

Bau und Start eines Stratosphärenballons mit Schülerinnen und Schülern

Von Tobias Wiemer und Björn Hoff

Die Arbeitsgruppe technische Bildung der Universität Oldenburg arbeitet mit vielen Schulen in der Region zusammen, um praxisnah Forschung und Bildung zu verknüpfen. Innerhalb dieser Zusammenarbeit wurde im Frühjahr 2018 eine Schulklasse dabei unterstützt, einen mit Helium gefüllten Ballon mit einer Kanzel in die Stratosphäre und wieder zurück zu bringen. Die Schülerinnen und Schüler entwickelten für dieses Projekt mit Hilfe der Universität die mit verschiedenen Sensoren und Kameras ausgestattete Kanzel, warben Sponsoren an und kümmerten sich um die Organisation des Projekts. Der Ballon wurde auf einem Flugplatz in der Nähe von Oldenburg gestartet und landete in Hamburg. Auf dem Weg stieg der Ballon auf eine Höhe von 34.827 m. Ein solches Projekt stellt viele technische und organisatorische Anforderungen an Schülerinnen und Schüler und vermittelt damit praxisnah die verschiedenen Aufgaben eines realen technischen Projekts.

Der folgende Artikel zeigt interessierten Lehrkräften technische und organisatorische Aspekte, die für die Durchführung eines Stratosphärenballonprojekts zu beachten sind.

Ziel und Ablauf

Für einen Wahlpflichtkurs einer 9. und 10. Klasse der Oberschule an der Elterbäke in Bookholzberg wurde ein Projekt gesucht, das herausfordernd für die Schülerinnen und Schüler sein und gleichzeitig die Attraktivität von

MINT-Fächern steigern sollte. Die Wahl fiel dabei auf das Projekt Stratosphärenballon. Ausschlaggebend waren dafür mehrere Punkte: Es ist innerhalb eines Schulhalbjahres durchführbar, die Finanzierung ist mit Sponsorenhilfe realisierbar und die einzelnen Projektaufgaben sind für die Altersstufe

angemessen. Nach der Durchführung des Projekts konnten diese Punkte bestätigt werden. Die Zeit reichte aus und die notwendigen Aufgaben konnten von den Schülerinnen und Schülern ausgeführt werden. Die Kosten beliefen sich auf ca. 2000 €, welche zu großen Teilen von lokalen Unternehmen gesponsert wurden (Abb. 1).

Um die notwendigen Aufgaben für ein solches Projekt zu verstehen, ist es zunächst notwendig, den groben Ablauf zu kennen. Ein Stratosphärenballon ist, wie beispielsweise ein Wetterballon, ein mit Helium gefüllter Latexballon, der zusammen mit einem daran angebrachten Fallschirm, einer Kanzel und einem Radarreflektor gestartet wird. Der Start kann in Absprache mit der Flugsicherung an einem beliebigen Punkt erfolgen, wobei sich ein Sportflugplatz wegen der freien Fläche anbietet. Die Deutsche Flugsicherung bietet auf ihrer Webseite zahlreiche Hinweise und konkrete Ansprechpartner für solche Aktivitäten [1]. In der Kanzel befindet sich ein sogenannter *GPS-Tracker*, welcher regelmäßig die Position des Ballons an eine Webseite schickt, auf der man die Flugroute in Echtzeit verfolgen kann. Um einen Mehrwert aus dem Projekt zu generieren, bietet sich zusätzlich die Mitnahme von Kameras und eines Datenloggers mit Sensoren für die Aufzeichnung von Höhe und Temperatur in der Kanzel an. Der Ballon wird am Boden mit dem Helium befüllt und dann freigelassen. Er steigt anschließend in die Höhe, bis er sich wegen der dünner werdenden Luft in großer Höhe so weit ausdehnt,



Abb. 1: Startvorbereitungen auf dem Flugplatz.

dass er platzt. Danach fällt die Kanzel am Fallschirm zu Boden. Durch die GPS-Koordinaten des Trackers ist es anschließend möglich, den Landeort zu bestimmen, um den Ballon wieder einzusammeln. Im Nachgang können mithilfe des Datenloggers die genaue Flugroute, das Höhenprofil des Flugs, die Temperaturunterschiede in unterschiedlichen Luftschichten sowie mithilfe der Kameras die Videoaufnahmen analysiert werden.

Aufgaben

Um ein Stratosphärenballon zu starten, müssen mehrere Aufgaben bearbeitet werden. Hierbei bietet es sich an, die Aufgaben auf einzelne Schülerteams aufzuteilen, die dann für ihren Teil verantwortlich sind. Wichtig ist dabei die Koordination zwischen den einzelnen Teams, um für einen reibungslosen Ablauf zu sorgen (Abb. 2).



Abb. 2: Die Ballonkanzeln mit Sponsorenaufdruck.

Die erste, weil übergeordnete Aufgabe ist die Steuerung des Projekts. Alle abzuarbeitenden weiteren Aufgaben müssen zu einem bestimmten Zeitpunkt erledigt sein, um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten. Die notwendigen Komponenten haben Bestellzeiten, die Fertigung dauert Zeit, die Absprachen mit allen Akteuren müssen in der richtigen Reihenfolge ablaufen. Zwei wichtige Punkte, die auch dem Zeitmanagement zugeordnet werden können, sind das Organisieren eines Startplatzes und der Verfolgung des Ballons. Als Startplatz wurde eingangs schon ein Sport-

flugplatz wegen der benötigten freien Fläche empfohlen. Ein Sportflugplatz hat zudem noch den weiteren Vorteil, dass der Tower direkten Kontakt zur Flugsicherung hat, um den Start zu melden. Für die Verfolgung müssen Personen ausgewählt und Fahrzeuge besorgt werden. Da die Schüler und Schülerinnen zumeist noch keine Führerscheine besitzen, sind hier auch die Eltern gefragt. Bei der Steuerung als übergeordnete Aufgabe ist eine enge Begleitung nötig, wie sich im hier vorgestellten Projekt zeigte. Auch wenn die Schülerinnen und Schüler selbst-

verantwortlich handeln, ist das Einhalten der Termine so wichtig, dass sich eine entsprechende Unterstützung und Kontrolle durch die Lehrkraft dringend anbietet.

Eine zweite Aufgabe ist die Sponsorenakquise und die Kostenkontrolle. Es muss sowohl Geld akquiriert als auch darauf geachtet werden, dass alle Teams das Budget einhalten. Gerade bei den Kosten können an dieser Stelle aber nur allgemeine Hinweise gegeben werden, da jede Schule unterschiedlich ausgestattet ist. Die im hier beschriebenen Projekt entstan-

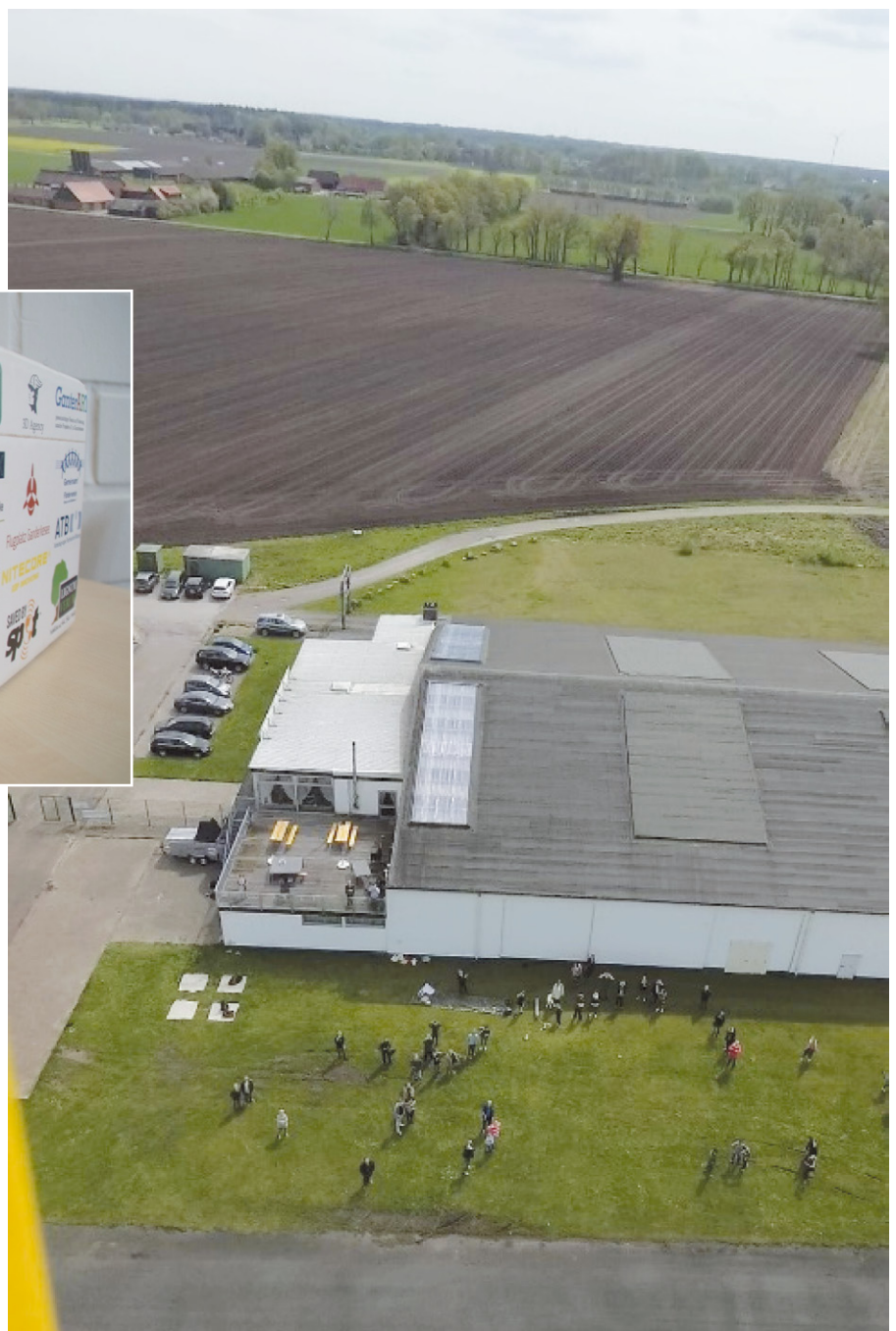


Abb. 3: Blick aus der Kanzel kurz nach dem Start.

denen Kosten von 2000 € könnten durch günstigere Komponenten verringert werden. Die angefragten lokalen Unternehmen zeigten sich aber auch sehr begeistert von dem Projekt und unterstützten das Schülerprojekt großzügig.

Die dritte Aufgabe stellt der Bau des Stratosphärenballons dar. Hierbei müssen die entsprechenden Komponenten bestimmt und aufeinander abgestimmt werden. Ein wichtiger Punkt ist dabei das Gewicht, da die Ballons nur eine geringe, genau definierte Tragfähigkeit haben. Zudem bestimmt das Gewicht die maximale Flughöhe und die Steiggeschwindigkeit. Zum Bau gehören zudem auch die Vorabtests aller Komponenten, um einen reibungslosen Flug zu gewährleisten. Die Technik wird im kommenden Kapitel im Detail beschrieben (Abb. 3).

Aufgabenbereich vier stellt die Bestimmung der Flugroute und Flugdauer für den konkreten Starttag dar. Da der GPS-Tracker sein Signal per Mobilfunknetz sendet, hat man ab einer gewissen Flughöhe keinen Kontakt mehr zum Ballon, bis er sich im Sinkflug mit dem Fallschirm wieder im Bereich des Mobilfunknetzes befindet. Um im Vorfeld grob zu bestimmen, wo der Ballon landen wird (um ihn wieder aufzusammeln), ist es ratsam die Flugroute im Vorfeld zu bestimmen. Im hier vorgestellten Fall flog der Ballon ca. 150 km weit und wurde in relativer Nähe zur Nordsee gestartet. Bei südlichen Winden wäre der Ballon im Meer gelandet. Verschiedene Webseiten bieten Programme für die Vorausberechnung an. Sehr gut ist die von der Universität Cambridge kostenlos bereitgestellte *Landing Prediction Software* [2] oder der *ASTRA High Altitude Balloon Flight Planner* [3] der University of Southampton. Für die Berechnung notwendig sind genaue Angaben zum Gesamtgewicht des Stratosphärenballons und der Steigrate, eine Hilfestellung dafür bietet die Webseite *Stratoflights* [4]. Die Berechnung ist wegen des notwendigen Wetterberichts maximal 7 Tage im Voraus möglich.

Die fünfte Aufgabe betrifft die Absprachen mit Behörden und Versicherung. Um einen Stratosphärenballon zu starten, braucht man eine Startgeneh-

migung. In Niedersachsen wird diese von der Niedersächsischen Behörde für Straßenbau und Verkehr ausgestellt. Um eine Genehmigung zu bekommen, braucht man eine Luftfahrtversicherung für den Flugtag. Verschiedene größere Versicherer haben zu diesem Zweck spezielle Policen. Hier kommt es auch wieder auf das Zeitmanagement an. Die Genehmigung wird nur für ein bestimmtes Zeitfenster ausgestellt. Wichtig ist es zu prüfen, ob in diesem Zeitfenster die Wetterbedingungen und die vorausberechnete Flugroute zusammenpassen.

Technik

Das gesamte System Stratosphärenballon besteht aus dem Latexballon, an dem der Fallschirm angebracht ist und an den wiederum Kanzel und Radarreflektor befestigt werden. Der Ballon, als oberster Komponente dieser Kette, muss passend zum Gewicht des Gesamtsystems gewählt werden. Dabei muss sehr exakt vorgegangen werden und das Gewicht aller Teile (Leinen, Kanzel, Eigengewicht der Ballonhülle, Fallschirm und Radarreflektor) addiert werden (Abb. 4).

Einige Hersteller, wie beispielsweise *Stratoflights*, bieten Gesamtsets für ein Stratosphärenballonprojekt an. Hier muss man entscheiden, inwieweit die Auswahl und Berechnung der Einzelteile Inhalt des Technikunterrichts sein sollen. Im hier vorgestellten Projekt wurden alle Teile einzeln gekauft und es war Aufgabe der Schülerinnen und Schüler, die Komponenten entsprechend aufeinander abzustimmen, wobei der genutzte Ballon von der Firma *Random Engineering* [5] gekauft wurde, welche verschiedene Modelle verschiedener Hersteller anbietet. Für das Zusammenbringen der einzelnen Komponenten ist eine entsprechend reiß-

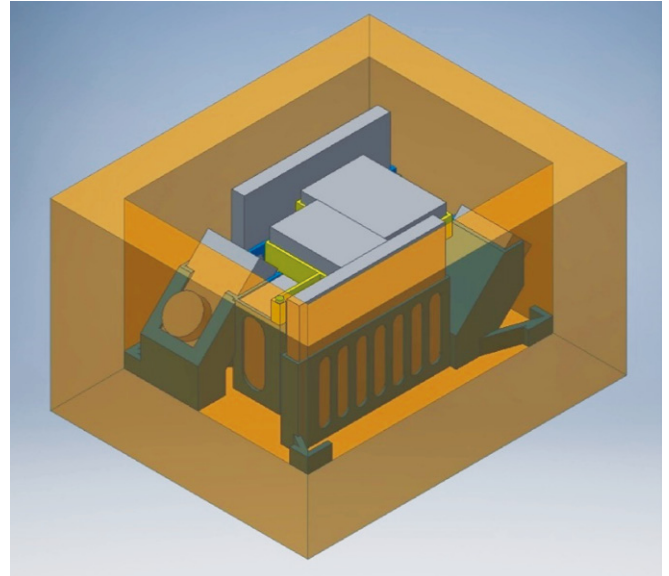


Abb. 4: Die Kanzel mit der notwendigen Elektronik im 3D-Modell.

festen Schnur notwendig. *Stratoflights* bietet hier eine Ausführung, welche den Anforderungen der Flugsicherung entspricht. Als Radarreflektor eignen sich leichte Modelle aus Pappe, die im Bootshandel erhältlich sind. Radarreflektoren sind allerdings erst ab einem bestimmten Gewicht Pflicht, auch hier kann man sich vorab bei der Flugsicherung informieren. Für Fallschirme gibt es ebenfalls viele Anbieter, die beiden bereits genannten, *Stratoflights* und *Random Engineering*, bieten entsprechende an. Auch der Fallschirm muss passend zum Gesamtgewicht gewählt werden, wobei wichtig ist, das Restgewicht der geplatzten Ballonhülle zu beachten. Da der Ballon und das Helium eigene Kostenfaktoren sind, bedeutet ein geringeres Gewicht auch einen kleineren und deutlich günstigeren Ballon. Gewicht und Größe sind zwei Punkte, die während der gesamten Planungs- und Bauphase immer wieder überprüft werden sollten (Abb. 5).

Die Kanzel beinhaltet alle notwendige Elektronik auf engstem Raum und ist damit eine der größten technischen Herausforderungen. Die meisten Webseiten und Anbieter empfehlen eine Kiste oder Kugel aus Styropor. Diese hat drei entscheidende Vorteile: Leichtigkeit, Schwimmfähigkeit (falls die Landung doch auf dem Wasser erfolgt) und gute mechanische Eigenschaften bei der Abfederung der Landung. Die bereits genannten Anbieter haben verschiedene Boxengrößen im Angebot,