

25.03.2023

PlaNet SimTech Wettbewerb

Gruppe: 4884

Auf der deutschen Forschungsstation „Neumayer III“ in der Antarktis überwintern typischerweise 10 Personen. Die Versorgung erfolgte bisher über Schiffe und Flugzeuge. Deutschland möchte aber gerne im Zuge der allgemeinen Erhöhung der Benzin- und Dieselpreise die Belieferung ändern, und setzt dazu auf long distance Schleudern / Katapulte, bei denen die „geschleuderten“ Güter keinen eigenen Antrieb besitzen. Das Ziel ist es, den Nahrungsmittelvorrat für eine Überwinterung zu der Station „zu schleudern“.

FRAGE:

Wie kann dies realisiert werden?

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	2
2. Einführung.....	3
3. Hauptteil.....	3
3.1 Lebensmittelbedarf und benötigter Stauraum	3
3.2 Flugbahn	4
3.2.1 Der schräge Wurf.....	5
3.2.2 Ballistische Kurve.....	6
3.3 Das Katapult	7
4. Schlussfolgerung.....	8
5. Quellenverzeichnis	9

1. Zusammenfassung

Um die Besetzung der Neumayer-Station-III während der Überwinterung in der Antarktis mit Lebensmitteln zu versorgen, wurde der Ansatz entwickelt ein großes Katapult im Süden Deutschlands aufzustellen, von dem aus mehrere kleine Pakete zur Station katapultiert werden. Dabei haben sich einige Schwierigkeiten in der Planung und Umsetzung ergeben.

2. Einführung

Seit 2009 ist die „Neumayer-Station III“ die Basis der deutschen Antarktisforschung und wird vom Alfred-Wegener-Institut betrieben. Dabei leben im Winter etwa 10 Forschende unter beschwerlichen Bedingungen in der Antarktis. Bis jetzt ist die Versorgung der Besetzung mit Lebensmitteln nur durch Lieferungen durch Schiffe und Flugzeuge möglich, doch aufgrund der stark gestiegenen Preise von Treibstoffen wie Benzin und Diesel, soll in Erfahrung gebracht werden wie die Lebensmitteltransporte für eine Überwinterung von 10 Besatzungsmitgliedern durch long distance Schleudern oder Katapulte gewährleistet werden können. Zudem könnte eine solche Anlage anstatt mit fossilen, treibhausgasausstoßenden Brennstoffen mit erneuerbaren Energien betrieben werden und somit zum Reduzieren

Dabei soll im Folgendem die Umsetzbarkeit, Möglichkeiten und Problematiken mit einem solchen Transport untersucht werden.

3. Hauptteil

3.1 Lebensmittelbedarf und benötigter Stauraum

Der durchschnittliche Lebensmittelverbrauch in Deutschland pro Kopf liegt bei 1,9 kg pro Tag. Da auf der Station wie in einem normalen Haushalt gekocht wird, werden alltägliche Lebensmittel geliefert und somit nicht wie man vielleicht annehmen könnte spezielle Nahrung. Um etwas Spielraum zu haben, werden 2 kg Lebensmittel pro Person und Tag eingeplant. Auch selbstangebaute Lebensmittel werden zu nächst einmal vernachlässigt. Weil 10 Personen versorgt werden müssen, benötigt man 20 kg Nahrungsmittel pro Tag. Die typische Überwinterungszeit auf der Station beträgt 9 Monate. Deshalb wurden die 20 kg mit 260 Tagen multipliziert, was eine gesamt benötigte Nahrungsmittelmasse von 5,2 t ergibt. Darauf muss anschließend noch die Massen der Verpackung der Lebensmittel und die Masse des Transportbehälters addiert werden.

Um das für den Luftwiderstand wichtige Volumen zu berechnen werden die Lebensmittel zunächst in 100 Pakete mit je 52 kg Lebensmittel aufgeteilt. Somit können zum Beispiel 5 mal 12 Pakete und 4 mal 10 Pakete auf einmal geschickt werden. Das Volumen wurde näherungsweise mit dem Volumen einer Barilla Maccheroni Packung berechnet, die als Volumeneinheit von 500g verwendet wurde, was etwa $1,27 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ entspricht. Somit würden 52 kg ein Volumen von etwa $0,132 \text{ m}^3$ haben.

Maße Maccheroni-Packung:

$$h = 19,5 \text{ cm} = 0,195 \text{ m}$$

$$b = 4,7 \text{ cm} = 0,047 \text{ m}$$

$$L = 13,9 \text{ cm} = 0,139 \text{ m}$$

$$\rightarrow V_p = h \cdot b \cdot L = 1273,035 \text{ cm}^3 = 1,273035 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

\rightarrow Volumen Ladung:

$$500 \text{ g} \hat{=} V_p$$

$$1 \text{ kg} \hat{=} 2 V_p$$

$$V_L = 52 \text{ kg} \hat{=} 104 V_p = 0,13248924 \text{ m}^3$$

3.2 Flugbahn

Das Katapult setzten wir an den südlichsten Punkt Deutschland in Oberstdorf. Dieser liegt bei einer Höhe von 813m und liegt bei den Koordinaten: 47.27027, 10.17826. Die Neumayer Station III liegt auf einer Höhe von 6m und bei den Koordinaten: -70.66644, -8.26667. Die Luftlinie zwischen diesen beiden Standorten beträgt 13.197,5 km. Für die Berechnung der Flugbahn wird jedoch der Abstand der Standorte durch die Erde benötigt. Hierfür haben wir die Längen- und Breitengradkoordinaten in ein geozentrische Koordinaten umgewandelt. Dieses Koordinatensystem zeigt den Abstand von jedem Punkt zum Erdmittelpunkt. Für diese Berechnung haben wir Java verwendet und eine Funktion geschaffen, die als Eingabe die Höhe, und den Längen- und Breitengrad nimmt und als Ergebnis die x-, y- und z-Koordinaten ausgibt.

Hier ist der Quelltext für dessen Berechnung:

```

public static List<Double> convertGpsToECEF(double lat, double longi, float alt) {

    double a=6378.1;
    double b=6356.8;
    double N;
    double e= 1-(Math.pow(b, 2)/Math.pow(a, 2));
    N= a/(Math.sqrt(1.0-(e*Math.pow(Math.sin(Math.toRadians(lat)), 2))));
    double cosLatRad=Math.cos(Math.toRadians(lat));
    double cosLongiRad=Math.cos(Math.toRadians(longi));
    double sinLatRad=Math.sin(Math.toRadians(lat));
    double sinLongiRad=Math.sin(Math.toRadians(longi));
    double x =(N+0.001*alt)*cosLatRad*cosLongiRad;
    double y =(N+0.001*alt)*cosLatRad*sinLongiRad;
    double z =((Math.pow(b, 2)/Math.pow(a, 2))*N+0.001*alt)*sinLatRad;

    List<Double> ecef= new ArrayList<>();
    ecef.add(x);
    ecef.add(y);
    ecef.add(z);

    return ecef;
}

```

Als Ergebnis kamen für die oben genannten Standorte folgende Ergebnisse raus:

Oberstdorf:	x = 4268	km
	y = 766	km
	z = 4663	km
Neumayer Station III:	x = 2096	km
	y = - 305	km
	z = - 5996	km

Mit diesen Informationen konnten wir durch Vektoraddition den Abstand durch die Erde berechnen. Das Ergebnis hieraus beträgt: 10.930 km. Diese Ermittlung bildet die Basis für die Berechnung der Flugbahn.

3.2.1 Der schräge Wurf

Der erste Ansatz zur Berechnung der Flugbahn ist die Verwendung des schrägen Wurfs.

Die Formel für den schrägen Wurf $y(x) = -\frac{1}{2} \frac{g}{(v_0 \cdot \cos(\alpha_0))^2} \cdot x^2 + \tan(\alpha_0) \cdot x + h$ lautet:

Diese Funktion definiert die Flugbahn des Wurfes. Die Parabel ist abhängig von der Anfangsgeschwindigkeit v_0 , dem Abwurfs-Winkel α_0 und der Höhe des Abwurfs-Punkts h .

Die Höhe kann leicht errechnet werden. Sie ist der Höhenunterschied zwischen den beiden Standorten $h = 813 - 6 = 807$. Da die x-Achse die zurückgelegte Strecke abbildet, können zwei Punkte bereits erschlossen werden. Der erste dieser Punkte ist $P_1 = (0|0)$ also der Ursprung und Oberstdorf. An diesem Punkt wird das Katapult stehen. Der zweite Punkt ist $P_2 = (0|10.930)$, also die Neumayer Station III. Nach einer Umformung kann die beste Anfangsgeschwindigkeit und der Abschusswinkel errechnet werden.

$$y(x) = -\frac{1}{2} \frac{g}{(v_0 \cdot \cos(\alpha))^2} \cdot x^2 + \tan(\alpha) \cdot x + h$$

$$y - h - \tan(\alpha) \cdot x = -\frac{1}{2} \frac{g}{(v_0 \cdot \cos(\alpha))^2} \cdot x^2$$

$$\frac{-2(y - h - \tan(\alpha) \cdot x)}{x^2} = \frac{g}{(v_0 \cdot \cos(\alpha))^2}$$

$$\frac{x^2 \cdot g}{-2(y - h - \tan(\alpha) \cdot x)} = (v_0 \cdot \cos(\alpha))^2$$

$$\pm \sqrt{\left| \frac{x^2 \cdot g}{-2(y - h - \tan(\alpha) \cdot x)} \right|} = v_0 \cdot \cos(\alpha)$$

$$v_0 = \pm \sqrt{\left| \frac{x^2 \cdot g}{-2(y - h - \tan(\alpha) \cdot x)} \right|} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha)}$$

Hier werden alle bekannte Werte eingegeben wobei für x & y die Koordinaten von P_2 eingesetzt werden. α bleibt hierbei eine Variable. Die hierbei entstehende Funktion gibt die benötigte Anfangsgeschwindigkeit in Abhängigkeit des gewählten Winkels an. Um den Energie- und Kostenaufwand zu minimieren sollte die Anfangsgeschwindigkeit möglichst gering sein deswegen haben wir die Ableitung dieser Funktion gemacht und so dessen Tiefpunkt errechnet. Bei dieser Berechnung kam $42,9^\circ$ als günstigster Abwurfwinkel heraus. Bei diesem Winkel wird eine Anfangsgeschwindigkeit von $315,5 \text{ m/s}$ benötigt. Die Flugbahn laut dieser Berechnung einen Höhepunkt von $3164,0 \text{ m}$ also etwa 3 km .

3.2.2 Ballistische Kurve

Die erste annähernde Berechnung ist allerdings nicht realistisch, da dabei der Luftwiderstand vernachlässigt wird.

Die Formel für den Luftwiderstand lautet:

$$\text{Luftwiderstand } F_{\text{Luft}} = 0,5 \rho c_w A v^2$$

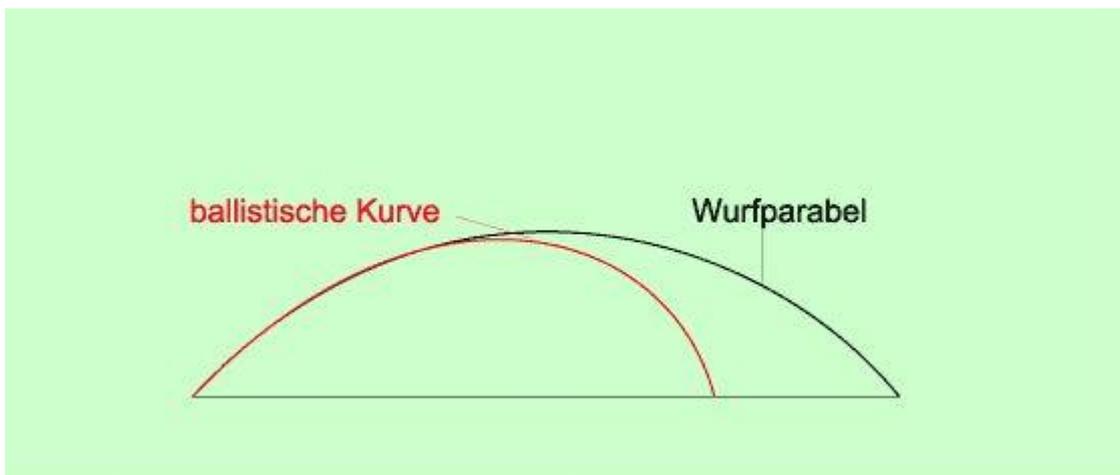
Da der Luftwiderstand von dem

Luftwiderstandsbeiwert c_w proportional abhängig ist muss ein möglichst stromlinienförmiger Körper gewählt werden. Damit die Transportkapsel immer noch gleichmäßig beladen ist, ist eine kugelförmige Kapsel am besten. Für eine Kugel gilt $c_w = 0,3-0,5$.

Für den Wert für die Dichte der Luft wurde näherungsweise der Wert auf der Erdoberfläche verwendet. Die Querschnittsfläche der Kugel lässt sich aus dem Volumen berechnen. Damit ist der Luftwiderstand nur noch von der Geschwindigkeit abhängig, welche sich allerdings ständig ändert.

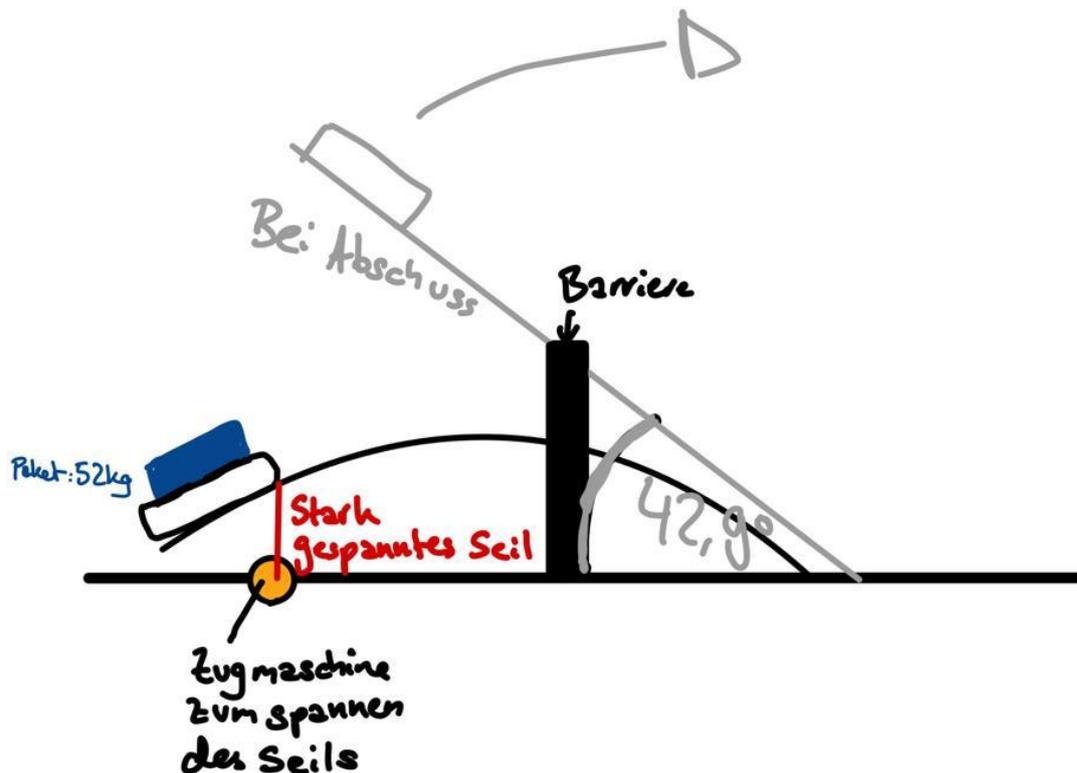
$$\begin{aligned} \text{Luftwiderstand } F_{\text{Luft}} &= 0,5 \rho c_w A v^2 \\ \rho &= 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (\text{Wert auf Erdoberfläche, Vereinfachung}) \\ c_w &= 0,4 \\ \text{ges: } F_{\text{Luft}}; A \\ \text{Lsg: } V_L &= \frac{4}{3} \pi r^3 \quad | \cdot \frac{3\pi}{4} \\ r^3 &= \frac{V_L 3\pi}{4} \quad | \sqrt[3]{} \\ r &= 0,6783657535 \text{ m} \approx 67,8 \text{ cm} \\ A &= 2\pi r^2 = 2,891586815 \text{ m}^2 \\ F_{\text{Luft}} &= 0,5 \rho c_w A v^2 \end{aligned}$$

Berechnet man den Luftwiderstand mit ein, ergibt sich eine Ballistische Kurve.



3.3 Das Katapult

Das Katapult wird parallel zur Erdoberfläche gespannt und muss in einem Winkel von $42,9^\circ$ abfeuern. Dabei muss das Paket auf die Anfangsgeschwindigkeit von $315,5 \text{ m/s}$ beschleunigt werden. Diese ist abhängig von den Dimensionen des Katapults. Nach der Formel für Beschleunigung $a=v/t$, wird zur Berechnung die Zeit die es bis zum Abwurf braucht benötigt. Diese ist von der Spannung, welche Aufgebaut wird abhängig. Aus Zeitlichen Gründen sind wir leider nicht dazu gekommen die Dimensionen des Katapults zu errechnen.



4. Schlussfolgerung

Auch wenn die Lösung technisch möglich ist, ist sie in der Praxis wohl kaum umsetzbar. Zum einen würde die genaue Planung und der Bau der Katapultanlage noch einige Zeit dauern, sodass bis dahin die Kraftstoffpreise wieder stark gesunken sind und es umweltfreundliche Transportmittel gibt. Auch wird für den Bau der Schleuder viele Ressourcen und Energie benötigt, was wiederum Geld kostet. Somit macht der Bau auch nur sehr langfristig gesehen Sinn.

Auch sollte man die Umsetzbarkeit in Frage stellen, da durch den Flug durch Fremden Luftraum politisches Misstrauen oder Konflikte entstehen könnten, die das Projekt gefährden. Des Weiteren müsste der Flugverkehr durch die geschleuderten Objekte eingeschränkt werden und auch der Naturraum Luft wäre teilweise gefährdet. Auch könnte es zu schweren Beschädigungen der Lebensmittel durch die enorme Anfangsbeschleunigung und das Abbremsen durch das Landen können, für zweiteres kann gegebenenfalls eine passende Auffangeinrichtung gebaut werden.

Eine weitere Schwierigkeit ist, dass für das Spannen des Katapults ist der Energieaufwand und die Dimensionen des Katapults hoch. Deshalb muss ausreichend Platz für die Gefährdungszone abgesperrt werden können und auch genug Energie, wahrscheinlich in der Form von Strom zur Verfügung stehen, dabei sind auch die Strompreise in letzter Zeit stark angestiegen.

Ein weiteres Problem ist, dass durch das Wetter und diverse Luftströmungen die geschleuderten Objekte abgelenkt werden können, dagegen müsste man eine Nachsteuerung an den Paketen angebracht werden, auch würde das Katapultieren der Lebensmittel aufgrund der Wetterlage an vielen Tagen nicht möglich sein, was zu Versorgungsengpässen und großem Planungsaufwand führt.

Deshalb kann es sinnvoller sein die Lebensmittel auch in Zukunft über die bisherigen Wege zu liefern, auch wenn die Lösung mit den Katapulten prinzipiell möglich wäre.

5. Quellenverzeichnis

<https://www.awi.de/expedition/stationen/neumayer-station-iii.html>

<https://stackoverflow.com/questions/17402723/function-that-converts-gps-coordinates-to-enu-coordinates>

<https://sciencing.com/calculate-mile-5140065.html>

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/waagerechter-und-schraeger-wurf/grundwissen/schraeger-wurf>

<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/coca-cola-formel/>

<https://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/rolle-des-luftwiderstands/>

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/reibung-und->

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/reibung-und-fortbewegung/grundwissen/luftreibung#:~:text=F%20L%20R%20%3D%201%202,sagt%20er%20ist%20%22dimensionslos%22>

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik/artikel/ballistische-kurven>