



**TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN**

---

**Fakultät Physik**

---

Professur für Didaktik der Physik

Prof. Dr. Gesche Pospiech

## **Beleg**

**Thema:**

**Physikalische Schulexperimente 1 und 2 für Lehramt  
Oberschule**

Name: Jörg Hoffmann

Geb.am: 08.02.1971 in Karl-Max-Stadt, jetzt Chemnitz

Weiterbildung für Seiteneinsteiger in das Lehramt

Abgabe: 09.08.2024

Betreuer: Paul Böning, Kerstin Gedigk, Farahnaz Sadidi

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| 1. Aufgabenstellung .....  | 4  |
| 2. Einleitung.....   | 4  |
| 3. Erarbeitungsexperiment .....                                    | 5  |
| 3.1 Merkmale .....   | 5  |
| 3.2 Aufgabenstellung .....   | 5  |
| 3.3 Fallbeschleunigung mit dem Phylatex-Polydiget .....            | 5  |
| 3.3.1 Hilfsmittel.....   | 5  |
| 3.3.2 Aufbau.....  | 6  |
| 3.3.3 Durchführung.....  | 7  |
| 3.3.4 Messwerte.....   | 8  |
| 3.3.5 Auswertung.....  | 8  |
| 3.3.6 Fehleranalyse .....  | 9  |
| 3.4 Fallbeschleunigung mit Fallschnüre und die App „phyphox“ ..... | 9  |
| 3.4.1 Hilfsmittel.....   | 9  |
| 3.4.2 Aufbau.....  | 9  |
| 3.4.3 Durchführung.....  | 10 |
| 3.4.4 Messwerte.....   | 10 |
| 3.4.5 Auswertung.....  | 11 |
| 3.4.6 Fehleranalyse .....  | 13 |
| 3.4.7 Lehrplaneinordnung.....                                      | 13 |
| 3.5 Lernschwierigkeiten/Schülervorstellungen.....                  | 15 |
| 3.6 Einbettung der Experimente im Unterricht.....                  | 15 |
| 4 Quantitatives Experiment .....                                   | 17 |
| 4.1 Merkmale .....   | 17 |
| 4.2 Aufgabenstellung .....   | 17 |
| 4.3 Hilfsmittel.....   | 17 |
| 4.4 Aufbau .....   | 18 |
| 4.5 Durchführung.....  | 18 |
| 4.6 Auswertung.....  | 19 |
| 4.7 Fehleranalyse .....  | 20 |
| 4.8 Lehrplaneinordnung.....  | 20 |

---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 4.9      | Lernschwierigkeiten / Schülervorstellungen..... | 20        |
| 4.10     | Einbettung der Experimente im Unterricht.....   | 20        |
| <b>5</b> | <b>Einstiegsexperiment .....</b>                | <b>21</b> |
| 5.1      | Merkmale .....                                  | 21        |
| 5.2      | Aufgabenstellung .....                          | 21        |
| 5.3      | Hilfsmittel.....                                | 21        |
| 5.4      | Aufbau .....                                    | 22        |
| 5.5      | Durchführung.....                               | 22        |
| 5.6      | Auswertung.....                                 | 23        |
| 5.7      | Fehleranalyse .....                             | 24        |
| 5.8      | Lernschwierigkeiten / Schülervorstellungen..... | 24        |
| 5.9      | Lehrplaneinordnung.....                         | 24        |
| 5.10     | Einbettung der Experimente im Unterricht.....   | 24        |
|          | <b>Literaturverzeichnis.....</b>                | <b>26</b> |

## 1. Aufgabenstellung

Ausführliche Ausarbeitungen zu drei in PSE 1 durchgeführten Experimenten sind in Form eines Belegs einzureichen.

Die Auswahl der Experimente unterliegt folgenden Randbedingungen:

1. müssen aus unterschiedlichen Versuchskomplexen stammen
2. mindestens 1 quantitatives Experiment
3. mindestens 1 Experiment, dass als Einstiegsexperiment eingeordnet wird
4. mindestens 1 Experiment, dass als Erarbeitungsexperiment eingeordnet wird

Die Experimente stammen aus den Versuchskomplexen:

- Bewegungen und Sensoren
- Energie, Arbeit und Leistung
- Thermodynamik

## 2. Einleitung

Experimente sollten ein zentrale im Physikunterricht spielen. Sie sind unverzichtbar für das Verständnis physikalischer Konzepte. Den Schülern und Schülerinnen soll ermöglicht werden theoretisches Wissen durch praktische Anwendung zu verinnerlichen. Gleichzeitig werden abstrakte Theorien greifbar und begreifbar, wodurch die Motivation und das Engagement der Schüler und Schülerinnen im Unterricht gestärkt wird. In diesem Beleg werden drei Experimente aus drei Sachgebieten vorgestellt, welche jeweils zu unterschiedlichen Experimenttypen Erarbeitungsexperiment, Einstiegsexperiment und quantitatives Experiment zugeordnet werden können.

## 3. Erarbeitungsexperiment

### 3.1 Merkmale

Ein Erarbeitungsexperiment hilft Schülern dabei ein tieferes Verständnis von physikalischen Konzepten zu entwickeln, indem sie eigenständig Daten sammeln, analysieren und interpretieren. Ein solches Experiment sollte komplexer sein als ein Einstiegsexperiment und mehrere Variablen einbeziehen.

### 3.2 Aufgabenstellung

Bestätigen Sie in einem quantitativen Experiment, dass der freie Fall eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung ist und ermitteln Sie die Fallbeschleunigung. Verwenden Sie dazu

- den Phylatex-Polydigit (siehe Anleitung auf OPAL) und
- Fallschnüre und die App „phyphox“.

Reflektieren Sie beide Versuchsaufbauten und vergleichen Sie sie miteinander. Nennen Sie die Vor- und Nachteile jedes Experiments und positionieren Sie sich klar zu deren Einsatz im Unterricht.

### 3.3 Fallbeschleunigung mit dem Phylatex-Polydigit

#### 3.3.1 Hilfsmittel

- Digitalzähler (MW10/4) [1]
- Schranke (mechanischer Schalter) [2]
- Elektromagnet mit [4] Anschluss an den Digitalzähler [3]
- Anschluss an die Schranke [5]
- Kugel als Fallobjekt [6]
- Auffangsäckchen (MW 10/3) [7]
- Maßband (MW 5/4)
- Stativmaterial (MW4), Fuß, Stange, 3 Winkel



Bild 1: Zubehör Phylatex-Polydigit

### 3.3.2 Aufbau

Aufbau des Versuches entsprechend Anleitung für Phylatex-Polydigit, welche über OPAL zur Verfügung gestellt wurde. (Anleitung Phylatex-Polydigit)  
Mit Hilfe des Stativmaterials befestigt man den Elektromagnet in einer Höhe von mindesten 0,75m. Die Anschlüsse des Magneten werden in den Zähler an Buchse 8 angeschlossen. Die Schranke wird im Abstand von 0,5m vom Magneten am Stativ befestigt und mit dem Stecker [5] verbunden. Der Auffangsack wird unterhalb der Schranke am Stativ befestigt, hier soll die Kugel hineinfallen. Der Zähler mit dem Netzstecker [9] angeschlossen.

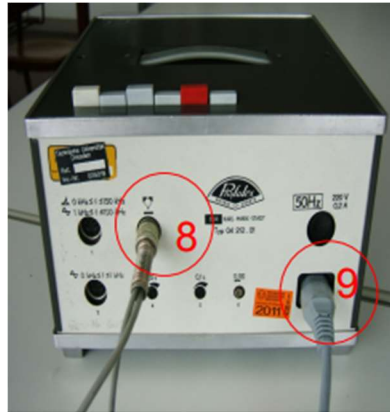


Bild 2: Anschlüsse am Digitalzähler (Ansicht Hinterseite)

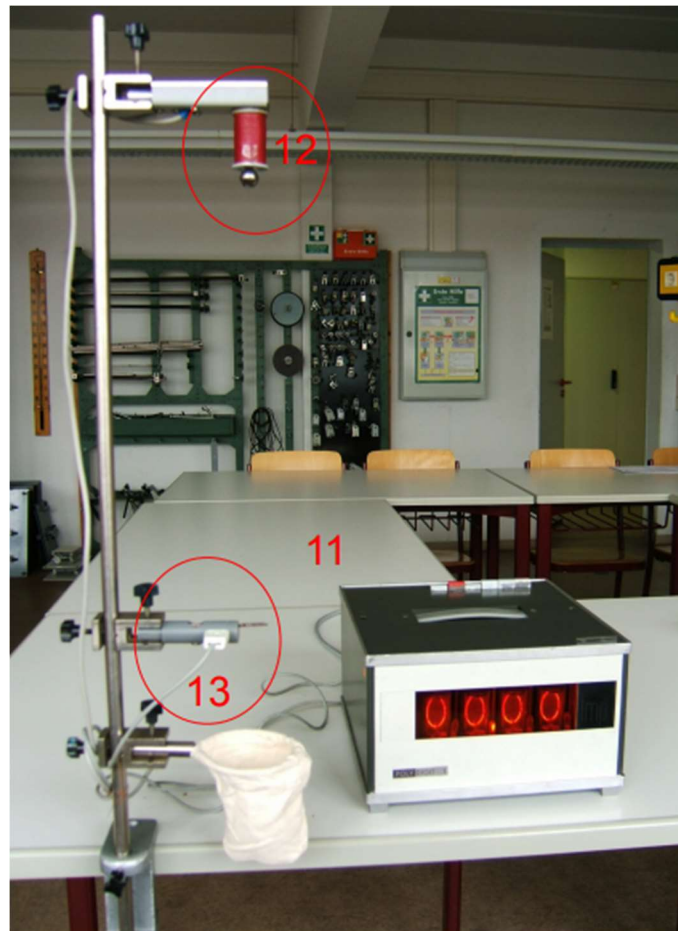


Bild 3: Aufbau laut Anleitung [Bild 1-3 (Anleitung Phylatex-Polydigit)]

### 3.3.3 Durchführung

Mit dem Versuch wird die Zeit gemessen vom Lösen der Magnet bis zum Öffnen des Stromkreises durch Aufschlag der Kugel auf den mechanischen Schalter. (Fehler in Anleitung Punkt 16)

Am Digitalzähler wird die Taste „EIN“ gedrückt. Der Zähler wird aktiviert und die Kugel kann an den Magneten mittig angesetzt werden. Wichtig ist die

genau Ausrichtung des Schalters dies kann einige Versuche benötigen. Zur Messung muss die Taste „100Hz“ eingedrückt sein. Vor der Messung muss mit der Taste „Null“ der Zähler zurückgesetzt werden. Durch die Taste „Start“, wird der Stromfluss zum Elektromagneten unterbrochen und der Zähler gestartet. Die Kugel fällt in das Säckchen und trifft vorher den Schalter wodurch die Stoppuhr anhalten wird.

Dieser Versuch sollte mehrmals Mal wiederholt werden, um Messfehler möglichst auszugleichen und mit dem Mittelwert die Berechnung durchzuführen.

### 3.3.4 Messwerte

Um die Genauigkeit zu erhöhen haben wir 5 Versuche durchgeführt. In den Spalten t1-t5 werden die Messwerte notiert. In der Spalte „Durchschnitt“ wird mit Hilfe von Excel die durchschnittliche Fallzeit berechnet.

| Versuch       | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> | t <sub>3</sub> | t <sub>4</sub> | t <sub>5</sub> | Durchschnitt |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Fallzeit in s | 0,31           | 0,3            | 0,34           | 0,33           | 0,31           | 0,3180       |

Durchschnitt ... Summe von t1-t5 Dividiert durch 5)

### 3.3.5 Auswertung

Um die Fallbeschleunigung zu bestimmen muss die Formel  $s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$  nach g umgestellt werden.

s ... Fallstrecke

g ... Fallbeschleunigung

t ... Fallzeit

$$g = \frac{2 \cdot s}{t^2} = \frac{2 \cdot 0,5m}{0,318s^2} = 9,888 \frac{m}{s^2}$$

Der durch das Experiment ermittelte Wert für die Fallbeschleunigung hat nur 1% vom Erwartungswerte  $9,81 \frac{m}{s^2}$  entfernt. Bei den Messwerten gibt es allerdings eine Abweichung von 0,04s was etwa 10% des Durchschnittswertes der Zeit entspricht. Es zeigt sich also die Effektivität der Verwendung eines Durchschnittswertes.

### 3.3.6 Fehleranalyse

Man konnte beobachten, dass nicht immer der Schalter korrekt getroffen wurden. Es konnte passieren das der Schalter nicht öffnete, aber wohl es im Versuchsdurchgang vorher funktioniert. Die konnte passieren durch die nicht genaue Platzierung der Kugel am Magneten.

Fehler könnten durch Ungenauigkeit bei der Einstellung/Messung des Abstandes von Kugel und Schalter auftreten. Dieser Fehler sollte durch genaues Arbeiten, weitest gehen minimiert werden. Der Auslöser des mechanischen Schalters muss genau getroffen werden, wie das Experiment gezeugt hat, kann dies nicht immer gewährleistet werden. Hier könnte die Verwendung einer Laserschranke die Genauigkeit erhöhen. Um die Genauigkeit zu erhöhen, wäre die Verwendung von 10-20 Messungen eine gute Möglichkeit. Auch die Erhöhung des Abstandes von Magnet und Schalter könnte die Genauigkeit der Bestimmung verbessern.

## 3.4 Fallbeschleunigung mit Fallschnüre und die App „phyphox“

### 3.4.1 Hilfsmittel

- Fallschüre (MW 6/7 blaue Schachtel)
- Massestücke 100g mit Haken (MW 3/3)
- Smartphone oder Tablet mit der phyphox-App (Audio-Amplitude)
- Maßband (MW 5/4)

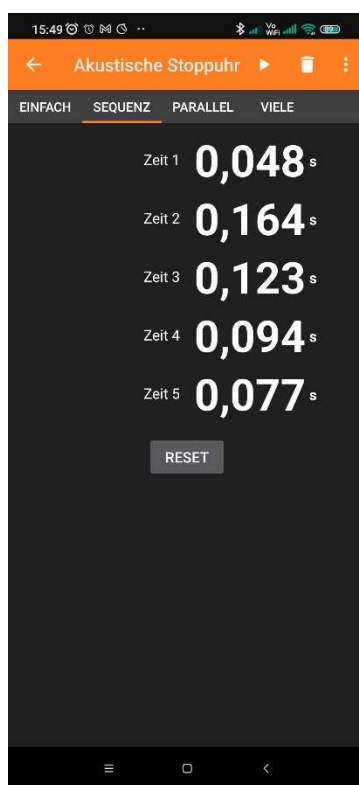
### 3.4.2 Aufbau

Für das Experiment werden zwei Fallschüre mit einer Länge von jeweils 2m erstellt. Die Erste mit gleichen Abständen der Massestücke und bei der Zweite werden die Abstände immer größer. Ausgehend vom Abstand zwischen den ersten beiden Gewichten (1), werden die Abstände im Verhältnis 1:3:5:7:9...erhöht.

### 3.4.3 Durchführung

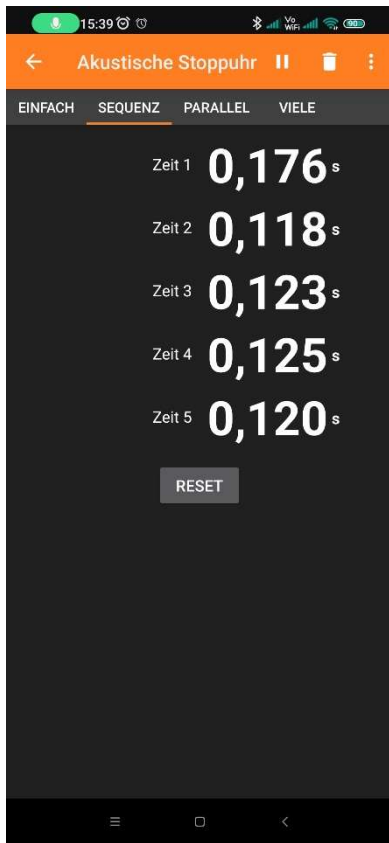
Um die Zeiten zwischen den Aufschlägen auf dem Boden der jeweiligen Gewichte zu bestimmen, verwendet man phyphox-App und öffnet unter dem Punkt Zeitmessung die „Akustische Stoppuhr“. Falls viele Nebengeräusche vorhanden sind, kann man die Schelle daran anpassen, damit keine ungewünschten Audio-Impulse gestoppt werden. Da der Abstand mehrerer Aufschläge in Folge gemessen werden sollen, wird die „Sequenz“-Messung verwendet. Die Schur wird so gehalten, dass das untere Ende knapp über den Boden ist. Mit der App-Taste „Reset“ wird der Zähler auf Null gesetzt. Jetzt startet man die Stoppuhr in der Titelleiste und lässt die jeweilige Schur lös.

### 3.4.4 Messwerte



Es war deutlich die immer schneller werdende Folge der Aufschläge zu hören.

Bild 4: Ergebnis Fallschnur mit gleichen Abstand



Zu hören war eine gleichmäßig Folge von Aufschlägen auf dem Boden.

Bild 5: Ergebnis Fallschnur mit Abstand 1:3:5:7:9

### 3.4.5 Auswertung

| 1. Position an der Fallschnur in m | Abstand zwischen den Objekten in m | Zeit zwischen den Aufschlägen in s | Zeit bis zum Aufschlag in s | $g=2 \cdot s / t^2$ | $v$ in m/s<br>$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s}$ |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--|
| 0,010                              | 0,050                              | 0,048                              | 0,048                       | 8,68                | 0,417  |
| 0,520                              | 0,470                              | 0,164                              | 0,212                       | 23,14               | 5,753  |
| 0,990                              | 0,470                              | 0,123                              | 0,335                       | 17,64               | 9,896  |
| 1,450                              | 0,460                              | 0,094                              | 0,429                       | 15,76               | 13,753                                       |
| 1,950                              | 0,500                              | 0,077                              | 0,506                       | 15,23               | 17,713                                       |

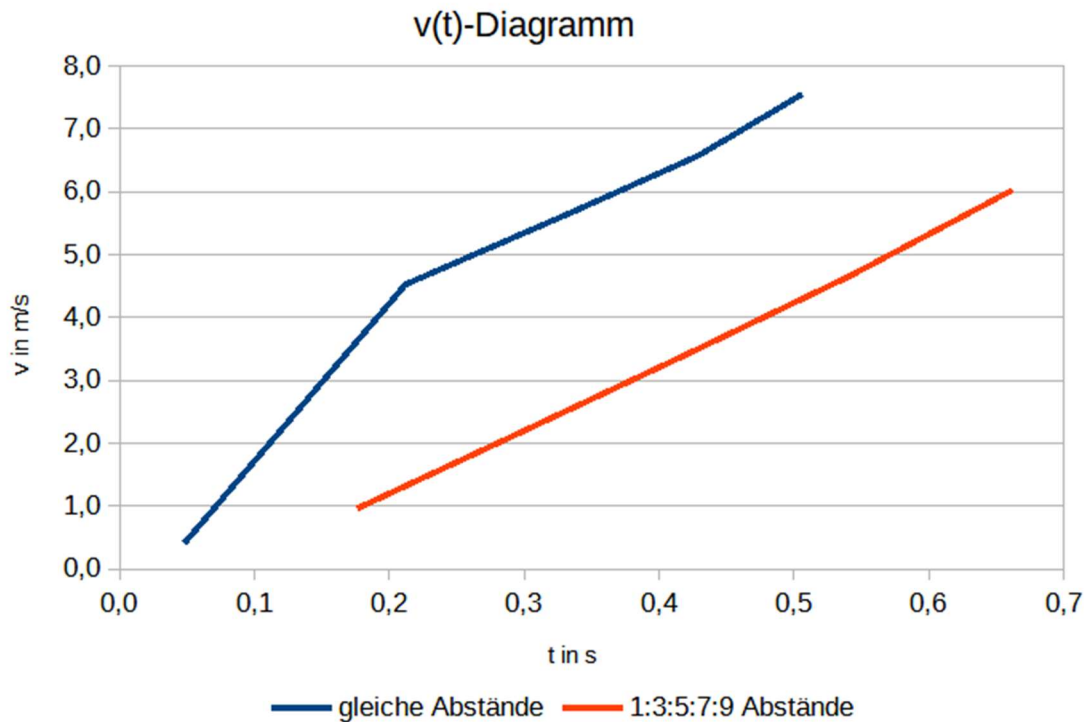
Tabelle 1: Fallschnur gleiche Abstände zwischen Gewichten Berechnung  $g$  und  $v$

Der Versuch mit der Fallschnur mit gleichverteilten Gewichten ist gut die immer schneller werdende Folge der Aufschläge in den Zahlen abzulesen. Da die Wegstrecke immer gleich ist und die benötigte Zeit immer kürzer wird, ist dieses Experiment ein anschaulicher Nachweis für den Fall eine beschleunigten Bewegung. Betrachtet man die Ergebnisse für die Fallbeschleunigung und damit für die Geschwindigkeit, muss man leider feststellen, dass diese Werte nicht den Erwartungen entsprechen. In unserem Versuch wird die Fallbeschleunigung mit einem Durchschnitt von  $16,1 \frac{m}{s^2}$  bestimmt, was natürlich deutliche zu hoch ist. Hier sticht der erste Messwert aus der Reihe hervor, welcher mit einer Fallbeschleunigung von  $8,86 \frac{m}{s^2}$  deutliche besser die Erwartung trifft. Auch die berechnete Endgeschwindigkeit ist somit deutlich zu hoch, da es in der Theorie maximal  $6,25 \frac{m}{s^2}$  erreichen kann. Ein Nachweis für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung kann leider nicht erbracht werden, da die Ergebnisse eher langsame abnehmende Beschleunigung ergeben. Diese Tatsache könnte allerdings mit der zunehmenden Luftreibung erklärt werden.

| Position an der Fallschnur in m | Abstand zwischen den Objekten in m | Zeit zwischen den Aufschlägen in s | Zeit bis zum Aufschlag in s | g in $m/s^2$<br>$g=2 \cdot s / t^2$ | v in m/s<br>$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot s}$ |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| 0,085                           | 0,085                              | 0,176                              | ·0,176                      | 5,49                                | 0,966                                      |
| 0,315                           | 0,230                              | 0,118                              | 0,294                       | 7,29                                | 2,143                                      |
| 0,705                           | 0,390                              | 0,123                              | 0,417                       | 8,11                                | 3,381                                      |
| 1,265                           | 0,560                              | 0,125                              | 0,542                       | 8,61                                | 4,668                                      |
| 1,995                           | 0,730                              | 0,120                              | 0,662                       | 9,10                                | 6,027                                      |

Tabelle 2: Ergebnis Fallschnur Abstände größer werdend zwischen Gewichte mit Berechnung g und v

Deutliche besser im Ergebnis ist das zweite Experiment gelungen. Auch hier tritt allerdings der erste Wert mit einer größeren Abweichung aus der Reihe heraus. Die folgenden Zeiten, bestätigen aber die Theorie relativ gut. Es wird gezeigt, dass bei der Fall eine beschleunigten Bewegung ist. Obwohl die zurückgelegte Strecke (der Abstand zwischen den Gewichten) immer Größer wird, bleiben die Zeit zwischen den Aufschlägen fast gleich. Hier ist das Ergebnis für die Fallbeschleunigung auch näher an der Theorie mit einem Durchschnitt von  $8,2 \frac{m}{s^2}$  (ohne 1. Wert). Betrachtet man die Einzelwerte muss man allerdings feststellen, dass es auch hier nicht wirklich den Beweis für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung gibt. Die Beschleunigungswerte nehmen immer weiter zu.



### 3.4.6 Fehleranalyse

Messfehler entstanden vor allem beim Start der Stoppuhr. Der erste Wert in dem Fallschnurexperiment weist immer Abweichungen von der Erwartung auf. Beim der Fallschnur mit gleichen Abstand ist ein besonders großer Fehler entstand. Vermutlich löste die „Akustische Stoppuhr“ verzögert aus, vielleicht weil die Schnur zu hoch gehalten wurde oder Nebengeräusche störten. Auch mehrere Wiederholungen brachten keine besseren Ergebnisse. Weitere Fehlerquellen liegt im Abstand der Gewichte. Es gelang nicht immer im genau gewünschten Abstand die Gewichte zu platzieren.

### 3.4.7 Lehrplaneinordnung

Das Konzept der Bewegung und Geschwindigkeit wird in verschiedenen Lehrbereichen des sächsischen Lehrplans für Oberschulen eingeführt und fortgeführt. In der Klassenstufe 6 werde die Schüler und Schülerinnen mit den Grundbegriffen der Bewegungslehre im Lehrbereich 2 „Bewegungen von Körpern, Dichte von Stoffen“ vertraut gemacht. Sie lernen die Bewegungsarten geradlinige Bewegung, Kreisbewegung und Schwingung beurteilen. Unterscheiden zwischen gleichförmiger und ungleichförmiger Bewegung und lernen die Physikalische Größe Geschwindigkeit mit den

Einheiten  $\frac{m}{s}$  und  $\frac{km}{h}$  kennen. Sie entwickeln Größenvorstellungen für Geschwindigkeiten und erlernen die Zusammenhänge zwischen Weg, Zeit und Geschwindigkeit durch praktische Beispiele z.B. aus dem Straßenverkehr. Mit der Durchführung von Schülerexperimenten, werden die Fähigkeiten beim Erfassen von Messwerten in Tabellen und Diagrammen gestärkt. In der Klasse 9 werden die Kenntnisse über Bewegungen im Lehrbereich 5 „Bewegung und ihre Ursache“ behandelt. Vertiefend wird auf die beschleunigte und verzögerte Bewegung eingegangen. Durch das Erstellen und Auswerten von  $v(t)$ -Diagrammen, Trainieren Sie ihre Fähigkeiten. Die Schülerinnen und Schüler verstehen den Zusammenhang von Geschwindigkeit, Zeit und Beschleunigung und können diesen in Jeedesto-Aussagen wiedergeben. Ein Beispiel für eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung, welches den Schülerinnen und Schülern einen guten Bezug zu ihrem Alltag mit zahllosen Beispielen bietet ist der „Freie Fall“.

Die Kenntnisse der Grundsätze der Bewegung sind auch in weiteren Lehrbereichen von Bedeutung. Im der Klassenstufe 7 wird im Lehrbereich 1 „Kraft und ihre Wirkungen“ (Kultus, 2019) die Gewichtskraft eingeführt. Die Schülerinnen und Schüler müssen unterscheiden zwischen Masse und Kraft Wirkung. In diesem Zusammenhang lernen Sie auch den Ortsfaktor (Fallbeschleunigung) kennen.

Um das Fallexperiment zu verstehen und um die notwendigen Auswertungen durchführen zu können, sind die Kenntnisse der aufgeführten Lehrbereiche notwendig.

Die Vorkenntnisse im Einzelnen:

- Bewegungsarten
- Geschwindigkeit und Einheiten
- Kompetenz zum Experimentieren und Erheben von Messdaten
- Lesen und Erstellen von Diagrammen
- Ortsfaktor (Fallbeschleunigung)
- $s = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$  mit  $s$ : Fallhöhe,  $g$ : Fallbeschleunigung,  $t$ : Fallzeit in Sekunden
- mathematische Grundlagen

### 3.5 Lernschwierigkeiten/Schülervorstellungen

Die Schülerinnen und Schüler haben oft Probleme mit der Interpretation von Beschleunigungsgraphen. (al., 2013) Mathematische Berechnungen, die mit den physikalischen Konzepten einhergehen, stellen oft eine zusätzliche Herausforderung dar. Durch die Einbindung der App beim Fallschnur - Experiment wird das Interesse der Schüler und Schülerinnen geweckt und die Herausforderungen, auf „spielerische“ und für die Schüler interessante Weise trainiert. Die vorbereiteten Berechnungen werden praktisch mit dem Knüpfen der Fallschnur umgesetzt, wodurch der direkte Bezug von mathematischen Berechnungen und physikalischen Konzepten verdeutlicht wird.

### 3.6 Einbettung der Experimente im Unterricht

Mit dem Versuch „Fallbeschleunigung mit dem Phylatex-Polydigidet“ kann sehr genau die Fallbeschleunigung bestimmt werden. Es können die Fehlerquellen minimiert werden, aber den Nutzen im Unterricht sehe ich als relativ begrenzt an. Es ist ein sehr technischer Versuch, bei dem die Schüler und Schülerinnen nicht viel mitwirken können und auch nur eine Zeit sehen und einen kurzen Fall. Dieser Versuch könnte als Einstiegsexperiment verwendet werden für eine Unterrichtseinheit in der die Fallbeschleunigung und der Zusammenhang zwischen Weg, Zeit und Geschwindigkeit behandelt wird in der Klassenstufe 9. Für eine bessere Verständlichkeit der Beschleunigten Bewegung an sich und die Fall im Besonderen, würde ich die Kombination zwischen den Galiläischen Versuch mit der schiefen Ebene und einem Versuch mit der Fallschnur vorziehen welche die Schülerinnen und Schüler selbst durchführen können. Die Theoretischen Grundlagen können im Versuch mit der Schiefen Ebene erarbeitet werden 1:3:5:7 .. und im Fallversuch bestätigt werden. Diese Vorgehensweise könnte zu einem besseren Verständnis und damit zu einem Lernerfolg führen. Diese Versuche kann ich auch mit den Mitteln, welche an meiner Schule verfügbar sind, durchführen. Durch die Einbindung von Smartphone oder Tablet kann die Motivation der Schülerinnen und Schüler gestärkt werden. Diesen Versuch könnte man ich Gruppenarbeit durchführen. Folgender Arbeitsauftrag wäre vorstellbar: „Bestätigt mit Hilfe einer maximal 2m langen Fallschnur mit 4 oder 5 Gewichten und der App „phyphox“, dass die Fallbeschleunigung eine gleichmäßig beschleunigten Bewegung ist. Berechnet die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt des Aufpralls der Gewichte und stellt diese in einem  $v(t)$ -Diagramm dar.“

Die Schüler könnten in verschiedenen Gruppen je eine der Versionen des Fallschur-Versuches umsetzen. In einer Doppelstunde könnten zunächst die theoretischen Grundlagen wiederholt werden und im Anschluss das Experiment in Gruppen durchführen werden. Einer Herausforderung ist die Ruhe für die Aufnahme der Daten herzustellen. Man könnte zunächst die Fallschnüre anfertigen lassen und im Anschluss nacheinander das Experiment durchführen.

## 4 Quantitatives Experiment

### 4.1 Merkmale

Ein quantitatives Experiment ist gekennzeichnet durch die Messung und Analyse von Daten, die in numerischen Werten ausgedrückt werden können. Es konzentriert sich auf die Messung von Variablen und deren Beziehungen zueinander, um präzise, wiederholbare und objektive Ergebnisse zu erhalten. Solche Experimente nutzen häufig Instrumente und Geräte zur Datenerfassung und erfordern oft statistische Methoden zur Auswertung der Ergebnisse. Es werden genaue Messungen von Variablen durchgeführt. Die gesammelten Daten sind numerisch und können statistisch ausgewertet werden. Die Experimente sind Reproduzierbar, also unter den gleichen Bedingungen wiederholt werden, um ähnliche Ergebnisse zu erhalten. Die Ergebnisse basieren auf objektiven Messungen und nicht auf subjektiven Einschätzungen.

### 4.2 Aufgabenstellung

Weisen Sie experimentell die Goldene Regel der Mechanik

a. am Flaschenzug oder

b. an der geneigten Ebene

nach. (siehe z.B. Wilke Bd.1, E96/97, S.132f)

Ich habe mich für die geneigte Ebene entschieden.

### 4.3 Hilfsmittel

- geneigte Ebene
- Experimentierwage
- Feste Rolle
- Federkraftmesser 1N
- Vertikalmaßstab
- Faden

## 4.4 Aufbau

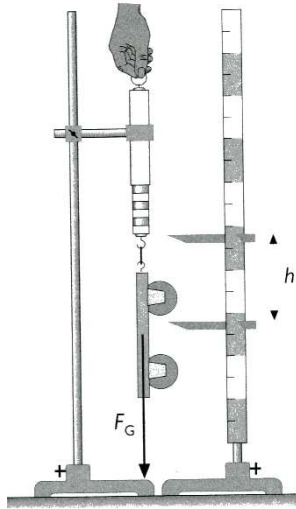


Bild 6: Bestimmung der Gewichtskraft des Versuchswagens (Wilke, 2023)

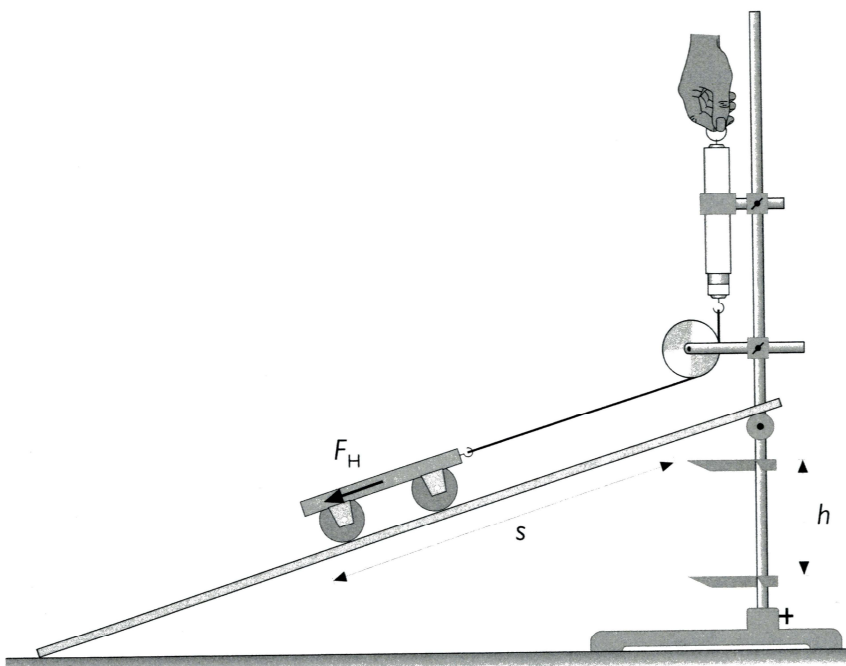


Bild 7: Aufbau zur Bestimmung der Hangabtriebskraft (Wilke, 2023)

## 4.5 Durchführung

Als erster Wert muss die Gewichtskraft des Versuchswagens bestimmt werden. Dafür wird der Aufbau entsprechend Bild 6 genutzt. Möglich wäre

hier auch die Verwendung eine Waage mit anschließender Berechnung der Gewichtskraft.

Für die Bestätigung der Goldenen Regel, wird die Hangabtriebskraft parallel zur geneigten Ebene bestimmt mit verschiedenen Neigungswinkeln der Ebene. Es ist darauf zu achten, immer die Lese Rolle mit der Neigung der Ebene mit zu verstellen, sodass der Faden immer parallel zur geneigten Ebene bleibt. Durch die Änderung der Neigung ändert sich die zurückzulegende Strecke ( $s$ ) um die Höhe ( $h$ ) zu erreichen. Die Werte für die Hangabtriebskraft ( $F_H$ ) und die Strecke werden in eine Tabelle übernommen. Es wurde jeweils die Höhe von 0,1m überwunden, die Messungen für Ebenen Neigungen von 15°, 20°, 25° und 30° durchgeführt.

## 4.6 Auswertung

Die ermittelte Gewichtskraft des Versuchswagens Betrag 1N.

| Neigungswinkel | $F_H$ in N | $s$ in m | $W_H = F_H \cdot s$<br>in Nm | $W_G = F_G \cdot h$<br>in Nm | $F_G$ in N | $h$ in m |
|----------------|------------|----------|------------------------------|------------------------------|------------|----------|
| 15°            | 0,27       | 0,4      | <b>0,1080</b>                | 0,1                          | 1          | 0,1      |
| 20°            | 0,34       | 0,315    | <b>0,1071</b>                | 0,1                          | 1          | 0,1      |
| 25°            | 0,44       | 0,235    | <b>0,1034</b>                | 0,1                          | 1          | 0,1      |
| 30°            | 0,51       | 0,185    | <b>0,0944</b>                | 0,1                          | 1          | 0,1      |

Um die Goldene Regel der Mechanik zu bestätigen, muss die verrichtete Arbeit zum Anheben des Versuchswagens um 0,1m gleich bleiben. Im Spezialfall 90° gilt:  $F_G = F_H$

Es ist im Experiment gut gelungen dies experimentell nachzuweisen. Es kann keine Arbeit eingespart werden. Trotz des längeren Weges, muss auch nicht mehr Arbeit geleistet um den Höhenunterschied zu bewältigen. Das Experiment zeigt aber sehr schon die Einsparung von Kraft. Muss bei 30° noch 0,51N aufgebracht werden, sind es nur noch 0,27N bei einem Neigungswinkel von 15°. Was an Kraft eingespart wird muss allerdings an Wegstrecke zugelegt werden und so mehr als die Doppelte Strecke zurückgelegt werden. Es konnte gezeigt werden, es gilt:  $W_H = W_G$

#### 4.7 Fehleranalyse

Das genaue Ablesen des Federkraftmessers kann zu Fehlern führen, man sollte einen Federkraftmesser mit passendem Messbereich wählen. Auch eine Hohe Reibung kann die Ergebnisse verfälschen.

#### 4.8 Lehrplaneinordnung

Dieses Experiment Eignet sich sehr gut für den „Lernbereich 1: Kraft und ihre Wirkungen“ der der Oberschule Klasse 7. Hier sollen die Kenntnisse der Schüler durch das „Anwenden der Kenntnisse auf kraftumformende Einrichtungen“ in einem Schülerexperiment gefestigt werden. Vorher müssen der Kraftbegriff gelehrt werden und die Gewichtskraft. Die Schülerinnen und Schüler müssen die mechanische Arbeit und deren Berechnung kennen. Dieses Experiment eignet sich sehr gut als Schülerexperiment und zeigt gut die Allgemeingültigkeit eines physikalischen Konzeptes.

#### 4.9 Lernschwierigkeiten / Schülervorstellungen

Für die Schüler und Schülerinnen ist es nicht einfach zu verstehen war man keine Arbeit einspart, wenn man doch weniger Kraft braucht. Instinktiv denken Sie der direkte Weg ist der Einfachste. Fragt man nach und die Schüler und Schülerinnen denken an Alltagssituationen, wie es z.B. ist einen Berg hinauf zu fahren mit dem Rad, erkennen Sie schnell, dass es Sinn machen kann den längeren Weg zu nehmen.

#### 4.10 Einbettung der Experimente im Unterricht

Dieses Experiment kann sehr gut im Unterricht als Schülerexperiment durchgeführt werden. Es bestehen dabei mehrere Herausforderungen die Gemeistert werden müssen und welchen die Kompetenz der Schüler und Schülerinnen stärken. Die praktischen Fähigkeiten des Experimentierens mit dem Aufbau und dem messen wird gestärkt. Die Auswertung der Ergebnisse in Tabellarischer Form und die mathematischen Berechnungen, sind weitere Herausforderungen.

Arbeitsauftrag:

Vergleiche die mechanische Arbeit an einer geneigten Ebene für die Neigungswinkel  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ , und  $45^\circ$ . Verwende einen Versuchswagen, welcher den Höhenunterschied von 10 cm überwinden muss. Erfasse die zurückzulegende Strecke und die benötigte Kraft in eine Tabelle. Berechne die jeweils aufgebrauchte Arbeit und vergleiche diese.

## 5 Einstiegsexperiment

### 5.1 Merkmale

Ein Einstiegsexperiment vermittelt leicht verständlich und praktisch grundlegende physikalische Konzepte. Das Experiment sollte so gewählt werden, dass bei den Schülern und Schülerinnen das Interesse für das Thema der Stunde geweckt wird.

### 5.2 Aufgabenstellung

Führen Sie einen (qualitativen oder quantitativen) Versuch zur Längen oder Volumenausdehnung von Festkörpern durch. Erklären Sie dieses Phänomen mit Hilfe des Teilchenmodells.

Ich bestimme im Experiment die Längenänderung von eines Stahl-, Aluminium und Kupferrohres.

### 5.3 Hilfsmittel

- Längenausdehnungsapparat mit Schläuchen, Trichter und 0,5m Rohren aus den Materialien Aluminium, Stahl und Kupfer
- 2 Thermometer:  $-10^\circ\text{C}$  –  $110^\circ\text{C}$
- Wasserkocher
- Stativmaterial
- Wasserschale

## 5.4 Aufbau

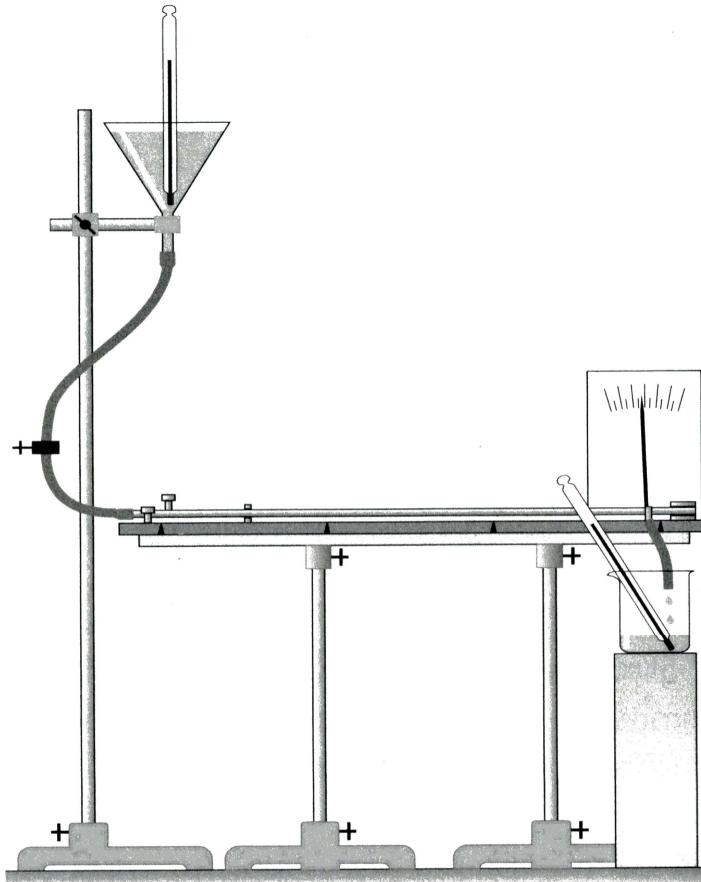


Bild 8: Längenausdehnungsautomat mit Wasser zu und Ableitung (Wilke, 2023)

Ich habe ein etwas vereinfachten Aufbau gewählt. Die Ausdehnungsmaschine konnte direkt auf dem Tisch stehen und das Wasser tropfte in das Auffanggefäß am Boden.

## 5.5 Durchführung

Zum Messen der Ausdehnung des jeweiligen Materials, wird warmes Wasser durch die Rohre geleitet. Durch das warme Wasser erwärmen sich das Rohr und dehnen sich aus. Die Ausdehnung kann am Zeiger der Ausdehnungsmaschine abgelesen werden. Da es bei diesem Versuch nur um die qualitative Betrachtung zur Längenausdehnung als Einstiegsexperiment gehen soll, führe ich nur eine Messung mit jedem Material durch und erfasse die Temperaturdifferenz des jeweiligen Rohres.

## 5.6 Auswertung

|           | Anfangs-<br>temp. in<br>°C | End-<br>temp.<br>In °C | Temp.<br>differenz in<br>K | Ausdehnung<br>in mm | auf 10m<br>und 10k<br>gerechnet<br>in mm |
|-----------|----------------------------|------------------------|----------------------------|---------------------|--|
| Aluminium | 24,7                       | 56                     | 31,3                       | 0,4                 | 2,55591                                  |
| Kupfer    | 28,2                       | 65                     | 36,8                       | 0,3                 | 1,63043                                  |
| Stahl     | 30,7                       | 60                     | 29,3                       | 0,2                 | 1,36519                                  |

Dieses Einstiegsexperiment zeigt qualitativ die Ausdehnung verschiedener Materialien. Eine Erhöhung der Temperatur am Material bewirkt schnellere Teilchenbewegung und damit die Ausdehnung fester Stoffe.

| Stoff            | Längenänderung<br>eines Körpers von<br>10 m Länge bei einer<br>Temperaturänderung<br>von 10 Grad |
|------------------|--|
| Alumi-<br>nium   | 2,4 mm   |
| Beton            | 1,2 mm   |
| Blei             | 2,9 mm   |
| Eisen            | 1,2 mm   |
| Glas             | 1,0 mm   |
| Kupfer           | 1,6 mm   |
| Stahl            | 1,2 mm   |
| Ziegel-<br>stein | 0,5 mm   |
| Zinn             | 2,7 mm   |

5 Längenänderungen

Bild 9: Tabelle Lehrbuch Klasse 6 (Cornelsen, 2014)

## 5.7 Fehleranalyse

Durch die relativ ungenaue Bestimmung der Temperatur kann es zu Messabweichung. Das Material wird nicht gleichmäßig erwärmt. Eine Möglichkeit zur Verbesserung der Messgenauigkeit, wären Temperatursensoren an dreiverschieden Stellen des Rohres und eine Bildung des Mittelwertes.

## 5.8 Lernschwierigkeiten / Schülervorstellungen

Schüler könnten fälschlicherweise annehmen, dass alle Materialien die gleiche Ausdehnung bei Temperaturänderung erfahren. Da die Ausdehnung im Alltag nicht bewusst wahrgenommen wird, können sich die Schüler und Schülerinnen diese Ausdehnung der Körper nur schwer vorstellen. Dieses Experiment kann helfen ein Verständnis für diese Eigenschaft von Körper zu entwickeln.

## 5.9 Lehrplaneinordnung

Ich würde dieses Experiment in der Klasse 6 im „Lernbereich 3: Temperatur und der Zustand von Körpern“ also Einstieg zu „Anwenden der Kenntnisse auf Volumenänderung bei Temperaturänderung“. Als Vorkenntnis wären vorher die Temperatur und Temperaturdifferenz eingeführt wurden und die Temperatur als Bewegung von Teilchen.

## 5.10 Einbettung der Experimente im Unterricht

Ich würde dieses Experiment als Einstiegsexperiment für eine Einheit zur Volumen- und Längenänderung fester Stoffe in Klasse 6 verwenden. Man könnte die Frage aufwerfen, wovon die Änderung der Längenänderung abhängt. Anhand der Tabelle im Lehrbuch (siehe Bild 9) könnten die Schüler und Schülerinnen bestimmen und welches Material es sich bei den jeweiligen Rohren handelt. Das Experiment könnte auch in Kombination mit dem „Kugel und Ring“, welches die Volumenausdehnung besser veranschaulicht. Im

Anschluss können Übungsaufgaben zur Ausdehnung die Kenntnisse weiter festigen.

## Literaturverzeichnis

al., W. e. (2013). *Lehrerhandbücher zur zweidimensional-dynamischen Mechanik*.

*Anleitung Phylatex-Polydigit*. (kein Datum). Von OPAL => Bewegung und Sensoren  
=> Literatur und Anleitungen . abgerufen

Cornelsen. (2014). *Physik Mittelschule Sachsen 6*. Berlin: Cornelsen  
Schulbuchverlag.

Kultus, F. S.-S. (2019). *Lehrplan Oberschule Physik*.

Wilke, H.-J. (2023). *Physikalische Schulexperimente Band 1  
Mechanik/Thermodynamik*. Berlin: Conelsen Verlag.