## Materialienteil

## Unterrichtseinheit 1 Klasse 7

Einführung in die Physik mit physikalischen Fachmethoden

# Kurzbeschreibung:

In einem ca. 6-wöchigen Unterrichtsgang zu Beginn von Klasse 7 wird die Physik als Wissenschaft von der Seite der Fachmethodik her erschlossen. Inhaltlich wird im Wesentlichen der Kompetenzbereich *3.1.1 Physikalische Denk- und Arbeitsweisen* sowie einige wenige Aspekte aus *3.1.2 Optik und Akustik* in ca. 12 Unterrichtsstunden umgesetzt. Dieses Vorgehen ist die Planungsgrundlage des ZPG-Beispielcurriculums für die Klassen 7 und 8.

Dieser Zugang zum Anfangsunterricht in der Physik ist eine **Alternative** zum häufiger praktizierten Einstieg über Optik und Akustik, ersetzt die anschließende Bearbeitung der beiden Themengebiete jedoch nicht, sondern wird dieser vorgeschaltet.   
Wer sich für diese Unterrichtseinheit entscheidet, widmet sich explizit zunächst hauptsächlich der **Erarbeitung von** bestimmten **prozessbezogenen Kompetenzen**, während die inhaltlichen Kompetenzen lediglich das Vehikel dieser Erarbeitung darstellen. Zudem werden etwas mehr **Fachmethoden** vermittelt, als der Bildungsplan 2016/17 dies fordert: Im Bildungsplan wird zwar z.B. gefordert, dass die Schülerinnen und Schüler Ergebnisse von Experimenten hinsichtlich Messfehlern bewerten, damit muss aber nicht zwingend eine Fehlerrechnung einhergehen. Um jedoch Ausgleichskurven bereits zu Beginn von Klasse 7 hinreichend zu motivieren, wird in dieser Einheit eine mittlere Abweichung motiviert und auch berechnet, die zu Abweichungsbereichen im Diagramm führt und damit einen wesentlichen Schritt zur Motivation von Ausgleichskurven darstellt. Das bedeutet, dass der hier vorgestellte Unterrichtsgang nicht nur Pflichtelemente des Bildungsplans enthält, sondern eine Möglichkeit der schulcurricularen Vertiefung anregt. Wer dies nicht möchte, beginnt – wie bisher auch – mit anderen Einheiten wie z.B. Akustik oder Optik.

*Hinweis:* In dieser ersten Einheit in Klasse 7 wird nicht zwingend zwischen systematischen und zufälligen Fehlern unterschieden – es sei denn, die Anregung kommt von Schülerinnen und Schülern selbst. Wer die Fehlerbetrachtungen in dieser Richtung vertiefen möchte, findet dazu in den ZPG-Materialien von Markus Ziegler zur der Elektrizitätslehre in Kl. 8 Anregungen.

Sinnvollerweise schließt sich die Akustik an die hier beschriebene Einführungseinheit daran an, weil es viele inhaltliche und fachmethodische Anknüpfungspunkte gibt. Aber auch in der Optik können die erarbeiteten Fachmethoden erneut angewandt werden, z.B. wenn man bei der Brechung den Zusammenhang zwischen Einfalls- und Ausfallswinkel experimentell untersuchen möchte.

Im Bereich der prozessbezogenen Kompetenzen werden vor allem viele Teilkompetenzen aus *2.1.1 Erkenntnisgewinnung* im Bereich des Experimentierens eingeführt und bereits vertieft und in unterschiedlichen Kontexten angewandt.

Bei den Schülerarbeitsaufträgen werden gestufte Hilfen zur Verfügung gestellt, so dass bei bestehenden Unsicherheiten dennoch weitergearbeitet werden kann. In vielen Fällen gibt es zudem für schnelle und leistungsstarke Schülerinnen und Schüler Angebote, die über das Pflichtprogramm hinausgehen.

Hinweis: Ganz am Ende des Materialteils ist zudem eine zum Unterrichtsgang passende, mögliche Gefährdungsbeurteilung zum Ausrucken und Unterschreiben beigefügt.

Der Unterrichtsgang folgt weitestgehend dem beim Landesinstitut für Schulentwicklung (LS) erschienenen Heft *PH 44 Heute forschen wir selbst* von Joseph Küblbeck.

# Kompetenzerwerb pbK im Überblick:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Stufe im Kompetenzerwerb** | | |
| **prozessbezogene Kompetenzen** | **1** | **2** | **3** |
| **Einführung** | **Übung / Vertiefung** | **Können** |
| **2.1 Erkenntnisgewinnung:** | | | |
| 1. Phänomene und Experimente zielgerichtet beobachten und ihre Beobachtungen beschreiben |  |  |  |
| 2. Hypothesen zu physikalischen Fragestellungen aufstellen |  |  |  |
| 3. Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen (unter anderem vermutete Einflussgrößen getrennt variieren) |  |  |  |
| 4. Experimente durchführen und auswerten, dazu gegebenenfalls Messwerte erfassen |  |  |  |
| **2.2 Kommunikation** | | | |
| 2. funktionale Zusammenhänge zwischen physikalischen Größen verbal beschreiben (zum Beispiel „je-desto“-Aussagen) und physikalische Formeln erläutern (zum Beispiel Ursache-Wirkungs-Aussagen, unbekannte Formeln) |  |  |  |
| 5. physikalische Experimente, Ergebnisse und Erkenntnisse – auch mithilfe digitaler Medien – dokumentieren (zum Beispiel Skizzen, Beschreibungen, Tabellen, Diagramme und Formeln) |  |  |  |
| 6. Sachinformationen und Messdaten aus einer Darstellungsform entnehmen und in eine andere Darstellungsform überführen (zum Beispiel Tabelle, Diagramm, Text, Formel) |  |  |  |
| **2.3 Bewertung** | | | |
| 2. Ergebnisse von Experimenten bewerten (Messunsicherheit, Genauigkeit, Ausgleichsgerade, mehrfache Messung und Mittelwertbildung) |  |  |  |
| 3. Hypothesen anhand der Ergebnisse von Experimenten beurteilen |  |  |  |
|  | | | |
| **Diese Kompetenzen werden an folgenden inhaltsbezogenen Kompetenzen trainiert:** | | | |
| 3.1.1 (1) Kriterien für die Unterscheidung zwischen Beobachtung und Erklärung beschreiben (Beobachtung durch Sinneseindrücke und Messungen, Erklärung durch Gesetze und Modelle)  3.1.1 (2) an Beispielen beschreiben, dass Aussagen in der Physik grundsätzlich überprüfbar sind (Fragestellung, Hypothese, Experiment, Bestätigung beziehungsweise Widerlegung)  3.1.2 (1) […] *Amplitude* | | | |

# Stundenskizzen mit Materialien:

*Hinweis:* Der Unterrichtsgang ist LS-Heft *PH44 Heute forschen wir selbst* von Joseph Küblbeck auch dargestellt, allerdings ohne die Individualisierungsangebote bzw. Binnendifferenzierung

## Was will die Physik? [1 Std.]

**Zentrale Frage(n) der Stunde:**

Womit befasst sich eine Physikerin, wenn sie forscht? Was will sie damit erreichen? Evtl. auch: Mit welchen Inhalten beschäftigt sich die Physik?

**Kurzbeschreibung der Stunde:**

Die Lehrkraft wirft zu Beginn anhand von konkreten Situationen Fragen auf wie „*Was macht ein/e Physiker/in?*“ und „*Was soll mit diesem Handeln erreicht werden?*“. Ggf. kann dieses fachmethodische Vorgehen ergänzt werden durch Informationen zu den typischen Betrachtungsbereichen der Physik – dann müsste allerdings eine Doppelstunde bzw. zwei Einzelstunden und nicht eine Einzelstunde veranschlagt werden.

**Ergebnissicherung:**

* Die Physik ermöglicht *Erklärungen* für Prozesse in Natur und Technik.
* Sie ermöglicht – auch mathematisch präzise berechenbare – *Vorhersagen*.
* Um zu physikalischen Erkenntnissen zu gelangen werden *Experimente* durchgeführt und ausgewertet, *Rechnungen* angestellt, *Modelle* zur Erklärung und Vorhersage entwickelt und genutzt usw.
* Die Ergebnisse aus Experimenten, Modellen etc. werden veröffentlicht, damit sie jederzeit und überall auf der Welt prinzipiell *überprüfbar* und verwertbar sind.

## Wir messen zum ersten Mal [2 Stden.]

**Material:** Arbeitsblatt A1 „Wir messen zum ersten Mal“, gestufte Hilfen zu A1

**Zentrale Frage der Stunde:** Wie groß ist die Periodendauer eines Fadenpendels?

Alternativ: Wie können wir ein Fadenpendel mit vorgegebener Periodendauer bauen?

**Kurzbeschreibung der Stunde:**

In dieser Doppelstunde[[1]](#footnote-1) sollen die Schülerinnen und Schüler Messungen zur Periodendauer eines Fadenpendels durchführen. Dabei wird darauf geachtet, dass unterschiedliche Schüler innerhalb einer Gruppe die gleiche Messung durchführen (keine Veränderung am Pendel vornehmen), so dass Messunsicherheit und Messungenauigkeiten prinzipiell erkennbar werden. Zwei wichtige Ziele der Stunde sind die Verringerung der erkannten Messunsicherheit und die Erkenntnis, dass Messungen grundsätzlich mit Unsicherheiten behaftet sind.

Die Messungen werden durch das Arbeitsblatt A1 relativ kleinschrittig geführt, um die genannten Messergebnisse zu dokumentieren und die Erkenntnisse zu sichern. Die Umsetzung der Schülerarbeitsphase entlang des Arbeitsblattes sollte immer wieder – wo es der Lehrkraft nötig erscheint – durch ein fragend-entwickelndes Unterrichtsgespräch, das Sammeln und Diskutieren von Zwischenergebnissen und eine kurze Ergebnissicherung unterbrochen werden, weil die Aufgaben aufeinander aufbauen und Zwischenschritte klar sein müssen, bevor weitergearbeitet werden kann. Spätestens nach Aufgabe 9 muss unterbrochen, diskutiert, geklärt und gesichert werden. Insbesondere müssen die Begriffe „Mittelwert“ der Messwerte und die „Abweichung“ der Messwerte vom Mittelwert geklärt werden.

Da die Hinführung zur Mittelwertbildung sehr stark von den mathematischen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler abhängt, bietet sich der Einsatz von Hilfekärtchen zur Binnendifferenzierung an (s. gestufte Hilfen zu A1).

Eine große Hürde stellt grundsätzlich der Gedanke einer mittleren Messunsicherheit bzw. Abweichung vom Mittelwert dar. In Arbeitsblatt A1 wird dies daher zunächst graphisch angegangen, die Hilfe ermöglicht stärkeren Schülern aber auch einen rechnerischen Zugang. Ob der rechnerische Zugang (Bestimmung eines Mittelwertes der Messunsicherheiten bzw. Abweichungen) im Plenum besprochen wird, sollte von der Leistungsstärke der Klasse abhängen. Es ist – dank der graphischen Alternative – nicht zwingend erforderlich. Hilfreich ist bei der graphischen Methode eine Dokumentenkamera, mit der man die Ergebnisse individueller Schülerlösungen direkt für alle projizieren und diskutieren kann.

Eine weitere Möglichkeit zur Binnendifferenzierung ist die Unterscheidung zwischen systematischen und zufälligen Abweichungen. Diese Einheit intendiert dies jedoch nicht zwingend – sollten einzelne Schülerinnen und Schüler selbst darauf kommen, dann kann die Lehrkraft das in die Diskussion mit einbeziehen.

**Ergebnissicherung:**

* Bei der Messung der Periodendauer gibt es stets Messunsicherheiten bzw. Abweichungen vom Mittelwert. Bei den errechneten Mittelwerten muss man sinnvoll runden, z.B. auf die gleiche Anzahl an Nachkommastellen, die man in der Messung ermittelt hat.
* Die Ursachen für die Messunsicherheiten können z.B. eine unterschiedliche Reaktionszeit bei der Nutzung einer Stoppuhr oder auch das verschiedenartige Loslassen des Pendels sein.
* Man kann die Messunsicherheiten verringern, aber nie ganz vermeiden. Z.B. kann man für die Zeitmessung eine Lichtschranke benutzen oder 10 Periodendauern messen und das Ergebnis dann durch 10 teilen. Der Messunsicherheit ist dann kleiner, da er auf 10 Perioden nur einmal auftritt und nicht 10mal.
* Die mittlere Messunsicherheit bei den Messungen der Periodendauer beträgt bei einer Schwingung etwa 0,1s. Wenn man T für mehrere Schwingungen misst, ist die Messunsicherheit deutlich kleiner.

Es ist sicher sinnvoll, für die Ergebnissicherung exemplarisch auch einen Datensatz frontal auszuwerten, evtl. auch diesen mit Auswertung an der Tafel anzuschreiben.

*Hinweis:* Dieser Absatz kann auch im Methodenordner gesichert werden, sofern ein solcher geführt wird.

## Hypothesen bilden und begründen [1 Std.]

**Material:**

Arbeitsblatt A2 „Wir stellen Vermutungen zur Periodendauer auf“

ggf. Einsatz „Concept Cartoon“

**Zentrale Frage(n) der Stunde:**

Wovon hängt die Periodendauer eines Fadenpendels ab? In welcher Weise hängt die Periodendauer von den vermuteten Größen ab?

**Kurzbeschreibung der Stunde:**

Zunächst wird in dieser Einzelstunde in Anknüpfung an die Messungen der letzten Stunde der Arbeitsauftrag zur Hypothesenbildung ausgegeben. Die Schülerinnen und Schüler stellen Vermutungen an, wovon die Periodendauer eines Fadenpendels abhängen könnte und formulieren die vermuteten Abhängigkeiten genauer, auch mit einer Begründung. Zu diesem Zeitpunkt wird noch nicht experimentiert!

Danach werden die Hypothesen mit Begründungen im Plenum gesammelt und diskutiert.

*Alternatives Vorgehen:* Die Hypothesen mit Begründung werden in „Concept Cartoons“ festgehalten, dann zunächst in Kleingruppen diskutiert und dann präsentiert.

Durch die Frage, wie gezeigt werden kann, wer Recht hat mit seiner Vermutung und wer nicht, wird die Durchführung von Experimenten angeregt. Im Anschluss werden noch einige Grundlagen der experimentellen Hypothesenüberprüfung im Vorgriff auf die nächste Stunde geklärt.

Wenn man der oben alternativ genannten Fragestellung nachgeht, wie man ein Pendel mit bestimmter Periodendauer bauen kann, ist eine systematische Untersuchung der untersuchten Abhängigkeiten naheliegend bzw. hilfreich für die Beantwortung dieser Frage.

Da der Arbeitsauftrag eine Selbstdifferenzierung enthält und dadurch jede Schülergruppe auf unterschiedliche Weise antworten kann, gibt es für die Bearbeitung dieses Auftrages keine Hilfekärtchen oder weiteres binnendifferenzierendes Material.

**Ergebnissicherung:**

* Einige der Hypothesen sollten mit Begründungen schülerformuliert notiert werden.
* Grundlagen für Messreihen (Vorbesprechung für die nächste Stunde):
  + Da zwei Messungen oft nicht ausreichen, um einen Trend sichtbar zu machen, führen wir mindestens 4 oder 5 Messungen mit verändertem Parameter (Masse, Fadenlänge *oder* Auslenkung etc.) durch.
  + Zur Auswertung zeichnet man ein Diagramm, mit dessen Hilfe man die Richtigkeit der Hypothese beurteilen kann.

*Hinweis:* Die Begründungsebene benötigt erfahrungsgemäß tatsächlich eine ganze Unterrichtsstunde. Man arbeitet dabei auf Begründungen hin, die z.B. so lauten können: „*Eine größere Masse verkleinert die Periodendauer deswegen, weil die Masse bei der Hinbewegung mehr Schwung durch die Erdanziehung erhält. Dadurch wird die Bewegung schneller ablaufen, also die Periodendauer kleiner werden.*“ oder „*Die Länge des Pendels wirkt sich auf den Weg aus, den der Pendelkörper zurücklegen muss: Je länger das Pendel, umso größer der zurückzulegende Weg. Daher sollte die Periodendauer größer werden, wenn die Pendellänge zunimmt.*“ Wer die Begründungsebene an dieser Stelle für verzichtbar hält, kann diese Stunde im Unterrichtsgang auslassen und direkt nach der Hypothesenbildung zu den Messungen übergehen.

## Überprüfung der Hypothesen im Experiment [4 Stden.]

**Material:** Arbeitsblatt A3 „Wir überprüfen unsere Hypothesen“, Hilfen zu A3

**Zentrale Frage der Stunden:**

Welche der in der letzten Stunde vermuteten Zusammenhänge „stimmen“?

**Kurzbeschreibung der Stunden:**

Gleich zu Beginn der ersten der 3-4 Unterrichtsstunden wird das Arbeitsblatt A3 „Wir überprüfen unsere Hypothesen“ ausgegeben und die ersten zwei Aufgaben besprochen, insbesondere die Mess­tabelle, die jede Schülerin und jeder Schüler in das eigene Heft übertragen soll. Dann beginnen die Messungen durch die Schüler-Experimentierteams.

Für die Auswertung der Messungen in Diagrammen stehen ausführliche Hilfekärtchen zur Verfügung, die dieses Mal von möglichst vielen Schülerinnen und Schülern genutzt werden sollten. Es muss vor allem darauf geachtet werden, dass die Bedeutung der Balken für Unsicherheitsbereiche klar wird, also insbesondere keine „Zick-Zack“-Linie durch die Messwerte gezogen wird. Wenn solche Fehler in Schülerheften während der Auswertungsphase auftreten, sollte immer wieder auf die Hilfekärtchen verwiesen werden.

Im Laufe der insgesamt 3-4 Unterrichtsstunden sollen bei mindestens 4-5 verschiedenen Einstellungen der zu variierenden Größe jeweils 2 Messwerte aufgenommen und gemittelt werden. Die zugehörige Messunsicherheit soll bestimmt werden. Falls eine Gruppe die Abhängigkeit vom Anfangswinkel untersucht, müssen aufgrund des größeren messtechnischen Aufwandes 3-4 Messwerte genügen.

Erstmalig tragen die Schülerinnen und Schüler dann die selbst bestimmten Mittelwerte in ein passendes Diagramm ein und tragen zudem die Messunsicherheiten als Balken für Unsicherheitsbereiche ein. Da dies sehr aufwändig für die 7.-Klässler ist und viele mit der Komplexität der Aufgabenstellung nicht sofort zurechtkommen werden, stehen ausführliche Hilfen zur Verfügung, insbesondere auch zur Ausgleichskurve.

*Hinweis zu einer weiterführenden Individualisierung:* Für Schülerinnen und Schüler, die auch zu diesem Zeitpunkt die Messunsicherheiten noch nicht berechnen können oder aufgrund des hohen Abstraktionsgrades mit den Balken für Unsicherheitsbereiche Schwierigkeiten haben, kann man den Abstraktionsgrad absenken, indem man einfach eine einheitliche Messunsicherheit für die Balken vorgibt, z.B. 0,05s (oder einen mittleren Wert in Abhängigkeit von den tatsächlichen Messwerten der jeweiligen Gruppe). Wesentlich ist an dieser Stelle ja die Erkenntnis, dass die „Zick-Zack-Linie“ fachmethodisch nicht berechtigt ist bzw. eine Aussage trifft, die den Kindern zunächst nicht bewusst ist. Durch die Festlegung einer einheitlichen Messunsicherheit für alle Messwerte können auch schwächere Schülerinnen und Schüler genau auf diesen Aspekt fokussieren. *Diese* Individualisierung ist mit den Hilfekärtchen *nicht* erfasst, weil der Aufbau der Hilfekärtchen ansonsten nicht linear hätte erfolgen können. Eine weitere Alternative kommt manchmal von den Schülerinnen und Schülern selbst: Sie tragen nämlich die Mittelwerte ein und auch die Messwerte (mit einer anderen Farbe). Für die Idee der Messunsicherheit genügt dieses Vorgehen prinzipiell ebenso. In diesem Falle geht der Balken für die Messunsicherheit vom kleinsten zum größten tatsächlich gemessenen Wert und zeigt an, dass die Kurve irgendwo im Bereich dieses Balkens verlaufen sollte.

Zum Schluss präsentiert jede Gruppe ihre Messergebnisse, das selbst erstellte Diagramm und die zugehörige Ausgleichskurve im Plenum und begründet damit ihre Bewertung der Ausgangshypothesen.

Bei größeren Messunsicherheiten, die man bei der Auswertung im Diagramm rasch erkennen kann, sollten die betreffenden Schülergruppen ggf. noch einmal nachmessen. Ebenso kann eine Schülergruppe, die das Prinzip der Ausgleichkurve „hartnäckig“ nicht versteht, gebeten werden, mit Hilfe ihrer „Zick-Zack“-Kurve eine Vorhersage für 2 Messwerte zwischen bereits gemessenen Werten zu machen und diese dann experimentell zu überprüfen.

**Ergebnissicherung:**

* Überprüfen einer vermuteten Abhängigkeit im Experiment:   
  Wenn wir z.B. die Abhängigkeit der Periodendauer von der Fadenlänge untersuchen, dann ändern wir die Fadenlänge und messen jeweils die Periodendauer. **Alle anderen Größen (wie die Pendelmasse) lassen wir gleich.**Die Messwerte stellen wir in einem Diagramm dar.   
  Dabei achten wir auf …

*Hinweis:* Dieser Absatz kann auch im Methodenordner oder mit einem Methodenkärtchen / Methodenblatt gesichert werden, sofern ein solcher geführt wird.

* Gesichert werden die Hypothesen, die sich als zutreffend erwiesen haben – nun können sie als „Gesetze“ notiert werden.
* Zu jeder gesicherten Hypothese / zu jedem „Gesetz“ wird eine kurze Begründung mit Bezug zum jeweiligen Diagramm in Schülerworten notiert.

## Anwendung und Vertiefung mit Lernstandsanalyse [3-4 Stden.]

**Material:** Arbeitsblatt A4 „Wir untersuchen ein Federpendel“

**Zentrale Frage der Stunden:**

Hängt die Periodendauer eines Federpendels von der Masse ab?

**Kurzbeschreibung der Stunden:**

In diesen ca. 3-4 Unterrichtsstunden sollen die Schülerinnen und Schüler die Fachmethodik und ihre inhaltlichen Erkenntnisse auf ein geringfügig anderes Experiment anwenden. Dieses Vorgehen dient der Sicherung und Anwendung des bisher Gelernten.

Es bietet sich an, die schriftlichen Ausführungen der Schülerinnen und Schüler einzusammeln und z.B. im Rahmen einer Praktikumsnote zu bewerten.

In einer später folgenden Klassenarbeit sind nach dieser Einheit nun auch Aufgabenformate denkbar, die sich mit der Hypothesenbildung und ihrer Überprüfung befassen. Auch wenn Experimente sich im Rahmen einer Klassenarbeit nur bedingt umsetzen lassen, kann man z.B. vorgegebene Messwerte auswerten lassen.

Für die Stunden zum Federpendel steht wieder ein Arbeitsauftrag (A4) zur Verfügung. Der Arbeitsauftrag ist so formuliert, dass die von den Schülerinnen und Schülern anzufertigenden Protokolle abgegeben und bewertet werden können.

Im Anhang findet sich zudem ein Bewertungsschema, welches man zur Bewertung der eingesammelten Schüleraufschriebe verwenden kann. Es ist so intendiert, dass das Schema besprochen und den Schülerinnen und Schülern ausgeteilt wird. Zudem können und sollen – wo nötig – in den Schüleraufschrieben zusätzliche Kommentare angebracht werden. Das Bewertungsschema selbst ist sehr einfach und schnell einsetzbar und kann bzw. sollte dann auch bei anderen eingesammelten Aufträgen in diesem Schuljahr verwendet werden.

**Arbeitsblatt A1**

***Wir messen zum ersten Mal***

Zu diesem Arbeitsblatt gibt es an manchen Stellen Hilfekärtchen. Wenn Du unsicher bist oder mal nicht weiter weißt, kannst Du diese Kärtchen benutzen. Wenn es Hilfekärtchen gibt, findest Du am Rand der jeweiligen Aufgabe ein „H“ in einem Kästchen mit einer Nummer – so wie hier rechts abgebildet. Die Nummer des Hilfekärtchen zeigt Dir an, welche Kärtchen Du zu welcher Aufgabe nehmen kannst. Bei diesem Beispiel hier geht es um die Hilfskärtchen zur Aufgabe mit der Nummer 7.

**H7**

Ganz am Ende des Arbeitsblattes findest Du Aufgaben „für Schnelle“. Diese Aufgaben sind mit einem Sternchen (\*) gekennzeichnet. Wenn Du noch Zeit hast, machst Du diese Aufgaben auf jeden Fall, wenn die Zeit jedoch nicht mehr reicht, ist es nicht schlimm, wenn Du die Aufgaben nicht mehr schaffst.

Wir wollen uns heute mit der Messung der Periodendauer eines Fadenpendels beschäftigen. In einem Lexikon findet man zu dem Begriff Periodendauer folgende Erläuterung:

*„Unter der Periodendauer oder Schwingungsdauer einer Schwingung versteht man die Zeitspanne, in der eine Periode der Schwingung stattfindet. Als Periode bezeichnet man dabei ein einmaliges volles Hin- und Herschwingen. Nach Ablauf einer Periodendauer bzw. nach einer Periode wiederholt sich der gesamte Schwingungsvorgang.“*

**Arbeitsaufträge:**

1. Welche Geräte und Gegenstände benötigst Du, um die Periodendauer eines Fadenpendels zu messen? Wie willst Du die Messung durchführen?

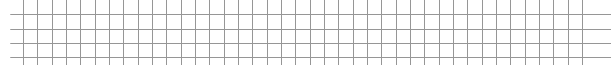
**Lehrkraft holen!**

1. Baue mit Deinem Experimentierteam ein Fadenpendel auf.
2. Messt nun mehrfach die Periodendauer des aufgebauten Fadenpendels – dabei soll jede Person aus Eurem Team zweimal messen. Ändert zwischen den Messungen nichts am Pendel – Ihr sollte genau den gleichen Vorgang mehrfach messen! Notiert alle Messergebnisse (Zahlenwert und Einheit!) in der folgenden Tabelle:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Messergebnisse von Person 1: |  |  |
| Messergebnisse von Person 2: |  |  |
| Messergebnisse von Person 3: |  |  |

1. Wie kommen die unterschiedlichen Messergebnisse zustande?

1. Zeichne alle Messwerte mit Bleistift auf folgender Skala ein:



0

1,0

0,4

T in s

0,2

0,6

0,8

1,2

1,4

1,6

Zeichne mit einem roten Buntstift in die Skala nach Gefühl einen Mittelwert ein.

1. Berechne nun den Mittelwert Eurer Messwerte. Runde dabei sinnvoll.

**H5**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | **H6** |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Stelle Dir vor, Du würdest weitere Messungen machen. In welchem Bereich lägen diese Messwerte zum größten Teil (also ca. 90% der Werte)? Trage den Bereich mit blauer Farbe auf der Skala ein.

**H7**

1. Normalerweise notieren Physikerinnen und Physiker ihre Messergebnisse häufig als Mittelwert mit einer mittleren Abweichung vom Mittelwert. Was würdest Du daher sinnvollerweise in die folgenden Lücken eintragen? Begründe in Deinem Heft!

**H8**

T = s ± s

1. Messt nun die Gesamtdauer von 10 Perioden und teilt das Ergebnis dann durch 10:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Messergebnisse von Person 1: |  |  |
| Messergebnisse von Person 2: |  |  |
| Messergebnisse von Person 3: |  |  |

1. Vergleiche die Abweichungen der Messungen mit den Abweichungen in Aufgabe 3. Was fällt Dir auf? Wie erklärst Du Dir die Unterschiede zu den Messungen in Aufgabe 3?

1. Notiere auch für die Messung in Aufgabe 10 den Mittelwert der gemessenen Periodendauern und die mittlere Abweichung von diesem Mittelwert:

T = s ± s

1. Was erwartest Du, wenn Du 30 oder mehr Perioden am Pendel beobachtest, die Zeit dafür misst und das Messergebnis dann durch 30 bzw. die entsprechende Anzahl teilst?\*

1. Überprüfe Deine Erwartungen im Experiment\*:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Messergebnisse von Person 1: |  |  |
| Messergebnisse von Person 2: |  |  |
| Messergebnisse von Person 3: |  |  |

Ergebnis: T = s ± s

**Gestufte Hilfen zu A1 Wir messen zum ersten Mal**

**H5: Mittelwert nach Gefühl auf Skala eintragen**

**Hilfe 1: Messwerte einzeichnen**

Trage zunächst die gemessenen 6 Werte als Kreuzchen auf der Skala ein. Achte dabei genau auf die Nachkommastellen, z.B. liegt 0,65s weiter links auf der Skala als 0,67s.

Die nächste Hilfe enthält einen Tipp.

**Hilfe 2: Mittelwert = Durchschnitt**

Stell Dir vor, die Messwerte seien Deine Noten im Zeugnis – mit welchem Durchschnitt kannst Du in etwa rechnen? Der Durchschnitt der Noten ist der Mittelwert aller Noten.

In der nächsten Hilfe erfährst Du, warum der Mittelwert meistens nicht genau in der Mitte zwischen den beiden äußersten Messwerten liegt.

**Hilfe 3: Ungefähre Lage des Mittelwertes auf der Skala**

Überlege, wie viele Messwerte links und wie viele rechts vom Mittelwert liegen sollten, damit es sich tatsächlich um einen **mittleren** Wert handelt.

Überlege zudem, wie sich die **Entfernung** eines Messwertes auf den Mittelwert auswirkt.

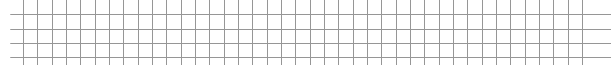
In der nächsten Hilfe findest Du ein vollständiges Beispiel für das Vorgehen.

**Hilfe 4:** **Ein vollständiges Beispiel für das Eintragen eines Mittelwertes nach Gefühl**

Gemessene Periodendauern:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Messergebnisse von Person 1: | 0,61s | 0,51s |
| Messergebnisse von Person 2: | 0,49s | 0,46s |
| Messergebnisse von Person 3: | 0,67s | 0,52s |

Die Messwerte werden in die Skala übertragen (= graue Kreuzchen):



0,2

0,6

0,8

1,2

1,4

1,6

0

1,0

0,4

T in s

Auffällig ist, dass es vier relativ dicht beieinander liegende Messwerte links gibt und zwei Messwerte, die davon deutlich entfernt rechts liegen.

Überlegung: Der Mittelwert wird nicht genau in der Mitte zwischen dem Wert ganz rechts und dem ganz links liegen, weil links mehr Messwerte zu finden sind. Wir setzen den Mittelwert daher von der Mitte der beiden äußersten Messwerte links und rechts aus gesehen etwas weiter nach links. In unserem Beispiel ist das dann ungefähr bei T = 0,54s.

**Gestufte Hilfen zu A1 Wir messen zum ersten Mal**

**H6: Berechnung eines Mittelwertes**

**Hilfe 1: Mittelwert**

Was ist überhaupt ein Mittelwert? Deine Messwerte liegen alle um einen mittleren Wert herum, den man berechnen kann. Der Mittelwert selbst stimmt häufig mit keinem von Eurer Gruppe gemessenen Wert genau überein. Überlege, wie man einen solchen Mittelwert berechnen könnte, erinnere Dich dabei an den Mathematik-Unterricht.

In der nächsten Hilfe findest Du die Rechenregel für das arithmetische Mittel.

**Hilfe 2: Das arithmetische Mittel**

Beim arithmetischen Mittel **addiert** man alle Werte und **teilt** die **Summe** dann durch die **Anzahl** der Werte.

In der nächsten Hilfe findest Du eine Beispielrechnung für das arithmetische Mittel von 6 Messwerten.

**Hilfe 3: Ein Rechenbeispiel für den Mittelwert**

Folgende Periodendauern wurden experimentell bestimmt:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Messergebnisse von Person 1: | 0,61s | 0,51s |
| Messergebnisse von Person 2: | 0,49s | 0,46s |
| Messergebnisse von Person 3: | 0,67s | 0,52s |

Für den Mittelwert wird die Summe aus den sechs Werten bestimmt und das Ergebnis durch 6 geteilt:

T = (0,61s + 0,51s + 0,49s + 0,46s + 0,67s + 0,52s) : 6

= 3,26s : 6

= 0,54s

Das Ergebnis wird **gerundet** angegeben.

Dabei rundet man sinnvollerweise auf die **gleiche Anzahl** an Nachkommastellen, mit denen die Messwerte bestimmt wurden, denn eine Rechenangabe, die eine größere Genauigkeit als die Messung zuvor vorgaukelt, ist in der Physik nicht sinnvoll.

In unserem Fall runden wir das Ergebnis also auf zwei Nachkommastellen.

**Gestufte Hilfen zu A1 Wir messen zum ersten Mal**

**H7: Abweichung vom Mittelwert nach Gefühl zeichnerisch bestimmen**

**Hilfe 1: Erfinden neuer Messwerte**

Hilfreich kann es sein, noch drei Messwerte sinnvoll dazu zu erfinden – wo lägen diese auf Deiner Skala? Zeichne sie mit grün auf Deiner Skala ein.

Überlege: In welchem Bereich sollte man die erfundenen Messwerte wählen, in welchem eher nicht? Könnten sie auf beiden Seiten des Mittelwertes liegen oder nur auf einer? Bis zu welcher Entfernung vom Mittelwert könnten Messwerte prinzipiell liegen?

Zeichne den Bereich, in dem die erfundenen Messwerte liegen könnten, als blauen dicken Strich auf der Skala ein.

Antworten auf die hier aufgeworfenen Fragen findest Du in Hilfe 2.

**Hilfe 2: Überlegungen zur mittleren Abweichung**

Es ist nicht so sehr wahrscheinlich (aber natürlich möglich!), dass ein Messwert der Periodendauer weiter vom Mittelwert entfernt liegt als der Messwert, der die größte Abweichung vom Mittelwert aufweist. Wahrscheinlich werden die meisten Messwerte also **näher am Mittelwert** liegen **als der am weitesten entfernte Messwert**. Um eine mittlere Abweichung zu erhalten, sucht man einen Bereich aus, der vielleicht etwas kleiner ist als diese maximale Abweichung.

Wenn z.B. der Mittelwert bei einer Messung 0,95s ist und der am weitesten vom Mittelwert entfernte Messwert bei 1,08s liegt, dann beträgt der Abstand zwischen dem Mittelwert und dem am weitesten entfernten Wert 0,13s. Gerundet sind das in etwa 0,10s. Diese Genauigkeit genügt vollkommen.

Natürlich können die nächsten Messwerte sowohl links als auch rechts vom Mittelwert liegen, denn der Zufall bestimmt, ob ein Messwert links oder rechts (oder sogar genau auf dem) Mittelwert liegt.

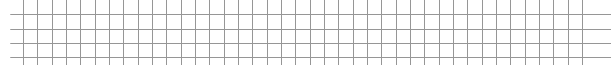
Man sollte also erwarten, dass die meisten Messwerte in einem Bereich von 0,1s rechts und links vom Mittelwert liegen, d.h. sie liegen zwischen 0,85s und 1,05s.

Markiere ebenso einen Bereich für deine Messwerte auf der Skala rechts und links vom Mittelwert mit einem blauen dicken Stift. Der Bereich zeigt die „**Messunsicherheit**“ an.

Wenn Du ein vollständiges Beispiel für dieses Vorgehen sehen willst, lies weiter in Hilfe 3.

**Hilfe 3: Ein Beispiel für die zeichnerische Darstellung der maximalen Abweichung**

Hier sieht man 6 Messwertpunkte (grau) und deren Mittelwert (schwarz) auf der Skala:



0,2

0,6

0,8

1,2

1,4

1,6

0

1,0

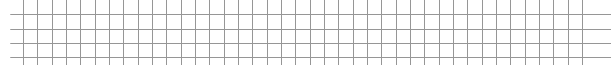
0,4

T in s

Der vom Mittelwert am weitesten entfernte Messpunkt liegt bei T = 0,67s, d.h. der **maximale Abstand eines Messpunktes zum Mittelwert** beträgt 0,13s. Damit liegt also die Mehrheit aller Messwerte in einem Bereich, der – abgerundet – 0,10s nach links und 0,10s nach rechts vom Mittelwert markiert wird.

Der Bereich der Messunsicherheit geht also in diesem Falle von 0,44s bis 0,64s auf der Skala und der Mittelwert liegt genau in der Mitte dieses Bereichs. Nun befinden sich fast alle bereits gemessenen Werte innerhalb des eingetragenen „Unsicherheitsbereiches“. Nur ein einziger Messwert liegt außerhalb.

Bei Wiederholung der Messung sollte man erwarten, dass der neue Messwert sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch innerhalb dieses Bereiches befindet. In unserem Beispiel ist der Unsicherheitsbereich durch den dicken grauen Pfeil markiert.



0,2

0,6

0,8

1,2

1,4

1,6

0

1,0

0,4

T in s

**Gestufte Hilfen zu A1 Wir messen zum ersten Mal**

**H8: Wie gibt man einen Messwert an?**

**Hilfe 1: Mittelwert und mittlere Abweichung**

Grundsätzlich gibt man bei Messwerten immer den Mittelwert aller Messungen an (erste der beiden Lücken) sowie eine durchschnittliche Abweichung der Messwerte von diesem Mittelwert (zweite der beiden Lücken).

Was versteht man unter einer Abweichung? Das ist der Unterschied zwischen dem berechneten Mittelwert und den tatsächlich im Experiment bestimmten Messwerten. Man sagt auch „**Messunsicherheit**“ dazu.

Warum steht vor der zweiten Lücke das seltsame „±“-Zeichen? Es deutet an, dass die Abweichungen der Messwerte vom Mittelwert nach oben und nach unten geschehen können.

In Hilfe 2 findest Du ein Rechenbeispiel für Mittelwert und mittlere Abweichung.

**Hilfe 2: Ein Beispiel für Mittelwert und mittlere Abweichung**

Folgende Periodendauern wurden experimentell bestimmt:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Messergebnisse von Person 1: | 0,61s | 0,51s |
| Messergebnisse von Person 2: | 0,49s | 0,46s |
| Messergebnisse von Person 3: | 0,67s | 0,52s |

Der Mittelwert wird berechnet:

T = (0,61s + 0,51s + 0,49s + 0,46s + 0,67s + 0,52s) : 6

= 0,54s

Nun werden die Abweichungen der Messwerte vom Mittelwert berechnet:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Abweichung vom Mittelwert bei Person 1: | 0,61s – 0,54s = 0,07s | 0,61s – 0,51s = 0,10s |
| Abweichung vom Mittelwert bei Person 2: | 0,61s – 0,49s = 0,12s | 0,61s – 0,46s = 0,15s |
| Abweichung vom Mittelwert bei Person 3: | 0,67s – 0,61s = 0,06s | 0,61s – 0,52s = 0,09s |

Nun wird der Mittelwert der Abweichungen berechnet:

T = (0,07s + 0,10s + 0,12s + 0,15s + 0,06s + 0,09s) : 6

= 0,0983 …s (sinnvoll runden!)

≈ 0,10s

Die mittlere Abweichung beträgt also in etwa 0,10s.

Daher wird der Messwert folgendermaßen angegeben: T = 0,54s ± 0,10s

**Arbeitsblatt A2**

***Wir stellen Vermutungen zur Periodendauer auf***

Nachdem wir in der letzten Stunde einige Messungen der Periodendauer vorgenommen haben, wollen wir Hypothesen bilden, wovon wohl die Periodendauer eines Fadenpendels abhängen könnte. Wenn Ihr an Eurem Experiment etwas verändert (Fadenlänge, Massestück, Auslenkung …), dann ändert sich möglicherweise auch die Periodendauer T.

Notiere zunächst Deine Vermutungen:

Bei welcher Änderung wird sich die Periodendauer T vergrößern, verkleinern oder gleich bleiben?

Begründe Deine Vermutungen.

**Arbeitsblatt A2**

***Wir stellen Vermutungen zur Periodendauer auf***

Nachdem wir in der letzten Stunde einige Messungen der Periodendauer vorgenommen haben, wollen wir Hypothesen bilden, wovon wohl die Periodendauer eines Fadenpendels abhängen könnte. Wenn Ihr an Eurem Experiment etwas verändert (Fadenlänge, Massestück, Auslenkung …), dann ändert sich möglicherweise auch die Periodendauer T.

Notiere zunächst Deine Vermutungen:

Bei welcher Änderung wird sich die Periodendauer T vergrößern, verkleinern oder gleich bleiben?

Begründe Deine Vermutungen.

**Arbeitsblatt A2**

***Wir stellen Vermutungen zur Periodendauer auf***

Nachdem wir in der letzten Stunde einige Messungen der Periodendauer vorgenommen haben, wollen wir Hypothesen bilden, wovon wohl die Periodendauer eines Fadenpendels abhängen könnte. Wenn Ihr an Eurem Experiment etwas verändert (Fadenlänge, Massestück, Auslenkung …), dann ändert sich möglicherweise auch die Periodendauer T.

Notiere zunächst Deine Vermutungen:

Bei welcher Änderung wird sich die Periodendauer T vergrößern, verkleinern oder gleich bleiben?

Begründe Deine Vermutungen.



**Was denkst du?**

?



**Wovon hängt die Periodendauer eines Fadenpendels ab?**

**Arbeitsblatt A3**

***Wir überprüfen unsere Hypothesen***

Bei einigen der Aufgaben dieses Auftrages gibt es wieder Hilfekärtchen.

Du untersuchst heute mit Deinem Experimentierteam die Abhängigkeit der Periodendauer eines Fadenpendels von einer anderen Größe.

*Erinnere Dich:*

* *Die Periodendauer bestimmst Du mit einer kleineren Messunsicherheit, wenn Du eine Zeitmessung für 10 Perioden vornimmst und das Ergebnis durch 10 teilst.*
* *Wenn Du die Abhängigkeit von einer Größe untersuchst, darfst Du nicht gleichzeitig auch noch andere Größen verändern, denn sonst kannst Du das Versuchsergebnis nicht eindeutig interpretieren. Notiere zu jedem Versuch stets die Größen, die Du nicht veränderst.*

In der letzten Stunde wurden verschiedene Hypothesen aufgestellt, von denen Du mit Deinem Experimentierteam heute *eine* (oder wenn Ihr sehr schnell seid auch zwei) untersuchen sollst.

Notiere:

Mein Experimentierteam untersucht die Abhängigkeit der Periodendauer T von ……………………….

1. *Versuchsaufbau:* Baue mit Deinem Team das Fadenpendel auf.
2. *Messung und Dokumentation der Messwerte:*   
   Während der Messung wählt Ihr mindestens vier oder fünf verschiedene Werte von …………………. und messt die zugehörige Periodendauer T. Jede Messung soll dabei mindestens zweimal durchgeführt werden, damit Ihr einen Mittelwert berechnen und die Abweichung abschätzen könnt. Die Messwerte notierst Du und jeder in Eurer Gruppe jeweils in eine Tabelle in Euren Heften:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| …….………… in ……..……….. |  |  |  |  |  |  |
| T1 in s |  |  |  |  |  |  |
| T2 in s |  |  |  |  |  |  |
| Mittelwert von T in s |  |  |  |  |  |  |
| Messunsicherheit / Abweichung in s |  |  |  |  |  |  |

1. *Auswertung der Messwerte:* Wenn Ihr alle Messwerte aufgenommen, den Mittelwert jeweils bestimmt und die Abweichung abgeschätzt habt, zeichne ein Koordinatensystem, das zu den Messwerten passt. Trage die veränderliche Größe ……………………… auf der Rechtsachse und die Periodendauer T auf der Hochachse auf.   
   Trage die Messwerte bzw. Mittelwerte als Kreuzchen im Koordinatensystem ein.   
   Zeichne die Messunsicherheiten als Balken für Unsicherheitsbereiche ein.   
   Zeichne mit dem Bleistift vorsichtig eine möglichst „glatte“ Kurve durch die Balken der Messunsicherheiten ein (keine „Zick-Zack“-Linie).

**H3**

1. *Interpretation der Auswertung:*  
   Beschreibe, was Du aus dem Schaubild ablesen kannst. Formuliere einen „Je-Desto-Satz“.   
   Bewerte und begründe: Welche Hypothesen sind durch Eure Messungen widerlegt?
2. *Präsentation:* Jedes Team überträgt seine Messwerte und das Diagramm auf eine Folie, um seine Ergebnisse später der Klasse präsentieren zu können.  
   Überlegt Euch, wie Ihr Eure Ergebnisse in ca. 2 Minuten Euren Mitschülerinnen und Mitschülern erläutern wollt (Hypothese nennen, Messwerte und Berechnungen zeigen und beschreiben, Diagramm erläutern …)
3. *Überprüfung einer zweiten Hypothese (\*):*Wenn noch Zeit ist, dürft Ihr nun auch noch eine weitere Hypothese überprüfen. Geht dabei genauso vor wie bei der Überprüfung der ersten Hypothese.

**Gestufte Hilfen zu A3 Wir überprüfen unsere Hypothesen**

**H3: Wie fertigt man ein Diagramm aus den Messwerten an?**

**Hilfe 1: Skaleneinteilung der Achsen**

Wie Du aus der Mathematik weißt, muss man wissen, welche Skala die Rechtsachse und die Hochachse haben soll. In Physik hängt die Wahl der Skala von den Messwerten ab. Überlege, bis zu welchem maximalen Wert Deine Rechtsachse und bis zu welchem maximalen Wert Deine Hochachse reichen muss. In Hilfe 2 findest Du ein Beispiel, dass Dir erklärt, wie die Achsenskala gewählt werden kann.

**Hilfe 2: Beispiel für die Skaleneinteilung der Achsen**

Eine Gruppe misst folgende Werte:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Auslenkung α in °** | **90** | **45** | **20** | **10** |
| T1 in s | 1,331 | 1,327 | 1,239 | 1,201 |
| T2 in s | 1,508 | 1,260 | 1,243 | 1,242 |
| **Mittelwert von T in s** | **1,420** | **1,294** | **1,241** | **1,222** |
| Messunsicherheit / Abweichung in s | ± 0,100 | ± 0,030 | ± 0,002 | ±0,020 |

Es muss auf der Hochachse T abgetragen werden. Der größte bestimmte Mittelwert für T beträgt 1,420s. Also sollte die T-Achse von 0s bis 1,500s reichen. Wenn das Diagramm schön groß und gut sichtbar werden soll – und das soll es! – dann sollten wir für die T-Achse die Skala so wählen, dass 1cm zum Beispiel 0,100s entspricht. In diesem Falle wäre die Achse dann 15cm lang und das Diagramm hervorragend lesbar.

Auf der Rechtsachse soll die Auslenkung abgetragen werden. Die größte gewählte Auslenkung beträgt 90°, d.h. die Achse muss von 0° bis 90° reichen. Damit die Achse ebenfalls gut ablesbar ist, könnte man für 10° zum Beispiel 1cm ansetzen. Dann hätte die Achse eine Gesamtlänge von 9cm.

In dieses Diagramm trägt man nun die Mittelwerte von T als Kreuzchen ein.

Überlege nach dem Einzeichnen der Kreuzchen, wie Du die Unsicherheitsbereiche bzw. Balken für Unsicherheitsbereiche einzeichnen könntest. Wenn Du dafür eine weitere Hilfe benötigst, lies Hilfe 3.

**Hilfe 3: Einzeichnen der Unsicherheitsbereiche bzw. Balken für Unsicherheitsbereiche**

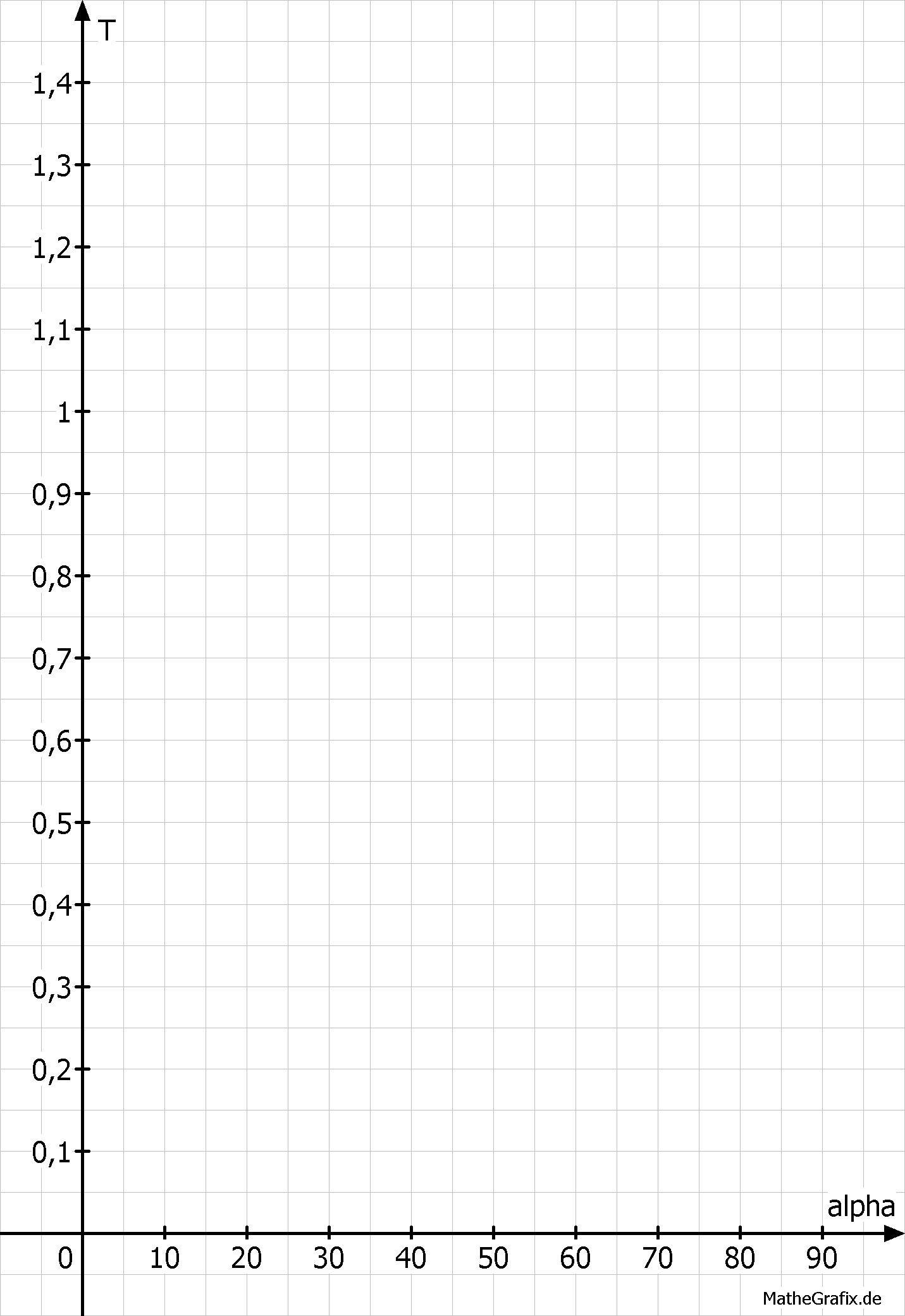
Du hast nun keine Skala vor Dir, auf der Du die Messunsicherheiten einträgst, sondern ein Koordinatensystem. Zu jedem bestimmten Mittelwert gehört eine Messunsicherheit, die Du ja in Deiner Messtabelle schon bestimmt hast. Die Messunsicherheit gehört zur Periodendauer T, d.h. Du musst sie in die gleiche Richtung im Diagramm einzeichnen wie die T-Achse, also vom Mittelwert aus nach oben und unten. Dadurch entstehen Balken für Unsicherheitsbereiche.

Wenn Du dies an einem Beispiel sehen willst, kannst Du in Hilfe 4 weiterlesen.

**Hilfe 4: Ein Beispiel für das Einzeichnen von Messunsicherheiten als Balken für Unsicherheitsbereiche**

Folgende Mittelwerte und Messunsicherheiten wurden in einer Messung bestimmt, bei der die Abhängigkeit der Periodendauer vom Auslenkungswinkel des Pendels untersucht wurde:

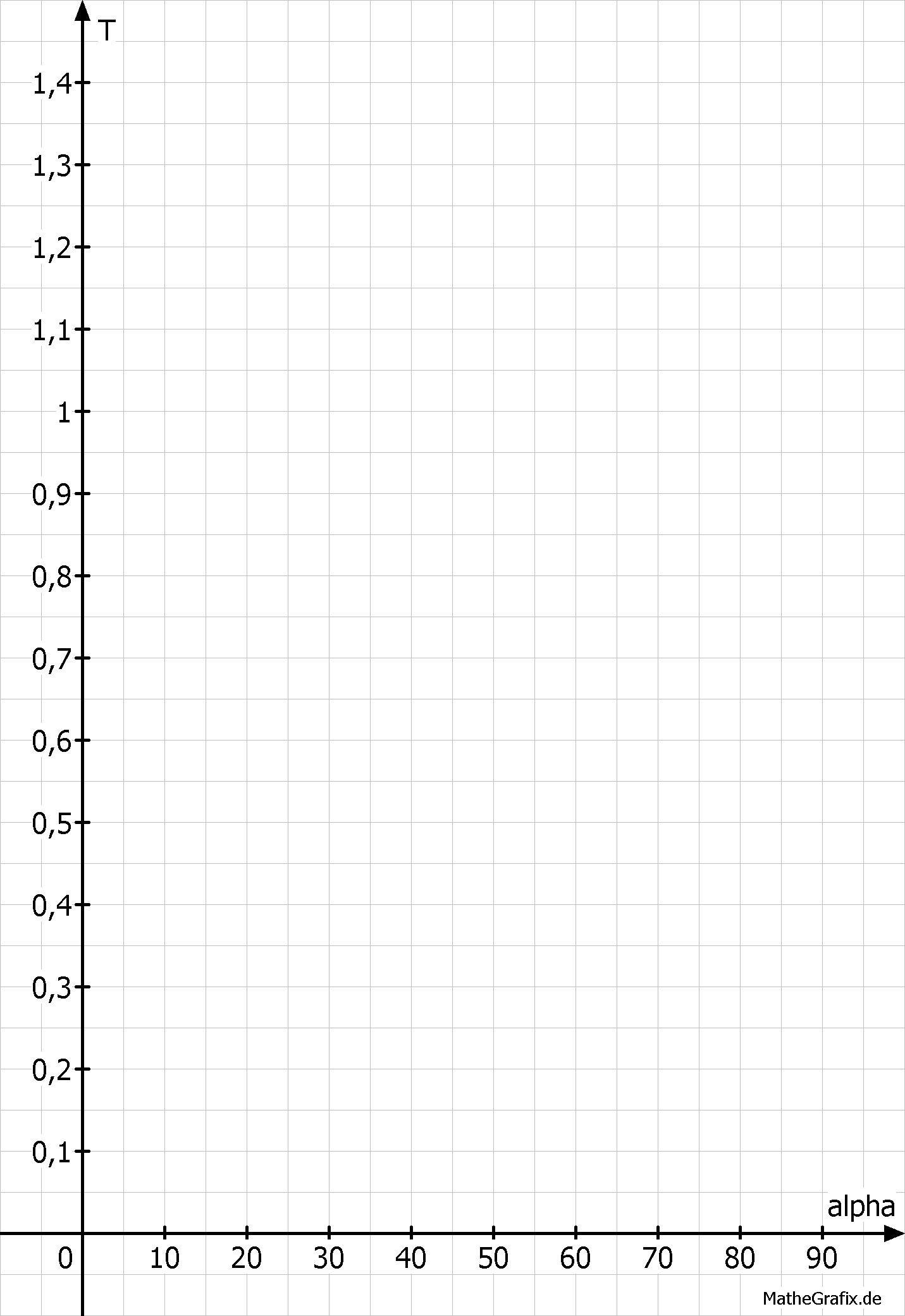
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Auslenkung α in °** | **90** | **45** | **20** | **10** |
| **Mittelwert von T in s** | **1,420** | **1,294** | **1,241** | **1,222** |
| Messunsicherheit / Abweichung in s | ± 0,100 | ± 0,030 | ± 0,002 | ±0,020 |

Im Diagramm sieht das Ganze dann so aus:

Wenn Du unsicher bist, wie Du in das Diagramm eine möglichst „glatte“ Kurve einzeichnen kannst, dann lies Hilfe 5.

**Hilfe 5: Einzeichnen einer möglichst „glatten“ Kurve**

Um eine möglichst „glatte“ Kurve einzuzeichnen, muss man sich noch einmal klar machen, was die Balken für Unsicherheitsbereiche eigentlich bedeuten: Es ist wahrscheinlich, dass bei einer neuerlichen Messung die Messwerte innerhalb des angegebenen Bereiches liegen – es kann allerdings auch sein, dass weitere Messwerte außerhalb des Bereiches liegen.

Die zu zeichnende Kurve soll anzeigen, welchen „Trend“ man aus den Messwerten erkennen kann. Dabei wird die Kurve sicher nicht 100% genau durch die Mittelwerte verlaufen, sondern sie kann ja auch dort durchgehen, wo die Balken für Unsicherheitsbereiche eingezeichnet sind. Es wäre sogar falsch, die Kurve nur durch die Mittelwerte zu zeichnen, denn daran erkennt man im Regelfall keinen „Trend“ – ja, es ergäbe sich nur eine „Zick-Zack“-Linie, die nahezu keine Aussage hat. Man bekäme einen völlig falschen Eindruck von der zu untersuchenden Abhängigkeit zwischen zwei Größen.

Wenn man das in unserem Beispiel macht, dann ergibt sich fast so etwas wie eine Gerade. Allerdings ist die Kurve am Anfang, also bei kleineren Winkel anscheinend etwas gekrümmt.

In jedem Fall kann man jedoch erkennen, dass die Periodendauer mit größer werdendem Auslenkungswinkel leicht zunimmt. Der Effekt ist jedoch insgesamt sehr klein, er wird etwas größer bei großen Auslenkungen und verschwindend gering bei kleinen Auslenkungswinkeln.

Der zugehörige „Je-Desto-Satz“ könnte lauten: Je größer die Anfangsauslenkung, desto größer wird die Periodendauer. Die Zunahme ist allerdings insgesamt klein, bei kleinen Winkeln nimmt die Periodendauer quasi gar nicht zu, bei größeren Auslenkungen wird der Effekt deutlicher sichtbar.

**Arbeitsblatt A4**

***Wir untersuchen ein Federpendel***

Heute kannst Du mit Deinem Experimentierteam zeigen, was Du in den letzten Wochen über das Vorgehen beim Forschen in Physik gelernt hast:

* Du gibst heute – genau wie alle anderen in Deinem Experimentierteam – eine Auswertung der Untersuchungen zum Federpendel ab.
* Bitte notiere Dein Versuchsprotokoll auf ein kariertes DIN-A4-Blatt mit Rand. Notiere oben auf dem Blatt Deinen Namen. Wenn Du mehrere Blätter benötigst, schreibe unbedingt auf jedes Blatt Deinen Namen.
* Bedenke: Nicht nur der Inhalt Deines Aufschriebes, sondern auch sein Aussehen werden bewertet – achte also auf Sauberkeit und Übersichtlichkeit der Darstellung.

**Viel Erfolg!**

1. Notiere eine **Hypothese** zu der Frage, ob die Periodendauer des Federpendels von der Masse des daran hängenden Körpers abhängt. Begründe Deine Hypothese.
2. Untersuche die von Dir in 1. formulierte Hypothese **experimentell**. Ziel ist es, ein Schaubild zu erhalten, mit dessen Hilfe Voraussagen gemacht werden können. Hier noch einige Hinweise zum Experiment:
   1. Nehmt 5 Körper mit möglichst unterschiedlichen Massen (nicht mehr als 500g, aber auch nicht weniger als 20g – die Feder sollte bei der Schwingung auch am höchsten Punkt immer etwas ausgedehnt sein)
   2. Die Periodendauer hängt nicht von der Anfangsauslenkung aus der Ruhelage ab.
   3. Beschriftet die Tabelle und das Schaubild sinnvoll und deutlich.
   4. Um den Mittelwert und die mittlere Messunsicherheit zu bestimmen, sollen jeweils 4 Messwerte mit jedem der 5 Körper durchgeführt werden.
3. Bewerte Deine Hypothese anhand der Messergebnisse und des Diagramms.
4. Mache mit Euren Versuchsergebnissen eine Voraussage für die Periodendauer für den Fall, dass ein Körper an der Feder hängt, zu der Ihr die Periodendauer bisher noch nicht gemessen habt.  
   Mache außerdem eine Vorhersage, welche Masse euer Pendelkörper haben müsste, um eine bestimmte Periodendauer zu erhalten, die Ihr bisher noch nicht gemessen habt.  
   Stellt beides so klar und deutlich dar, dass man nachvollziehen kann, wie Ihr zu den Vorhersagen kommt.

**Beurteilungen von Arbeitsaufträgen aus dem Physikunterricht**

In diesem Schuljahr werde ich immer wieder einige Schüleraufschriebe einsammeln und bewerten. Die Bewertung erfolgt dabei stets nach einem einfachen Schema von der Bewertung „++“ bis „- -„. Hier kannst Du die Erklärung für diese Stufen der Bewertung nachlesen:

|  |  |
| --- | --- |
| ++ | * vollständig im Sinne der Aufgabenstellung * ordentlich * im Wesentlichen fehlerfrei |
| + | * vollständig im Sinne der Aufgabenstellung * ordentlich * nur wenige Fehler |
| 0 | * wesentliche Teile im Sinne der Aufgabenstellung vorhanden * ordentlich * einige Fehler |
| - | * wesentliche Teile im Sinne der Aufgabenstellung fehlen * unordentlich * fehlerhaft |
| - - | * so stark fehlerhaft, dass die Aufgabenstellung im Wesentlichen nicht erfüllt wurde oder * nicht abgegeben |

Aus allen eingesammelten Aufträgen wird am Ende des Schuljahres ein Mittelwert gebildet und dieser in eine Note umgerechnet, die zur schriftlichen Gesamtnote rechnet.

Dabei entspräche ein Durchschnitt von „++“ einer „1“ und ein Durchschnitt von „- -„ einer „6“. Die Umrechnung erfolgt linear.

Es ist also relativ einfach, die eigene Note durch die Arbeitsaufträge im Unterricht zu verbessern!

**Anhang: Mögliche Gefährdungsbeurteilungen (GBU)**

**Dokumentation zur Gefährdungsbeurteilung   
für Faden- und Federpendel-Experimente**

**Schule / Dienststelle:**

**Unterrichtsfach / Fachbereich: Physik**

**Klassenstufe: 7-8**

**Wer führt das Experiment durch?** 🗷 **Lehrkraft** 🗷 **Schülerinnen / Schüler**

**Sind Gefährdungen durch mechanische Energie vorhanden?**

🗷 Gefahr durch fliegende Teile

🗷 weitere mechanische Gefahren :

Schülerinnen und Schüler können z.B. im Schwingbereich des Pendels sitzen oder stehen und dann vom Pendelkörper getroffen werden.

**Sind weitere Gefährdungen vorhanden (z. B. elektrische, thermische, optische)?**

🗷 nein

**☐** ja, und zwar:

**Substitutionsprüfung:**

🗷 Lernziel kann nicht durch ein gefahrloseres Experiment erreicht werden

**☐** Lernziel kann durch gefahrloseres Experiment erreicht werden, das Experiment soll aber dennoch durchgeführt werden.

Begründung:

**Welche Sicherheitsmaßnahmen werden durchgeführt?**

**☐** Bedienungsanleitung beachten

**☐** Betriebsanweisung beachten

🗷 Schüler auf Gefahren hinweisen

🗷 Weitere Maßnahmen :

Beim Versuchsaufbau auf mechanische Stabilität achten. Versuchsaufbau beispielhaft zeigen und nachbauen lassen.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Datum, Unterschrift

1. Natürlich können Doppelstunden prinzipiell auch in zwei Einzelstunden aufgeteilt werden. [↑](#footnote-ref-1)