Gefährdungsbeurteilung ApexExplorer

1. Beschreibung des Versuchs

Bei diesem Versuch wird eine Rakete (ca. 200g) mit einem pyrotechnischen Treibsatz auf eine Höhen von ca. 70m (kleiner Treibsatz) bzw. ca. 200m (großer Treibsatz) gebracht. Dabei misst sie kontinuierlich die Größen Höhe, Geschwindigkeit, Beschleunigung und die Schubkraft des Treibsatzes.
Jede Rakete wird durch die Zusammenarbeit von vier Teams gestartet. Jedes Team hat klar formulierte Aufgaben und explizite Checklisten. Dies stellt sicher, das die Rakete für die Beteiligten sicher gestartet werden kann.

2. Durchführende Personen

Schüler*innen ab der 10. Klasse unter Aufsicht der Lehrkraft.

3. Allgemeine und physikalische Gefährdungen

a) Gefahr durch herabfallende Gegenstände

- Durch Fehlfunktion des Fallschirms kann die Rakete ungebremst und mit hoher Geschwindigkeit auf dem Boden aufschlagen.

b) Gefahr durch explosionsgefährliche Stoffe

- Die Treibsätze enthalten bis zu 17,5g Schwarzpulver. Fehlzündungen oder falscher Umgang mit den Treibsätzen kann zu Explosionen führen.

c) Gefahr von Verbrennungen / Gefahr durch heiße Oberflächen

- Der Treibsatz erzeugt einen sehr heißen Abgasstrahl. Dieser kann auf der Haut zu schweren Verbrennungen führen. Oberflächen, die mit dem Abgasstrahl in Kontakt kamen können sich erhitzen.

4. Schutzmaßnahmen

Allgemein

- Das Lesen und Befolgen der Anleitung ist von größter Bedeutung.
- Die Checklisten müssen vollständig und in der vorgegebenen Reihenfolge bearbeitet werden.
- Jede teilnehmende Schüler*in wird genau einem Team zugeordnet und arbeitet während des Flugversuchs ausschließlich mit diesem Team zusammen.
- Eine neue Phase der Checklisten wird erst dann begonnen, wenn alle Teams ihre Checkliste der aktuellen Phase vollständig abgearbeitet haben.
- Das Team *Mission Control* entscheidet wann eine neue Phase beginnt.

a) Schutz vor herabfallenden Gegenständen

- Der Bereich in dem die Rakete ungebremst Landen könnte darf beim Start von niemandem betreten werden.
- Zum Start des Countdowns der Rakete wird ein Achtungssignal (Piff) gegeben. Alle Schüler*innen sind aufgefordert den Flug der Rakete zu beobachten um sich notfalls in Sicherheit bringen zu können.

b) Schutz vor explosionsgefährlichen Stoffen

- Nur einzelne, speziell eingewiesenen Schüler*innen haben Zugang zu den Treibsätzen.
- Treibsätze werden grundsätzlich ohne Zünder bewegt.

c) Schutz vor Verbrennungen

- Durch technische Maßnahmen kann der Treibsatz nur gezündet werden, wenn ...
  - ... der Zünder eingesetzt wurde UND
  - ... die Rakete senkrecht auf der Startplattform steht UND
  - ... die Lehrkraft den Startcode eingeben hat.
- Der Zünder wird nur durch einzelne, speziell eingewiesenen Schüler*innen eingesetzt, die sich danach schnellst möglich aus der Gefahrenzone begeben.
- Sobald ein Zünder im Treibsatz ist muss bei Arbeiten am Treibsatz eine Schutzbrille getragen werden.

Didaktisch-pädagogische Einschätzungen

Flugversuche mit dem ApexExplorer sind sehr sicher.
Durch die mehrstufigen Sicherheitssysteme liegt das Schadensrisiko durch einen ApexExplorer deutlich unter dem Risiko beim Verwenden von Silversterraketen.
Beim strikten Befolgen der Anleitung und der Checklisten ist das Eintreten eines Personenschadens nahezu ausgeschlossen.
Da es aber keine absolute Sicherheiten gibt, muss das Restrisiko des Flugversuchs gegen die didaktisch-pädagogischen Vorteile eines Experiments mit dem ApexExplorers abgewogen werden.
Diese Vorteile sind:

- Durch die gefühlte Gefahr, die von Raketen ausgeht haben Schüler*innen ein intrinsisches Interesse sich genau an die Checklisten zu halten.
- Für einen erfolgreichen Raketenflug müssen die vier Teams konzentriert und "auf den Punkt genau" zusammenarbeiten. Durch das Seting eines Raketenstarts ist Teamwork nicht nur eine pädagogische gewünschte, sondern auch eine technisch zwingend notwendige Arbeitsform. Der Erfolg hängt dabei von jedem Team ab.
- Die Teamarbeit bietet auch SuS, die mit den kognitiv abstrakten Anforderungen im Fach Physik Probleme haben, die Möglichkeit Kompetenzen im physikalischen Arbeiten (exaktes Durchführen von Experimenten anhand einer schriftlichen Anleitung) zu zeigen.
- Die Erleichterung einer sicher gelandeten Rakete belohnt die Schüler*innen direkt für die Teamarbeit.
- Durch das Mitfiebern beim Raketenflug ist die Aufmerksamkeit der Schüler*innen deutlich gesteigert. Die SuS werden sich in den folgenden Wochen viel wahrscheinlicher an Details des Flugs erinnern, als dies bei einem Tischexperiment der Fall wäre. Die SuS bleiben den gewonnen Daten sozusagen lange *emotional* verbunden.

Diese Vorteile lassen sich ohne die minimalen Risiken eines Raketenflugs nicht realisieren und rechtfertigen die Inkaufnahme des geringen Restrisikos.