zu erwarten sind minimale Abweichungen der Ergebnisse, da die Dichte der Luft aufgrund der Abhängigkeit von Temperatur und Luftfeuchtigkeit nicht genau vorhersagbar war, weshalb für die Berechnung nur eine ungefähre Annäherung in die Formel eingesetzt wurde.

10. Danksagung

Wir bedanken uns herzlich bei Frau Prof. Dr. Wiebke Drenkhan vom Institut Charles Sadron Straßburg, für die Beantwortung aller unserer Fragen rund um die Themen Schaum und dessen Konsistenz.

Außerdem möchten wir auch Herrn Dr. Matthias Schröter vom Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation Göttingen für seinen Vortrag zum Thema „Nasse Schäume und microgravity“ danken.

Ein großes Dankeschön geht auch an Herrn Klaus Puppe vom Deutschen Amateur Radio Club Ortsverband C14 und an unseren Seminarleiter Herrn Dr. Thomas Grillenbeck, für die tatkräftige Unterstützung bei der Ausarbeitung und Weiterentwicklung unserer Ideen, sowie für die Hilfe bei der praktischen Umsetzung des Projektes.

11. Quellenverzeichnis

11.1 Internetquellen

Bislin, Walter, „Barometrische Höhenformel“ <http://walter.bislins.ch/aviatik/index.asp?page=Barometrische+H%C3%B6henformel> (25.10.2021)

Convertworld, Umrechnung von kg/mol in g/mol <https://www.convertworld.com/de/molare-masse/killogramm-per-mol.html> (06.11.2021)

Luftamt Südbayern, Antrag Betrieb eines unbemannten Freiballons, https://formularserver.bayern.de/intelliform/forms/stmi+regierungen/rob/luftamt/25-luftamt/rob_25-073/index?caller=196970971626

Stratoflights, Flugroutenberechner, <https://www.stratoflights.com/tutorial/wetterballon-tools/flugroutenvorausberechnung/>

Gase Partner GmbH, Ballongas Zusammensetzung; <https://www.gase-partner.de/ballongas---helium.html> (26.07.2022)

11.2 Literaturquellen

Bobbert, Sophia, „Schadstoffmessungen in der Atmosphäre mit Hilfe eines Stratosphärenballons“ https://www.edu.tum.de/fileadmin/tuedz01/www/Sch%C3%BClerkonferenz/Seminararbeiten_2019/Bobbert_Sophia_Arbeit_www.pdf (19.11.2021)

Kurz, Julian / Schießler, Simon, „Weiterentwicklung eines Stratosphärenprojektes“ https://www.edu.tum.de/fileadmin/tuedz01/www/Sch%C3%BClerkonferenz/Seminararbeiten_2019/Kurz_Julian_Arbeit_www.pdf (15.12.2021)

Gau, Barbara/ Hermann-Rottmair, Ferdinand/ Hoche, Detlef/ Küblbeck, Josef/ Meyer, Lothar/ Ried, Andreas; Ried, Claudia, „Physik Schulbuch 10 Gymnasium Bayern“, Duden, 2008

Schulz, Rita, „Baustoffe im Überblick: Eigenschaften von Styrodurplatten“ <https://www.hausjournal.net/styrodurplatten-eigenschaften> (03.01.2022)

Wikipeda, „FR-4“ <https://de.wikipedia.org/wiki/FR-4> (05.01.2022)

11.3 Abbildungen

Abbildung 01: Cottrell, Marylou; Puppe, Klaus; Wolfert, Laura: Abtrennmechanismus; Fotografie

Abbildung 02: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Konstruktionsskizze 1; Microsoft Whiteboard

Abbildung 03: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Konstruktionsskizze 3; Microsoft PowerPoint

Abbildung 04: Cottrell, Marylou; Menne, Alina; Wolfert, Laura,: Ausschneiden des Flugkörpers; Fotografie

Abbildung 05: Cottrell, Marylou; Menne, Alina; Puppe, Klaus; Wolfert, Laura: Formation des Körpers; Fotografie

Abbildung 06: Cottrell, Marylou; Puppe, Klaus; Wolfert, Laura: Körper in seiner Endform: Fotografie

Abbildung 07: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Fluggespann: Microsoft Power Point

Abbildung 08: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Diagramm zur Darstellung der Zeitspanne, in der Schwerelosigkeit herrscht; Microsoft Excel Grafik

Abbildung 09: Cottrell, Marylou; Wolfert; Laura: Diagramm der Stärke der Schwerelosigkeit während des freien Falls; Microsoft Excel Grafik

Abbildung 10: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Diagramm zur Veranschaulichung der Geschwindigkeitsänderung während des freien Falls; Microsoft Excel Grafik

Abbildung 11: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Veränderung der Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit während des freien Falles; Microsoft Excel Grafik

Abbildung 12: Cottrell, Marylou; Wolfert, Laura: Startversuch; Fotografie

Seminararbeit

Erklärung der eigenständigen Erstellung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Insbesondere versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

Ort, Datum

Unterschrift des Verfassers/der Verfasserin