



universität
wien

DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Schülervorstellungen zu Schwingungen“

verfasst von / submitted by

Peter Donabaum

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Magister der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Wien, 2018 / Vienna, 2018

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree
programme code as it appears on the student
record sheet:

A 190 412 406

Studienrichtung lt. Studienblatt / degree
programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium UF Physik UF Mathematik

Betreut von / Supervisor:

Priv.-Doz. Mag. Dr. Hildegard Urban-Woldron

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	4
2. Fachliche Klärung: Mechanische Schwingungen	5
2.1 Harmonische Schwingungen	5
2.2 Der harmonische Oszillator.....	5
2.3 Die gedämpfte Schwingung	7
2.4 Das mathematische Pendel / Das Fadenpendel.....	8
2.5 Gekoppelte Schwingungen	10
3. Fachdidaktischer Hintergrund	13
3.1 Konstruktivistisches Lernen	13
3.2 Schülervorstellungen	14
3.3 Begriffsentwicklung und Begriffswechsel	17
3.4 Schülervorstellungen zur Mechanik	20
3.5 Fachdidaktische Forschung zum Thema Schwingungen.....	22
4. Ziele und Forschungsdesign	24
4.1 Ziele und Forschungsfragen	24
4.2 Forschungsdesign und Hypothesen	24
4.2. Gestaltung der Interviews	26
Interessenserhebung vor den Interviews.....	27
Die Transkription der Aufnahmen.....	27
4.3 Die Auswertung	28
Das Auswertungsverfahren	28
Beispiele zum Auswertungsvorgang	28
4.4 Gültigkeit der Ergebnisse.....	29
5. Ergebnisse	30

Zusammenfassung der aufgetretenen Schülervorstellungen.....	30
Fadenpendel	30
Federpendel	32
Gekoppeltes Pendel	34
6. Diskussion	36
7. Ausblick.....	40
8. Literatur	43
9. Abbildungsverzeichnis.....	45
10. Anhang.....	46
10.1 Der Interviewleitfaden	46
10.2 Transkripte der Schülerinterviews.....	47
10.3 Einzelergebnisse	82
10.3 Inhaltsanalyse Tabellen	93
10.4 Zusammenfassung und Abstract	96

1. Einleitung

Sich mit Schülervorstellungen zu befassen, ist eine der wichtigsten Fragestellungen der modernen Physikdidaktik. In den letzten Jahrzehnten wurden die Präkonzepte zu vielen Themenbereichen bereits gut erforscht. Dadurch ist es Physiklehrerinnen und -lehrern möglich, sich bei der Unterrichtsvorbereitung auf diese Vorstellungen einzustellen und diesen auch im Unterricht selbst entsprechend entgegenzusteuern.

Auch ich habe mich im Laufe meines Studiums schon häufig mit Lernendenvorstellungen in diversen Lehrveranstaltungen auseinandergesetzt. Im Laufe des Seminars „Physikunterricht an Schülervorstellungen orientieren“ und des Schulversuchspraktikums ist mir aufgefallen, dass es bisher kaum Forschungsergebnisse zu Präkonzepten bezüglich Schwingungen gibt. Im Rahmen meiner Diplomarbeit möchte ich mich deshalb diesem Forschungsgebiet widmen, um damit zur Forschung in der Physikdidaktik beitragen zu können.

Schwingungen und Wellen sind im Lehrplan der AHS-Oberstufe fest verankert und somit setzt sich jede/jeder Lernende im Laufe ihrer/seiner Schullaufbahn mit diesem Thema auseinander. Für viele Schüler/innen ist der Unterricht zu diesem Themengebiet jedoch nicht zufriedenstellend, da ihre Alltagsvorstellungen nicht mit den unterrichteten Konzepten korrelieren. Ein Ziel dieser Arbeit ist es, dass die erarbeiteten Schülervorstellungen dazu dienen, den Physikunterricht unter diesem Aspekt zu verbessern.

Da Pendelbewegungen im Alltag häufig auftreten, sind die meisten Schülerinnen und Schüler mit dem Thema „mechanische Schwingungen“ durchaus vertraut. Daraus kann man auch schließen, dass viele Schüler/innen bereits konkrete Vorstellungen haben, wenn sie das erste Mal im Unterricht mit diesem Thema konfrontiert werden. Für die jeweilige Lehrkraft wäre es vorteilhaft, wenn sie über die Präkonzepte bereits Bescheid wüsste, um die Fehlvorstellungen zu entkräften. Mit Hilfe der Erkenntnisse dieser Diplomarbeit sollte es für Lehrerinnen und Lehrer einfacher sein, sich auf mögliche Präkonzepte im Unterricht vorzubereiten.

2. Fachliche Klärung: Mechanische Schwingungen

2.1 Harmonische Schwingungen

Eine in der Natur weit verbreitete Schwingungsform ist die harmonische Schwingung. Diese tritt unter anderem bei musikalischen Tönen auf und kann durch harmonische Funktionen beschrieben werden. Meist ergeben sich dafür die Sinus- und Kosinusfunktionen (siehe Abbildung 1).

Die Zeit, welche ein Körper benötigt, um eine Schwingung zu vollenden, heißt Schwingungsdauer T . Den Kehrwert der Schwingungsdauer nennt man Frequenz f . Diese gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde an und wird mit der Einheit Hertz (Hz) versehen. Weiters bezeichnet man mit $\omega = 2\pi f$ die Kreisfrequenz. Außerdem wird die maximale Auslenkung aus der Gleichgewichtslage Amplitude A genannt. Mit der Ort-Zeit-Funktion kann man die momentane Auslenkung zu einem beliebigen Zeitpunkt t bestimmen (vgl. Demtröder 2013, S. 327).

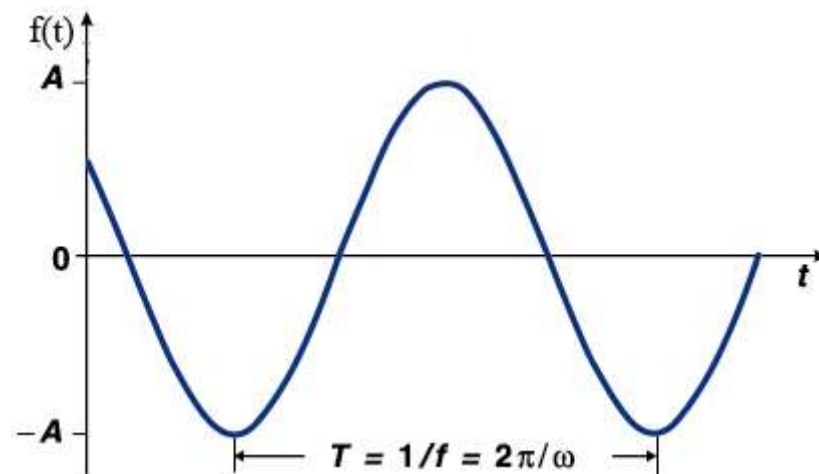


Abb. 1: Funktionsgraph einer harmonischen Schwingung¹

2.2 Der harmonische Oszillator

Mit diesem physikalischen Begriff kann man sehr viele schwingende Systeme relativ genau beschreiben. Im Grunde handelt es sich dabei um ein eindimensionales System, dessen Bewegung durch eine harmonische Kraft bewirkt wird. Daraus ergibt sich folgende Bewegungsgleichung (vgl. Embacher 2010, S. 29):

$$m \cdot a(t) = -k \cdot x(t)$$

¹ Eigenerstellung

In der Praxis könnte es sich dabei um einen Körper mit der Masse m handeln, der sich auf einer reibungsfreien Unterlage befindet. Dieser hängt an einer Feder und wird (in einer Raumrichtung) aus der Gleichgewichtslage ausgelenkt. Weil diese Feder gedehnt wurde, übt sie eine rücktreibende Kraft auf den Körper aus. Die Kraft ist direkt proportional zur momentanen Auslenkung $x(t)$ und stets zur Gleichgewichtslage hin gerichtet (vgl. Tipler 2015, S. 414). Der Proportionalitätsfaktor k wird als Federkonstante bezeichnet und hängt im Allgemeinen vom Typ und dem Material der Feder ab.

Weil die Beschleunigung $a(t)$ die zweite Ableitung des Ortes $x(t)$ ist, handelt es sich hierbei um eine Differentialgleichung zweiter Ordnung. Wenn man nun die obige Gleichung in eine andere Form bringt, sieht diese folgendermaßen aus:

$$\ddot{x}(t) = -\omega^2 \cdot x(t)$$

Dabei wurde der Quotient k/m als ω^2 geschrieben, um später die Lösung in einer vertrauten Form darstellen zu können.

Die Lösung dieser linearen Differentialgleichung lautet² (vgl. Embacher 2010, S. 29):

$$x(t) = C_1 \cos(\omega t) + C_2 \sin(\omega t)$$

Man sieht, dass man den Aufenthaltsort des harmonischen Oszillators mit Hilfe einer Linearkombination von Sinus- und Kosinusfunktionen beschreiben kann. Die beiden Konstanten C_1 und C_2 könnte man mit Hilfe von (Rand-) Bedingungen näher bestimmen. Wenn diese passend gewählt werden, erhält man als mögliche Orts-Zeit-Funktion der harmonischen Schwingung:³

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t)$$

Die Geschwindigkeit-Zeit-Funktion erhält man, indem man die obige Funktion nach t differenziert. Somit ergibt sich:

$$v(t) = \dot{x}(t) = -\omega A \cdot \sin(\omega t)$$

Bedenkt man, dass $\omega = \sqrt{k/m}$ ist, erkennt man, dass die Geschwindigkeit direkt proportional zur Wurzel der Federkonstante k und indirekt proportional zur Wurzel der Masse m ist. Weiters ist ersichtlich, dass die Geschwindigkeit an jenen Orten

² Man kann überprüfen, ob es sich hier tatsächlich um eine Lösung handelt, indem man diese Funktion zwei Mal nach t differenziert.

³ Vgl. 1.1 harmonische Schwingungen.

(betragsmäßig) maximal ist, bei denen die momentane Auslenkung Null ist und umgekehrt.

Mit Hilfe des Zusammenhangs $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ergibt sich die folgende Formel für die Schwingungsdauer T :

$$T = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Daran ist erkennbar, dass die Schwingungsdauer größer ist, je kleiner die Federkonstante k (d.h. je „schwächer“ die Feder) und je größer die Masse m ist. Dies bedeutet, dass eine Schwingung länger dauert, wenn eine große Masse und eine schwache Feder verwendet werden. Umgekehrt heißt es aber auch, dass man mit einer „starken“ Feder und einer geringen Masse eine hohe Frequenz ν bewirkt.

2.3 Die gedämpfte Schwingung

In der Praxis findet man kaum Systeme, die ohne Energieverlust schwingen, sodass die Amplitude bei jeder Schwingung gleich bleibt. Würde man beispielsweise ein Federpendel auf der Erde auslenken, so würde sich aufgrund der Reibungskraft die Amplitude stetig verkleinern. Man spricht in diesem Fall von einer gedämpften Schwingung. Für ein solches System erhält man die Differentialgleichung (vgl. Tipler, 2015, S. 436):

$$m \cdot a(t) + b \cdot v(t) + k \cdot s(t) = 0$$

Der Term $b \cdot v(t)$ steht dabei für die Reibung, welche die Amplitude verkleinert. Die Variable b wird als Dämpfungskonstante bezeichnet. Als Lösung dieser Gleichung erhält man eine Funktion, welche die folgende Form besitzt (vgl. Tipler, 2015, S. 437):

$$s(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$$

Wegen des Exponentialterms wird die ursprüngliche Amplitude A_0 , bei wachsendem t , verkleinert. Die übrigen Teile dieser Funktion sind isomorph zur harmonischen Schwingung. In der nachfolgenden Abbildung kann man den Funktionsgraph einer gedämpften Schwingung erkennen.

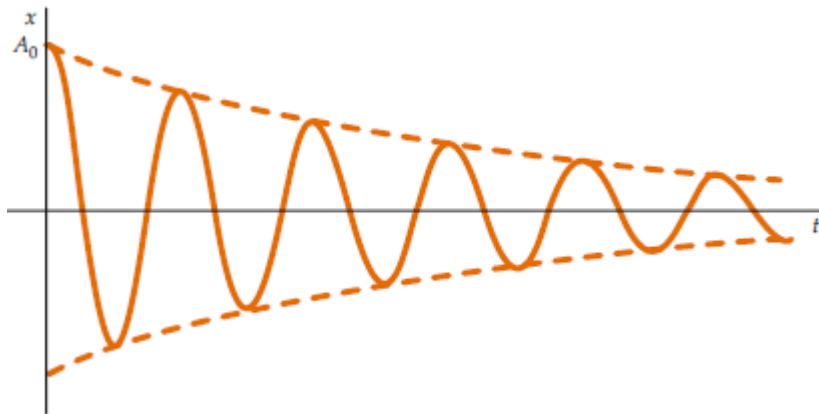


Abb. 2: Funktionsgraph einer gedämpften Schwingung⁴

2.4 Das mathematische Pendel / Das Fadenpendel

Harmonische Schwingungen treten unter anderem näherungsweise beim sogenannten mathematischen Pendel auf. Es handelt sich hierbei um ein System, bei welchem ein Massenstück mit der Masse m an einem Faden mit der Länge l aufgehängt ist. Wichtig ist dabei, dass die Masse des Fadens relativ zur Pendelmasse vernachlässigbar klein ist (vgl. Wagner, 2012, S. 61).

Die Kräfte, welche auf die Pendelmasse m wirken, sind die Gravitation ma_G und die Zugkraft F_S des Fadens (siehe Abbildung 3⁵). Die Zugkraft ist jene (radiale) Komponente, welche das Massstück auf der Kreisbahn hält.

Weiters beeinflusst die Komponente $mg \sin \theta$ die Punktmasse tangential und beschleunigt diese hin zum Mittelpunkt (vgl. Tipler, 2015, S. 427).⁶ Diese Kraftkomponente wird oft auch rücktreibende Kraft genannt.

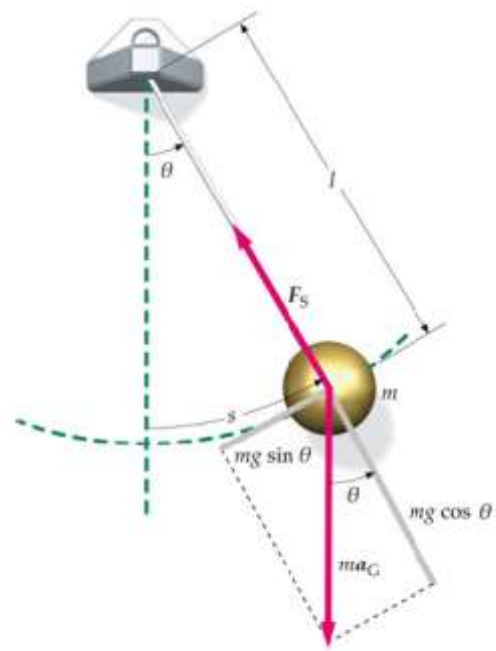


Abb. 3: Fadenpendel

⁴ Tipler, 2015, S. 436

⁵ Tipler, 2015, S. 427

⁶ Wie man hier erkennen kann, handelt es sich um eine ungleichmäßig beschleunigte Bewegung.

Um die Schwingungsgleichung des mathematischen Pendels herzuleiten, wird (in Ruhelage) das zweite Newton'sche Axiom herangezogen:

$$-mg \sin\theta = \frac{m d^2s}{dt^2}$$

Der Zusammenhang zwischen der Bogenlänge s und dem Winkel θ ist die Beziehung $s = l \theta$. Differenziert man dies zwei Mal, so erhält man: $\frac{d^2s}{dt^2} = l \frac{d^2\theta}{dt^2}$. In der obigen Gleichung eingesetzt, ergibt sich die Bewegungsgleichung für das mathematische Pendel:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \cdot \sin\theta$$

Es handelt sich dabei um eine nichtlineare Differentialgleichung zweiten Grades. Dies bedeutet, dass es dafür keine geschlossene Lösung für alle Winkel θ gibt. Für kleine Winkel kann man allerdings die Näherung $\sin\theta \approx \theta$ verwenden und erhält somit eine lösbare, lineare Differentialgleichung zweiten Grades:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{l} \cdot \theta$$

Eine mögliche Lösung dieser Gleichung lautet $\theta(t) = A \cdot \sin\left(\sqrt{g/l} \cdot t\right)$. Somit ergibt sich für die Schwingungsdauer folgendes (vgl. Demtröder, 2013, S. 72):

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$$

Die Schwingungsdauer ist somit direkt proportional zur Wurzel des Quotienten l/g . Eine Schwingung dauert also umso länger, je kleiner die Gravitation und je länger der Faden ist. Außerdem ist interessant, dass die Schwingungsdauer hier wieder völlig unabhängig von der Masse des Pendels ist.

Weiters sollte erwähnt werden, dass diese Formel nur eine Näherung für kleine Winkel (also Auslenkungen) ist. Die Schwingungen des mathematischen Pendels sind keine harmonischen Schwingungen, weil die Formel für die Schwingungsdauer aus der Näherung $\sin\theta \approx \theta$ gefolgert wurde. Deshalb sollte man sich überlegen, für welche Auslenkungen diese Näherung nicht massiv von der tatsächlichen Schwingungsdauer abweicht. Die nichtlineare Bewegungsgleichung des

Fadenpendels führt für die Berechnung der Schwingungsdauer auf ein elliptisches Integral. Dies führt zur folgenden Reihenentwicklung (vgl. Tipler, 2015, S.430):

$$T = T_0 \left(1 + \frac{1}{2^2} \sin^2 \left(\frac{1}{2} \theta_0 \right) + \frac{1}{2^2} \left(\frac{3}{4} \right)^2 \sin^4 \left(\frac{1}{2} \theta_0 \right) + \dots \right)$$

T_0 ist dabei die berechnete Schwingungsdauer für kleine Winkel. Nachfolgend befindet sich eine Abbildung, welche auf der zweiten Achse das Verhältnis $\frac{T}{T_0}$ abgebildet hat. Auf der ersten Achse ist die Amplitude θ des Fadenpendels im Bereich von 0° bis 46° aufgetragen.

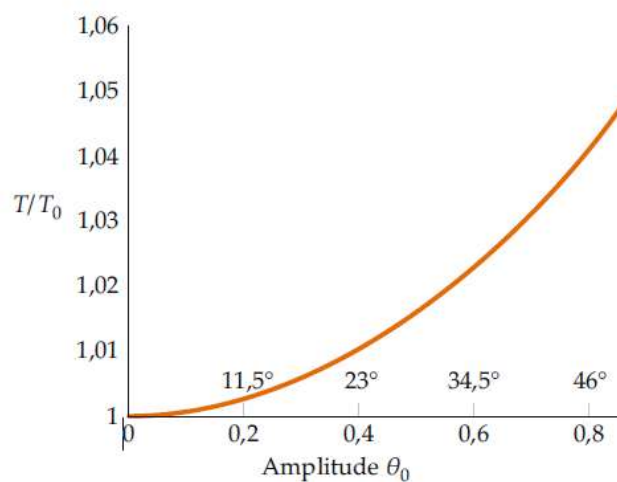


Abb. 4: Verhältnis T/T_0 ⁷

Man erkennt an dieser Kurve, dass der Wert T_0 bis zu einem Winkel von 23° lediglich um ein Prozent vom tatsächlichen Wert T abweicht. Bis zu dieser Amplitude kann man also durchaus davon ausgehen, dass die Formel $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$ den physikalischen Sachverhalt genügend genau darstellt. Für größere Winkel hingegen ist die obige Formel doch relativ ungenau.

2.5 Gekoppelte Schwingungen

Eine Sonderform der Schwingungen sind gekoppelte Schwingungssysteme, die periodisch ihre kinetische Energie austauschen. Im Fall gekoppelter Pendel hängt

⁷ Tipler, 2015, S.430

die rücktreibende Kraft außer von der Schwerkraft auch von der Kopplung ab. Diese kann in Form von Federn, Massestücken, oder auch ganz anders, realisiert werden. Nebenstehend sieht man eine mögliche Realisierung eines gekoppelten Pendels, bei der ein einfaches Massestück und eine Schnur als Kopplung fungieren (siehe Abbildung 5⁸). Dieser Versuchsaufbau wird hier abgebildet, da er auch bei den Interviews eingesetzt wurde.

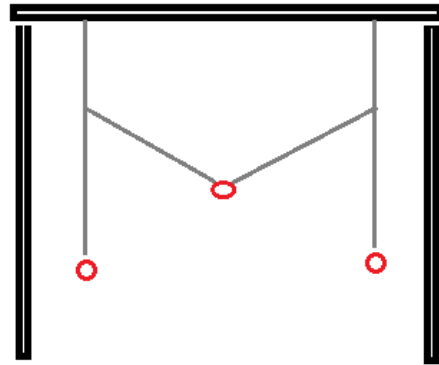


Abb. 5: möglicher Versuchsaufbau gekoppelte Schwingung

Bei einem System aus zwei gekoppelten Pendeln kann man, je nachdem, wie man diese in Schwingung versetzt, drei verschiedene Fälle unterscheiden (vgl. Demtröder, 2013, S. 342)⁹:

Gleichsinnige (gleichphasige) Schwingung

Dabei werden die beiden Pendel parallel gleich weit in dieselbe Richtung ausgelenkt. Weil hier die Kopplung auch in der gleichen Phase, wie die beiden Pendel, mitschwingt, schwingen die beiden Pendel mit gleicher Amplitude und gleicher Phase. Die Kopplung hat hier also keinen merkbaren Einfluss auf die einzelnen Pendel.

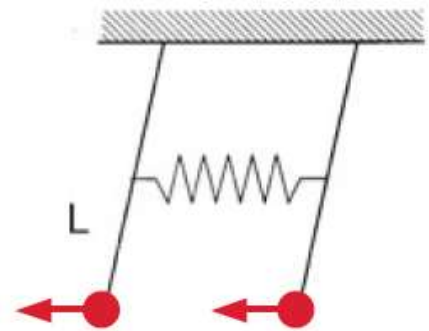


Abb. 6: Gleichphasige Schwingung

Gegensinnige (gegenphasige) Schwingung

In diesem Fall werden die Pendel gegengleich ausgelenkt. Dadurch schwingen beide mit gleicher Amplitude, aber in gegengleicher Phase.

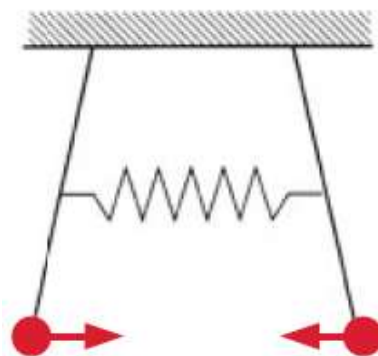


Abb. 7: Gegenphasige Schwingung

⁸ Eigenerstellung

⁹ Abb. 6 u. 7: Demtröder, 2013, S. 342

Schwebungsfall

Wenn man zu Beginn ein Pendel maximal auslenkt, während das andere ruht, dann kann man einen sogenannten Schwebungsfall beobachten. Dabei schwingt zunächst das ausgelenkte Pendel mit großer Amplitude und regt mit der Kopplung das unausgelenkte Pendel ebenfalls zur Schwingung an. Die Schwingungsamplitude vom ersten Pendel wird immer kleiner und jene vom zweiten immer größer, bis schließlich das erste Pendel in Ruhe ist. Anschließend beginnt der umgekehrte Prozess.

Die kinetische Energie wird dabei periodisch von einem Pendel auf das andere übertragen. Wenn dieser Prozess vollständig abgeschlossen wurde, startet der Vorgang mit vertauschten Rollen von neuem. Für die Energieübertragung zwischen den beiden Pendeln ist die Kopplung verantwortlich. Nachfolgend befindet sich ein Diagramm, an dem man erkennen kann, wie sich die beiden Pendel gegenseitig beeinflussen: Immer wenn x_1 maximal ist, ist x_2 gleich Null.

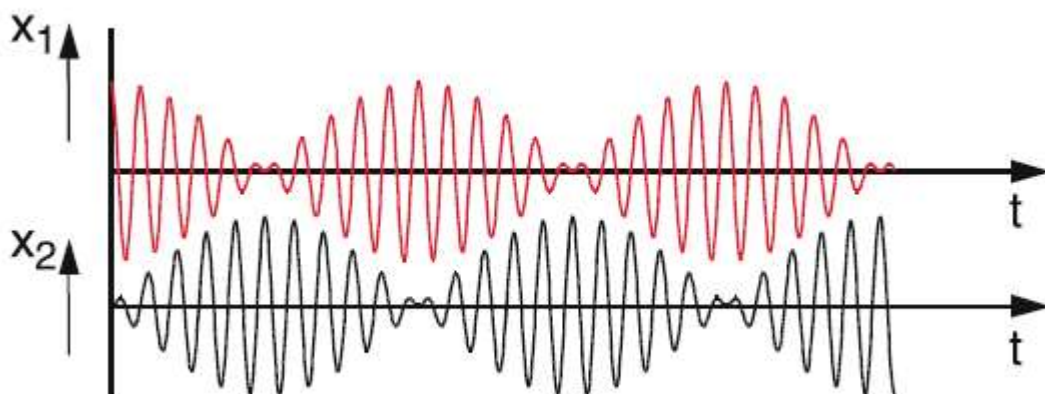


Abb. 8: Schwingungsamplituden x_1 und x_2 gekoppelter Oszillatoren¹⁰

¹⁰ Demtröder, 2013, S. 342

3. Fachdidaktischer Hintergrund

„Physikdidaktik befasst sich mit der Theorie und der Praxis des Lernens und Lehrens von Physik“ (Hopf, 2011, S. 7). Somit ist die Physikdidaktik die Berufswissenschaft aller Physiklehrerinnen und -lehrer. Auch wenn dies den meisten nicht bewusst ist, so sollten sich Lehrkräfte intensiv mit dieser Wissenschaft auseinandersetzen, um den eigenen Unterricht zu optimieren. Weil dies bei angehenden Lehrkräften besser im Bewusstsein eingepreßt sein soll, entschied man sich dazu, die Didaktik als eine der grundlegenden Säulen in der Lehramtsausbildung zu verankern. Somit kommen die Studierenden mit dieser Disziplin der Physik in Berührung und erlernen wesentliche Bestandteile ihrer zukünftigen Berufswissenschaft.

Da diese Arbeit Schülervorstellungen erörtert, werden in den folgenden Unterkapiteln einige Begriffe geklärt. Dies dient unter anderem dem Zweck, dass die auftretenden Begriffe korrekt aufgefasst werden.

3.1 Konstruktivistisches Lernen

Sehr lange sah man die Schülerinnen und Schüler als leere Tafel an, welche völlig unbeschrieben den Unterricht besuchen. Die Lehrerin/der Lehrer füllt diese Tafel anschließend mit Fakten und Theorien, sodass die Lernenden den Unterricht mit unverfälschtem, neu erworbenem Wissen verlassen. Nach dem Prinzip des Nürnberger Trichters kann so jede Lehrkraft jeder Schülerin bzw. jedem Schüler (Fach-) Wissen vermitteln. Allerdings sind Schüler/innen keine wandelnden Aktenordner und Lehrer/innen keine blutleeren Lexika. (vgl. Bauer, 2010, S. 47) Im schulischen Unterricht geht es in erster Linie darum, mit Hilfe von zwischenmenschlichen Beziehungen am aktuellen (Alltags-) Wissen der Lernenden anzuknüpfen.

In der modernen Forschung ist längst völlig unbestritten, dass Schüler/innen nicht als „Tabula rasa“ in die Unterrichtsstunde kommen. Deshalb ist es wichtig, dass das Lernen als Prozess gesehen wird. Dies bedeutet, dass aus alten, eigenen Vorstellungen neue Ansichten entstehen. Wenn neue Sinneseindrücke ins Gehirn gelangen, so müssen diese interpretiert werden. Dies geschieht vor allem mit Hilfe des Vorwissens.

Im Sinne des konstruktivistischen Lernens ist es die Aufgabe der Lehrkraft, die neuen Informationen möglichst gut an das Vorwissen der Schüler/innen anzuknüpfen, um etwaige Schwierigkeiten zu vermeiden. (vgl. Roth, 2010, S. 55)

Lehrkräfte können also den Inhalt nicht direkt an die Schülerinnen und Schüler weitergeben. Es kann lediglich versucht werden, die Information in Daten zu verpacken, sodass es den Schüler/innen auf Grund ihres Vorwissens möglich ist, diese zu erschließen und somit den Informationsgehalt zu verwerten. Für den Lernerfolg ist also eine entsprechende Lernumgebung essentiell. (vgl. Hopf et al., 2011, S.29)

Für Lehrerinnen und Lehrer ist es daher unumgänglich, über das Vorwissen der Lernenden Bescheid zu wissen. Die anerkannte deutsche Neuropsychologin und Pädagogin Elsbeth Stern stellte unter anderem diese These über Lernforschung auf: „Gute Lehrer wissen, wie Schüler lernen [...] [und wissen] deshalb auch über das Vorwissen Bescheid.“ (vgl. Stern, 2010, S. 134) Es ist also ein wichtiger Aspekt, dass sich Lehrkräfte mit Schülervorstellungen bei der Unterrichtsplanung und -durchführung auseinandersetzen.

3.2 Schülervorstellungen

Reinders Duit beschreibt Schülervorstellungen und die damit auftretenden Probleme im ersten PIKKO-Brief 2004 folgendermaßen:

„Wenn Schülerinnen und Schüler in den Physikunterricht hinein kommen, so haben sie in der Regel bereits in vielfältigen Alltagserfahrungen tief verankerte Vorstellungen zu den Begriffen und Phänomenen und Prinzipien entwickelt, um die es im Unterricht gehen soll. Die meisten dieser Vorstellungen stimmen mit den zu lernenden wissenschaftlichen Vorstellungen nicht überein. Hier liegt eine Ursache vieler Lernschwierigkeiten. Die Schüler verstehen häufig gar nicht, was sie im Unterricht hören oder sehen und was sie im Lehrbuch lesen.“ (Duit, 2004, S.1)

Duit beschreibt in diesen Zeilen ein Phänomen, welches beinahe alle Personen so, oder so ähnlich, in ihrer eigenen Schulzeit kennengelernt haben. Häufig können die Schüler/innen mit den Aussagen der Lehrkraft wenig bis gar nichts anfangen. Die Vorstellungen, welche die Lernenden bereits vor dem Unterricht haben, beeinflussen also den Wissenserwerb deutlich. Dies bestätigt auch der

amerikanische Lernpsychologe David Ausubel in einem häufig zitierten Satz: „Der wichtigste Einflussfaktor für das Lernen ist das, was der Lerner bereits weiß. Finden Sie das heraus und unterrichten Sie ihn entsprechend.“ (Ausubel in Hopf, 2011, S. 29)

Auch Duit und Wodzinski erörtern, dass es ein wesentliches Merkmal guten Physikunterrichts ist, wenn dieser am Vorwissen beziehungsweise an Schülervorstellungen und Alltagserfahrungen anknüpft. Anknüpfen bedeutet dabei, dass Schülervorstellungen den Unterricht auf irgendeine Weise beeinflussen. Entweder man spricht diese Präkonzepte direkt an, oder der Unterricht ist so geplant, dass lernhinderliche Vorstellungen vermieden werden können. (vgl. Duit, Wodzinski, 2006, S. 3) Um also den Lernenden optimal zu unterrichten, muss sich die Lehrkraft mit Schülervorstellungen auseinandersetzen. Deshalb wird seit den 1970er Jahren intensiv an Präkonzepten in Naturwissenschaften geforscht, um fachdidaktische Schlüsse daraus ziehen zu können.

Ergänzend sollte an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Begriffe Schülervorstellung, Präkonzept, Alltagserfahrung, Fehlkonzepte, misconceptions in der Literatur häufig als Synonyme füreinander verwendet werden. Ich möchte mich dieser Vorgehensweise auch anschließen und werde nachfolgend zwischen diesen nicht mehr unterscheiden. Die Bezeichnung Schülervorstellung wird folgend möglicherweise favorisiert, allerdings hat dies keine weitreichendere Bedeutung. (vgl. Hopf et al., 2011, S. 34; Wodzinski, 2011, S. 23)

Merkmale von Schülervorstellungen

Nachfolgend werden einige belegte Eigenschaften zu Schülervorstellungen aufgelistet. (vgl. Hopf et al., 2011, S.34; Wiesner, 2008, S.4)

- Lernende bringen eine Vielzahl von Vorstellungen bzw. Denkweisen bereits in den Unterricht mit. Diese haben sich aus Erfahrungen entwickelt und vielfach im Alltag bewährt.
- Solche Vorstellungen widersprechen häufig physikalisch anerkannten Konzepten.
- Trotzdem weisen Schülervorstellungen für den Lernenden selbst eine innere Logik auf, obwohl Lehrende diese Konzepte als widersprüchlich ansehen.
- Zwar sind die Vorstellungen bei einem einzelnen Lerner geformt und somit individuell verschieden. So lassen sie sich dennoch objektiv sehr einfach nach typischen Mustern beschreiben und kategorisieren.

- Schülervorstellungen sind teilweise sehr „resistent“ gegen Physikunterricht und müssen daher bei der Stundenplanung besonders berücksichtigt werden.
- Diese Vorstellungen entstehen manchmal spontan, wenn die/der Lernende versucht, ein physikalisches Phänomen zu erklären.
- Laut Untersuchungen lassen sich international ähnliche Ergebnisse zu Schülervorstellungen konstatieren.
- Schüler/innen greifen auf unterschiedliche Konzepte in Situationen zurück, die für Physiker äquivalent sind. Außerdem passen sie ihre Konzepte der jeweiligen Situation an.
- Schüler/innen argumentieren kontextabhängig. Dies bedeutet insbesondere, dass sie sich nur begrenzt durch Experimente überzeugen lassen.
- Alltagsbasierte Konzepte bilden zusammen mit den im Unterricht entwickelten Vorstellungen das Vorwissen, mit dem neue Inhalte erschlossen werden.

Sach-, lehr- und innenbedingte Lernschwierigkeiten

Wenn man schulisches Lernen sehr einfach und schematisch darstellen möchte, dann sieht es womöglich folgendermaßen aus:

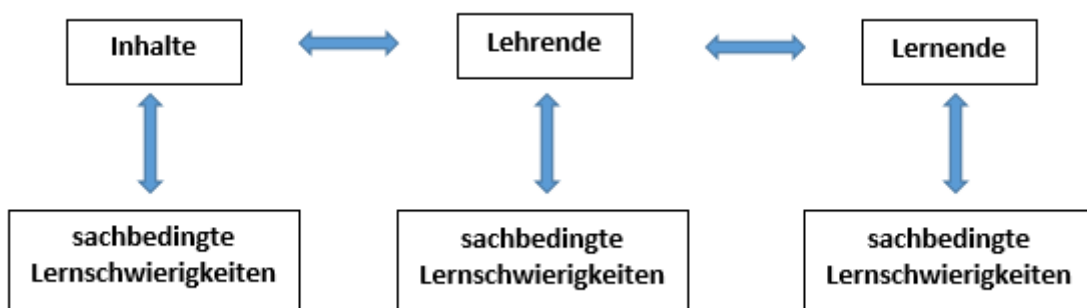


Abb. 9: Einteilung von Lernschwierigkeiten¹¹

Der/Die Lernende setzt sich mit den gegebenen Lerngegenständen auseinander. Die Lehrerinnen und Lehrer finden sich in einer Rolle als Vermittler wieder und versuchen für die Lernenden geeignete Zugänge zu den Gegenständen zu finden. Schwierigkeiten können bei dieser vereinfachten Darstellung auf drei verschiedenen Ebenen auftauchen. (vgl. Hopf et al., 2011, S.35)

¹¹ Eigenerstellung

- **Sachbedingte Lernschwierigkeiten:** Hier haben die Schülerinnen und Schüler ein Problem mit den physikalischen Inhalten. Beispielsweise haben die Lernenden Probleme mit den Konzepten von Kräften und Feldern. Diese Begriffe sind zu abstrakt und komplex.
- **Lehrbedingte Lernschwierigkeiten:** Hier entstehen Probleme durch unangemessene fachliche Darstellungen beziehungsweise durch mangelnde fachdidaktische Überlegungen. Häufig sehen Experten etwas als selbstverständlich an, Schüler/innen hingegen haben Schwierigkeiten damit. Weiters stellen Vereinfachungen oder Idealisierungen die Lernenden vor große Probleme. Dies liegt meist daran, dass die Lehrkräfte Schlüsselideen oder –phänomene unzureichend betonen. Banal ausgedrückt wissen die Lernenden nicht, was wichtig ist und was man vernachlässigen kann. Weiters wählen Lehrer/innen möglicherweise ungeeignete Ankerpunkte und Analogien. Dadurch wird den Schülerinnen und Schülern ein falsches Bild vermittelt und diese Vorstellung hindert sie anschließend beim Erfassen der Materie. Ein häufig unterschätztes Problem ist die Beschränkung auf idealisierte Fälle. Viele Lernende können diese Idealfälle im Alltag nicht anwenden und dadurch fehlt ihnen oft die Motivation im Physikunterricht. Dieser Effekt wird häufig noch dadurch verstärkt, dass Lehrkräfte dazu neigen, missverständliche Vereinfachungen zu verwenden.
- **Innenbedingte Lernschwierigkeiten:** Diese treten bei der Aufnahme und Verarbeitung neuer Informationen auf (siehe 3. 1. Konstruktivistisches Lernen). Die Lernenden interpretieren also den vermittelten Inhalt des Lehrenden falsch oder sie ziehen falsche Schlüsse aus den neuen Informationen. Der Grund sind die bereits vorhandenen Wissensstrukturen der Schülerinnen und Schüler. Alle neuen Informationen werden mit den bereits vorhandenen Wissensstrukturen verglichen und anhand dieser bewertet. Hier werden dann fehlende Teile hinzugefügt oder weggelassen.

Selbstverständlich kann es hier auch zu Überschneidungen zwischen den einzelnen Spaten kommen.

3.3 Begriffsentwicklung und Begriffswechsel

Wie man am vorigen Kapitel erkennen kann, ist es für Lehrkräfte nicht immer einfach, Schülervorstellungen adäquat zu entkräften beziehungsweise physikalisch korrekte Konzepte zu vermitteln. Deshalb spielten der Begriffswechsel und verschiedene Strategien in der Fachdidaktik schon sehr früh eine wesentliche Rolle.

Dass diese Begriffswechsel bzw. Begriffsentwicklungen meist leichter erscheinen als sie tatsächlich sind, bestätigt auch R. Duit: „Diese Herausforderung wirkt zunächst simpel, jedoch ist das Anbieten der wissenschaftlichen Sicht meist nicht ausreichend, Teile der ursprünglichen Schülervorstellung bleiben meist erhalten.“ (Duit, 2008, S. 3). Obwohl im Unterricht oft neue Sichtweisen erlernt werden, bedeutet dies für die Schüler/innen nicht zwangsläufig, dass die neuen Erkenntnisse die Alltagsvorstellungen ablösen (vgl. Kircher, 2009, S. 615). Bei vielen Lernenden existieren anschließend diese verschiedenen Vorstellungen parallel nebeneinander, ohne miteinander verknüpft zu werden, wobei folglich situationsabhängig mit dem jeweiligen Konzept argumentiert wird.

Ein Grund, weshalb sich Begriffswechsel des Öfteren als so langwierig und schwierig gestalten, liegt an den Schülervorstellungen, die der jeweilige Lernende entwickelt hat. Diese Konzepte haben sich oft über Jahre hinweg aufgebaut und liefern für die Schülerin/den Schüler häufig eine zufriedenstellende Erklärung für physikalische Phänomene. Es sollte der Lehrerin/dem Lehrer bewusst sein, dass das Lernen von Physik einen jahrelangen komplexen Prozess darstellt. Insbesondere ist darauf zu achten, dass viele kleine Schritte erforderlich sind, bis die Lernenden ein physikalisch korrektes Konzept entwickelt haben. Es genügt in der Regel nicht, dies einmal zu erklären, um sich damit anzufreunden. Fehlvorstellungen sind meist im Kopf der Lernenden so gefestigt, dass es eine gut durchdachte Vorgehensweise benötigt, um diese durch korrektere Konzepte abzulösen. (vgl. Hopf et al., 2011, S. 48)

Konzeptwechselstrategien

Grundsätzlich gibt es vier Bedingungen, welche erfüllt sein müssen, um einen erfolgreichen Konzeptwechsel zu ermöglichen (vgl. Posner, 1982, S. 219):

1. Die Lernenden müssen mit den vorhandenen Vorstellungen unzufrieden sein.
2. Die neue Vorstellung muss logisch und verständlich sein.
3. Sie muss intuitiv plausibel sein.
4. Sie muss fruchtbar, also in neuen und alten Situationen erfolgreich sein.

Beim Konzeptwechsel selbst bieten sich zwei Möglichkeiten an, um diesen zu vollziehen. Einerseits kann die Lehrkraft einen kontinuierlichen Übergang, andererseits einen diskontinuierlichen Lernweg wählen.

Ein fließender (kontinuierlicher) Übergang bietet sich an, wenn die Präkonzepte durchaus mit der korrekten Darstellung kompatibel sind. Folgende zwei Strategien entsprechen einem solchen Konzeptwechsel (vgl. Kircher, 2009, S. 617):

- **Die Anknüpfungsstrategie**

Hier werden zu Beginn Vorstellungen gewählt, welche mit dem wissenschaftlichen Verständnis Großteils übereinstimmen. Es wird versucht, mit Hilfe eines bruchlosen Überganges, Schritt für Schritt die Alltagsvorstellung in die wissenschaftliche Sichtweise überzuführen.

- **Die Umdeutungsstrategie**

Auch dies ist eine Variante, bei welcher ein fließender Übergang deutlich erkennbar ist. Viele Schüler/innen haben grundsätzlich physikalisch korrekte Vorstellungen zu Sachverhalten, allerdings werden beispielsweise falsche Begriffe verwendet. Dies kann man am folgenden Exempel zur „Impetusvorstellung“ erkennen: Einige Lernende sind der Meinung, dass die Kraft eine Größe ist, die einerseits proportional zur Geschwindigkeit eines Körpers ist und andererseits immer tangential zur Bewegungsrichtung wirkt. In diesem Fall bietet sich eine Umdeutungsstrategie an: Man muss nur klären, dass es sich um den falschen Begriff handelt. Physikalisch korrekt ist in diesem Fall nämlich der Begriff des Impulses und nicht der Kraft. Man muss also lediglich diese Vorstellung umdeuten, um ein korrektes Konzept zu erhalten (vgl. Jung, 2011, S. 16).

In der Physikdidaktik gibt es aber auch noch den Weg eines radikalen Bruchs von der Schülervorstellung und dem wissenschaftlich korrekten Konzept (vgl. Kircher, 2009, S. 618):

- **Die Konfrontationsstrategie**

Man beginnt hier bewusst bei Aspekten der Schülervorstellung, welche konträr zu den naturwissenschaftlichen Konzepten sind. Ziel dieser Strategie ist es, bei den Schülerinnen und Schülern einen kognitiven Konflikt auszulösen und sie dadurch von der physikalisch korrekten Sichtweise zu überzeugen. Prinzipiell bieten sich dafür zwei Möglichkeiten an: Erstens kann die Lehrkraft zwei einander konträre Vorstellungen gegenüber stellen. Dadurch wird gezeigt, dass eine der beiden falsch sein muss. Die zweite Möglichkeit ist es, die Schülerinnen Voraussagen über den

Ausgang eines Experiments treffen zu lassen. Das Ergebnis löst dann den kognitiven Konflikt aus, da es widersprüchlich zur Prognose der Schülerinnen ist.

Grundsätzlich bieten sowohl der kontinuierliche, als auch der diskontinuierliche Lernweg Vor- und Nachteile. Aus fachdidaktischer Sicht ist man aber derzeit der Meinung, dass ein fließender Übergang in den meisten Fällen wirkungsvoller ist. Der Hauptgrund liegt vor allem darin, dass es oft schwierig ist, einen kognitiven Konflikt bei den Lernenden auszulösen. Falls dies nicht gelingt, wird das neu erlernte Konzept durchwegs abgelehnt, weil sich die Schülervorstellung bisher über relative lange Zeit hinweg bewährt hat. Außerdem mangelt es oft an Experimenten, die die Unterschiede zwischen wissenschaftlichen Theorien und Schülervorstellungen deutlich machen. Falls das Experiment dies nicht deutlich macht, so wird die Fehlvorstellung dadurch auch noch verstärkt (vgl. Kircher, 2009, S. 619).

Unabhängig davon, welche Konzeptwechselstrategie die Lehrkraft wählt, gibt es Methoden, die den Konzeptwechsel unterstützen. Oft ist es beispielsweise hilfreich, wenn Vorstellungen im Unterricht bewusst angesprochen werden. Dabei ist es nicht nötig, dass sofort erörtert wird, ob das Konzept richtig oder falsch ist. Außerdem soll die Lehrkraft den Schülerinnen und Schülern die wissenschaftliche Sichtweise so präsentieren, dass für die Lernenden klar erkennbar ist, was die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu den Schülervorstellungen sind. Nachdem die neue (physikalisch korrekte) Sichtweise angewendet wurde und sich auch bewährte, ist es wichtig, dass die Lehrkraft einen Rückblick auf den abgeschlossenen Lernprozess wirft (vgl. Kircher, 2009, S. 620).

3.4 Schülervorstellungen zur Mechanik

Hier werden einige ausgewählte Schülervorstellungen zur Mechanik angeführt, welche bereits näher erforscht wurden. Diese Präkonzepte werden hier deshalb erwähnt, weil an Hand von diesen später Hypothesen erstellt werden, welche Vorstellungen Schülerinnen und Schüler zu Schwingungen haben könnten. Folgende Vorstellungen treten häufig bei Lernenden im Mechanikunterricht auf (vgl. Hopf et al., 2011, S.38-39; vgl. Müller et al., 2011, S.107-154).

- *Gegenstände haben das Bestreben ihr momentanes Bewegungsmuster beizubehalten.*

Vor allem bei Rotationsbewegungen denken viele Schüler/innen, dass ein Körper seine Kreisbewegung beibehält, auch wenn keine Zentripetalkraft mehr auf diesen wirkt. Diese Vorstellung könnte sich insofern beim Fadenpendel auswirken, als, dass das Fadenpendel das Bestreben hat die Pendelbewegung beizubehalten und deshalb immer weiter schwingt.

- *Kraft wird als Eigenschaft eines Körpers gesehen.* Häufig wird unter dem Kraftbegriff keine Wechselwirkungsgröße verstanden.

Die Vorstellung einer Bewegungskraft, die den Körper auf seiner Flugbahn hält, ist sehr präsent. Dementsprechend gefestigt ist auch der Gedanke, dass eine Kraft immer in Bewegungsrichtung wirkt. Möglicherweise denken Schülerinnen und Schüler, dass es eine „Schwingungskraft“ gibt, welche die Bewegung verursacht.

- *Ein bewegter Körper hat Kraft.*
- *Die antreibende Kraft wird während einer Bewegung verbraucht.*

Diese beiden Präkonzepte sind sehr weit verbreitet und können unter dem Begriff der Impetusvorstellung zusammengefasst werden. Schüler/innen mit dieser Vorstellung vertreten die Ansicht, dass Kräfte einerseits nur bei bewegten Körpern auftreten und andererseits ist die Kraft eines Körpers umso größer, je größer dessen Geschwindigkeit ist. Bei einer Wurfbewegung schlägt der Ball deshalb irgendwann am Boden auf, weil die Bewegungskraft des Balles aufgebraucht wurde. Da diese beiden Konzepte in der Mechanik häufig von Lernenden angewendet werden, kann man auch davon ausgehen, dass sie im Zusammenhang mit Schwingungen auftreten.

- *Dominanz der Zentrifugalkraft.*

Bei Drehbewegungen wirkt immer eine nach außen wirkende Kraft, egal welches Bezugssystem man betrachtet. Weil manche Lernende die Schwingung des Fadenpendels korrekterweise als Projektion einer Rotationsbewegung ansehen, könnten sie die Bewegung mit Hilfe dieser Vorstellung zu erklären versuchen.

- *Beschleunigen heißt schneller werden.*

Den Meisten ist es nicht klar, dass ein Körper beschleunigt wird, sobald sich dessen Bewegungsrichtung ändert, auch wenn das Tempo dabei konstant bleibt. Für viele Schülerinnen und Schüler ist es mit Sicherheit schwer nachzuvollziehen, dass es sich bei Pendeln um beschleunigte Bewegungen handelt, da die maximale Geschwindigkeit bei jeder Schwingung gleich groß ist.

- *Schwere Körper fallen schneller als leichte.*

Je größer die Masse eines Körpers ist, desto größer ist die Beschleunigung, welche auf ihn wirkt. Somit erreichen schwere Körper eine größere Geschwindigkeit als leichte. Es ist deshalb naheliegend, dass auch viele Schülerinnen und Schüler denken, dass die Pendelmasse die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer beeinflusst.

- *Für eine konstante Geschwindigkeit ist eine konstante Kraft nötig.*

Viele Schülerinnen und Schüler schließen aus ihrem Alltag (Fahrzeuge, Verkehr), dass ein Körper während seiner Bewegung permanent Kraft „verbraucht“. Womöglich übertragen sie diese Vorstellung auch auf Pendelbewegungen und denken, dass für gleichmäßige Schwingungen ununterbrochen „Kraft hinzu geführt“ werden muss.

3.5 Fachdidaktische Forschung zum Thema Schwingungen

Generell kann man sagen, dass es sich bei Schwingungen um ein anspruchsvolles Thema der Schulphysik handelt. Dies erkennt man unter anderem daran, dass auch oft die Lehrenden selbst ihre Probleme damit haben. Laut Garcia et al. ist beim Fadenpendel das Risiko gegeben, dass Schülervorstellungen durch die jeweilige Lehrkraft induziert werden. Weil die Lehrerinnen und Lehrer oft selbst Schwierigkeiten mit der korrekten Interpretation der Formeln haben, löst dies auch häufig Unsicherheit bei den Schüler/innen aus. Dadurch entstehen Fehlkonzepte (vgl. Garcia, 2013, S. 26).

Selbst wenn die Lehrkraft gut vorbereitet ist und deswegen keine falschen Vorstellungen induziert, kann es trotzdem dazu kommen, dass beispielsweise viele Schülerinnen und Schüler Probleme mit dem Kräftekonzept selbst haben. Sie denken, dass Kräfte immer in Bewegungsrichtung und direkt proportional zur Geschwindigkeit des Objekts wirken. Vor allem bei kreisförmigen Bewegungen, wie dem Fadenpendel, kann es dann dazu führen, dass die Lernenden falsche Vorstellungen entwickeln, um den Sachverhalt zu verstehen. Ungefähr die Hälfte aller Schüler/innen ist beispielsweise der Meinung, dass es zu einer Superposition der „Bewegungskraft“ mit der Gravitation kommt (vgl. Pablico, 2010, S.24).

Eines der grundlegenden Probleme beim Unterrichten über mechanische Schwingungen ist, dass die Lernenden bereits Schwierigkeiten mit den

grundlegenden Begriffen haben. Beispielsweise haben viele Schüler/innen falsche Vorstellungen zu mathematischen Begriffen, wie die Sinus- beziehungsweise Cosinusfunktionen. Weil Grundkonzepte nicht klar sind, ist es nicht möglich den Erklärungen der Lehrkraft zu folgen und somit das korrekte Konzept zu Schwingungen zu erlernen (vgl. Somroob, 2017, S. 5).

Für viele Schüler/innen ist auch nicht feststellbar, wo bei einer Pendelbewegung die Geschwindigkeit am größten ist. Obwohl die Mehrheit von etwa 40% die korrekte Lösung, nämlich in der Mitte der Auslenkungen angibt, meinen auch etwa 25%, dass das Geschwindigkeitsmaximum zwischen der Mitte und der größten Auslenkung ist (vgl. Goclowska, 1992, S. 115). Selbst wenn die Schüler/innen wissen, wo sich die Geschwindigkeitsmaxima beziehungsweise -minima befinden, haben sie trotzdem Fehlvorstellungen zur Beschleunigung an diesen Stellen. Daher denken viele, dass die Beschleunigung immer proportional zur Geschwindigkeit und somit zur Bewegungsrichtung ist (vgl. Madu, 2012, S. 13).

Auch die Schwingungsdauer von der Frequenz zu unterscheiden bereitet Probleme. Oft werden diese beiden Begriffe als Synonyme füreinander verwendet. Dass viele Schüler/innen nicht wissen, was der Unterschied zwischen der Frequenz und der Schwingungsdauer ist, erkennt man auch an Hypothesen, die von Lernenden häufig aufgestellt werden. Beispielsweise denken manche Schülerinnen und Schüler, dass sich beim Fadenpendel die Frequenz verringert, wenn sich die Geschwindigkeit des Pendels erhöht. Um einer Verwechslung der Schwingungsdauer zur Frequenz entsprechend entgegen zu wirken, ist es wichtig, dass im Unterricht deutlich hervorgehoben wird, wodurch die beiden Begriffe sich unterscheiden (vgl. Madu, 2012, S. 11-12).

Weiters bereitet die Interpretation von Skizzen und Diagrammen häufig Schwierigkeiten. Da die Graphen des Ort-Zeit- und des Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm lediglich phasenverschoben sind, erkennen viele Lernende den Unterschied zwischen den beiden Darstellungsformen nicht. Daraus kann man auch schließen, dass die Bedeutung der Phase beziehungsweise des Phasenunterschieds vielen Schülerinnen und Schülern nicht klar ist (vgl. Somroob, 2017, S. 5).

4. Ziele und Forschungsdesign

4.1 Ziele und Forschungsfragen

Ziel dieser Arbeit ist es auszuloten, mit welchen Schülervorstellungen zum Thema „Schwingungen“ Lehrkräfte bei Schüler/innen konfrontiert werden, wenn sich die Lernenden erstmalig damit auseinandersetzen. Dies sind jene Konzepte, auf die die Schüler/innen zurückgreifen, noch bevor sie im Unterricht davon gehört haben. Um diese Vorstellungen zu erforschen, werden in Interviews drei verschiedene Versuche thematisiert.

Die erste Frage bezieht sich auf das mathematische Pendel. Es soll untersucht werden, welche Vorstellungen Schüler/innen zur Abhängigkeit der Schwingungsdauer und der Geschwindigkeit des Pendelkörpers von den drei veränderbaren Parametern (Pendellänge, Masse, Auslenkung) haben.

Ähnlich wird beim zweiten Versuch, dem Federpendel, vorgegangen. Die Präkonzepte von Schüler/innen zur Abhängigkeit der Geschwindigkeit und der Schwingungsdauer von der Federkonstante/Masse/Auslenkung/Gravitationsbeschleunigung stehen hier im Fokus der Forschungsfragen.

Beim dritten Versuch handelt es sich um das gekoppelte Pendel. Die Forschungsfrage dazu befasst sich mit den Vorstellungen zum Schwebungsfall. In erster Linie geht es hier darum, ob Schülerinnen und Schüler die Schwebung beim gekoppelten Pendel physikalisch korrekt vorhersagen können.

4.2 Forschungsdesign und Hypothesen

Da es zu diesem Gebiet bisher kaum nennenswerte Forschungsergebnisse gibt, liegt es nahe, ein Interview zu führen, welches an explorative Studien angelehnt wird. Dieser Begriff stammt aus der Psychologie und wird vor allem verwendet, um sich einen groben ersten Überblick über ein Themengebiet zu verschaffen. Häufig werden explorative Studien verwendet, wenn der Forschungsbereich noch Neuland darstellt (vgl. Mayring 2010, S. 231). Die Form des Interviews hat vor allem den Vorteil, dass gegebenenfalls sehr genau nachgefragt werden kann, falls Formulierungen nicht verständlich genug sind, um später damit arbeiten zu können. Dieses Forschungsdesign bietet sich in dem Zusammenhang an, da vorerst alle Schülervorstellungen zu diesem Thema gesammelt werden.

Die Gespräche mit den Schüler/innen werden aufgenommen und anschließend wortwörtlich transkribiert. Darauf folgt die Analyse und Kategorisierung der Interviews. Diese Methode ist der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring angelehnt. Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler werden also hinsichtlich möglicher Grundvorstellungen untersucht (vgl. Mayring, 2010, S. 72-73). Ziel davon ist es, die Forschungsfragen dadurch beantworten zu können und somit möglichst zentrale Schülervorstellungen, zu den drei einzelnen Versuchen, beziehungsweise zu Schwingungen im Allgemeinen, zu generieren.

Im Anhang dieser Arbeit befindet sich der Interviewleitfaden, der im Rahmen der Schüler/innenbefragung eingesetzt wurde. Grundsätzlich war es das Ziel, sich stringent an den Ablauf und die jeweiligen Fragen zu halten, um die Ergebnisse aller befragten Schüler/innen besser miteinander vergleichen zu können. Es wurde jedoch auch vom Leitfaden abgewichen, falls die Gesprächssituation dies verlangte.

Die Fragen des Leitfadens zielen in erster Linie darauf ab, die Forschungsfragen mit Hilfe der Interviews beantworten zu können. Bevor der Interviewleitfaden erstellt wurde, wurden Hypothesen zu möglichen Schülervorstellungen erstellt. Die Fragen des Interviews sollen die folgenden Hypothesen überprüfen.

Hypothesen zu möglichen Schülervorstellungen

Mit Hilfe der bereits bekannten Schülervorstellungen in der Mechanik und Ergebnissen der fachdidaktischen Forschung zu Schwingungen wurden Vermutungen zu möglichen Schülervorstellungen formuliert und auch entsprechend begründet, wie es zu dieser Vorstellung kommen könnte.

Da für viele Schülerinnen und Schüler das Kraftkonzept große Schwierigkeiten bereitet, kann auch in diesem Fall davon ausgegangen werden, dass Lernende bei allen Versuchen Probleme mit den auftretenden Kräften haben. Interessant ist dabei vor allem, welche Kraft für die jeweilige Pendelbewegung verantwortlich ist. Während beim mathematischen Pendel die Gravitation die Schwingung verursacht, ist beim Federpendel die Federkraft die einzige, für die Pendelbewegung relevante, Wechselwirkungsgröße. Möglicherweise sind viele Schülerinnen und Schüler der Meinung, dass beim Federpendel neben der Federkraft auch die Gravitation die Pendelbewegung beeinflusst. In diesem Zusammenhang ist es auch naheliegend, dass Schülerinnen und Schüler mit Hilfe Impetusvorstellung argumentieren, um die Bewegung erklären zu können.

Eine weitere Schwierigkeit, die für Lernende bei diesen Experimenten auftreten kann, ist die Tatsache, dass es sich hier um keine gleichförmige beziehungsweise gleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt. Wahrscheinlich können die Schüler/innen nicht auf ihr angeeignetes Schulwissen zurückgreifen, sondern müssen eigene Hypothesen aufstellen. Deshalb denken vermutlich viele Schüler/innen, dass die Schwingungsdauer abhängig von der maximalen Auslenkung ist.

Wegen der weit verbreiteten Schülervorstellung, schwere Objekte fallen schneller als leichte, kann man folgendes vermuten. Je größer die Masse ist, desto größer ist die Geschwindigkeit des Pendels. Dieses Präkonzept kann möglicherweise wie ein roter Faden, bei allen Experimenten des Interviews, immer wieder auftreten. Viele Schülerinnen und Schüler denken vermutlich auch, dass die Masse des Pendels auch die Schwingungsdauer beeinflusst.

Dass die Kraft immer in Bewegungsrichtung wirkt, ist ein Konzept, das viele Lernende anwenden. Deshalb denken möglicherweise manche Schülerinnen und Schüler, dass es eine eigene Kraft gibt, die Körper in Schwingungen versetzt. Diese Kraft tritt dann beim Feder-, Faden- und gekoppelten Pendel auf und beeinflusst die Dauer und die Geschwindigkeit der Schwingung.

Dass ein Körper sein Bewegungsmuster immer beibehält, ist eine weitere Vorstellung, die bei Versuchen zu Schwingungen eine Rolle spielen könnte. Vermutlich denken viele Schülerinnen und Schüler, dass die Pendel deshalb weiter schwingen, weil diese Körper ihre Bewegung beibehalten.

4.2. Gestaltung der Interviews

Die befragten Schülerinnen und Schüler waren zum Zeitpunkt des Interviews in der neunten Schulstufe. Sie hatten also im Unterricht noch keine Erfahrung mit derartigen Versuchen. Insgesamt wurden 17 Schüler/innen befragt, wobei eine Teilnehmerin das Gespräch aus gesundheitlichen Gründen nach kurzer Zeit beenden musste. Somit blieben 16 verwertbare Interviews, die anschließend analysiert wurden.

Um die Antworten der Lernenden besser einschätzen zu können, sollte von ihnen vor dem Interview eine schriftliche Interessenserhebung ausgefüllt werden. Diese hilft dann bei der Interpretation der Ergebnisse. Möglicherweise treten einzelne

Vorstellungen beispielsweise bei interessierten Schüler/innen weniger häufig auf, als bei weniger interessierten. Die Erhebung wird nun anschließend angeführt.

Interessenserhebung vor den Interviews

Geschlecht:

Gib auf einer Skala von 1 (gar nicht) bis 5 (sehr) an, inwiefern diese Aussage auf dich zutrifft. !

Ich bin grundsätzlich an Physik (Naturwissenschaften) interessiert.

Mir gefällt der Physikunterricht an meiner Schule.

Was interessiert dich besonders? Bzw. warum gefällt es dir nicht?

Ich bin mit meiner Physiknote zufrieden.

Diese Interessenserhebung wird zu Beginn des Interviews kurz zusammengefasst, um einen ersten Eindruck über die Interessen der Schülerin/des Schülers zu erlangen.

Die Transkription der Aufnahmen

Die Audiodateien der Interviews wurden transkribiert. Dabei war es vorrangig, die Dialoge wortwörtlich niederzuschreiben, um einen möglichst unverfälschten Eindruck vom Gespräch gewinnen zu können. Aus diesem Grund sind die Satzzeichen auch entsprechend der Sprachmelodie gesetzt und unterliegen somit nicht zwangsläufig den Regeln der deutschen Grammatik. Folgende Symbole wurden bei der Transkription verwendet (siehe Tabelle 1):

Markierung in Transkription	Bedeutung
[...]	Pause
(zeigt), (gähnt)	Die Person interagiert während des Gesprächs
Wor-	Die Person wurde im Wort unterbrochen

Tabelle 1: Transkription

Die Transkripte aller Interviews befinden sich im Anhang.

4.3 Die Auswertung

Das Auswertungsverfahren

Eine Möglichkeit, Interviews auszuwerten, lieferten White und Gunstone. Sie wollten die Konzepte zu einem Thema erforschen und führten deshalb ebenfalls Interviews durch. Diese wurden folgendermaßen ausgewertet: Die Ideen des Befragten wurden zu klaren Aussagen umformuliert und anschließend in einer Liste gesammelt. Dies hatte vor allem den Vorteil, dass man bei weiteren Forschungen zu diesem Thema nicht mehr das gesamte Interview lesen musste, sondern es war ausreichend, sich mit der erstellten Liste auseinanderzusetzen. Die beiden Psychologen begründeten dies vor allem damit, dass es einfacher wäre, mit den neu formulierten Aussagen zu arbeiten. (vgl. White, 1992, S. 88.)

Mit Hilfe der neu formulierten Aussagen wurde anschließend versucht, gewisse Parallelen zwischen den einzelnen Interviews zu erkennen. Diese Parallelen wurden mit Hilfe der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010, S. 72-75) zu Grundkonzepten zusammengefasst. Mit Hilfe dieser Konzepte wurden abschließend allgemein gültige Schülervorstellungen formuliert.

Beispiele zum Auswertungsvorgang

Beim Auswerten war es das Ziel, eine verwertbare Aussage aus dem Gespräch zu generieren. Es ergeben kurze Antworten oft erst dann Sinn, wenn man die vorherige Fragestellung berücksichtigt. Deshalb wurden oft die Fragen und die Antworten zu einer gemeinsamen Aussage verknüpft, wie das für Schüler 1 in Tabelle 2 veranschaulicht wird.

Interview ¹²	Kommentar
D: Ok es schwingt. Hört das irgendwann wieder auf oder schwingt das nun ewig weiter? S: Ja [...] Das hört dann auf. D: Warum glaubst du hört das auf zu schwingen? S: Weils Tempo verliert. D: Warum? Warum verliert es an Tempo? S: Wegen der Dichte. D: (leise) Wegen der Dichte? S: (nickt)	Das Pendel verliert an Tempo und bleibt nach einiger Zeit stehen. Der Grund dafür ist die Dichte.

Tabelle 2: Interviewauszug für Schüler 1

Diese Aussagen wurden anschließend von allen Schüler/innen gesammelt und miteinander verglichen. Um auf allgemein gültige Schülervorstellungen schließen zu können, wurden zunächst Bemerkungen, die physikalisch gleichbedeutend sind,

¹² D: gesprochen von Donabaum Peter.

S: vom Schüler gesprochen.

derselben Grundvorstellung zugeordnet. Die Schüler/innen mit den gleichen Vorstellungen wurden gezählt und in einer Tabelle gesammelt, um die erforschten Vorstellungen auch einigermaßen quantifizieren zu können. Nachfolgend ein Beispiel, an dem man erkennen kann, wie eine offensichtlich gleiche Grundvorstellung auf zwei verschiedene Weisen formuliert wird.

Schüler 3

D: Gut. Wenn du jetzt wieder an unseren Versuch denkst. Möglicherweise ist es ja interessant zu wissen wie lange es dauert, bis das Pendel einmal von hier weg schwingt und dann wieder hier her zurück. Wovon hängt das ab? Also welche Größen spielen bei der Dauer deiner Meinung nach eine Rolle?

S: Ähm [...] Es wird vielleicht davon abhängen, auf welcher Höhe man das Pendel auslässt [...] ob man vielleicht noch Schwung mitgibt [...] Und [...] wie groß die Masse ist.

Schüler 6

D: Hat es auch eine Auswirkung wie weit ich das nach außen ziehe?

S: Also wie groß der Winkel da ist?

D: Ja, das meine ich damit.

S: Ähm [...] Ja wahrscheinlich spielt der Winkel eine Rolle.

Die Vorstellung, welche die beiden Schüler haben, ist offensichtlich die gleiche: „Die Schwingungsdauer ist davon abhängig, wie weit man das Pendel aus der Ruhelage auslenkt.“ Allerdings formulieren sie dies durchaus unterschiedlich. Schüler 3 interpretiert dies folgendermaßen: „Es wird vielleicht davon abhängen auf welcher Höhe man das Pendel auslässt“. Schüler 6 äußert sich anders dazu: „Also wie groß der Winkel da ist?“. Für die Auswertung der Aussagen ist es also wesentlich, die Parallelen und Unterschiede zwischen den Formulierungen herauszustreichen (vgl. Mayring, 2010, S.72-75).

4.4 Gültigkeit der Ergebnisse

Logischerweise kann im Rahmen dieser Arbeit nicht damit gerechnet werden, dass allgemein gültige Schlussfolgerungen gezogen werden. Dafür ist einerseits die Anzahl der Befragten zu klein und andererseits nicht gut genug gestreut, da alle Schüler/innen dieselbe Schule besuchten. Trotzdem lieferten diese Interviews Fehlvorstellungen, die durchaus in den Köpfen mehrerer Schülerinnen und Schüler vorhanden sein können. Um dies bestätigen beziehungsweise widerlegen zu können, sind allerdings größere und breiter angelegte Studien erforderlich. Allgemein kann man sagen, dass die Ergebnisse als Orientierung für weitere Forschungen in diesem Gebiet dienen sollen. Dies korrespondiert auch sehr gut mit dem Ziel der Arbeit. Schließlich sollte sie als Grundlage weiterer Forschung dienen und ein Denkanstoß für Physiklehrkräfte sein.

5. Ergebnisse

Zunächst wurden die einzelnen Interviews nach Schülervorstellungen ausgewertet. Dabei wurden nur die Aussagen der jeweiligen Schülerinnen und Schüler festgehalten. Es wird vorerst weder geklärt, ob diese richtig oder falsch sind, beziehungsweise wird hier auch nicht näher auf die jeweilige Aussage eingegangen. Die Liste der Vorstellungen der einzelnen Schüler/innen befindet sich im Anhang.

Diese einzelnen Vorstellungen wurden dann dem jeweiligen Grundkonzept zugeordnet, um diese auch verwerten zu können.

Zusammenfassung der aufgetretenen Schülervorstellungen

Es folgen nun jene Grundkonzepte, welche quantitativ am häufigsten aufgetreten sind. Im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring fassen diese Konzepte immer alle Schülervorstellungen der Interviews möglichst kurz und prägnant zusammen. Die Zahl in Klammer stellt dabei den Prozentsatz¹³ der befragten Schüler/innen dar, bei denen diese Vorstellung vorgekommen ist. Schülervorstellungen, die nicht dem korrekten physikalischen Sachverhalt entsprechen, wurden *kursiv* geschrieben.

Im Anhang befindet sich außerdem eine Tabelle, mit deren Hilfe man nachvollziehen kann, bei welchen Schüler/innen welche Vorstellungen auftraten. In dieser Tabelle sind auch die Ergebnisse der Interessenserhebung dargestellt.

Fadenpendel

Konzepte zur Geschwindigkeit:

- *Die Geschwindigkeit des Fadenpendels ist abhängig von der Masse des Massestücks. (63%)*
- Die Geschwindigkeit des Fadenpendels ist abhängig davon, wie weit das Pendel aus seiner Ruhelage ausgelenkt wird. (44%)
- Die Geschwindigkeit des Fadenpendels ist abhängig von der Pendellänge. (38%)
- *Je größer die Masse des Pendels ist, desto größer ist dessen Geschwindigkeit. (50%)*
- *Je länger der Faden des Pendels ist, desto kleiner ist dessen Geschwindigkeit. (19%)*

¹³ Wenn beispielsweise 38% meinen, dass die Geschwindigkeit von der Pendellänge abhängig ist, bedeutet dies nicht, dass 62% das Gegenteil behaupten. Der Großteil der Befragten äußerte sich gar nicht dazu. Deshalb liegt der prozentuelle Anteil der Schüler/innen mit dieser Vorstellung bei „nur“ 38%.

- Je weiter man das Pendel aus der Ruhelage auslenkt, desto größer ist dessen Geschwindigkeit. (19%)
- Das Pendel schwingt am Mond langsamer, da dort die Gewichtskraft geringer ist. (38%)
- Die Geschwindigkeit ist am größten, wenn sich das Pendel in der Mitte (senkrecht nach unten) befindet. (38%)
- Die Geschwindigkeit ist am Rand (Umkehrpunkt) am geringsten. (81%)

Konzepte zur Schwingungsdauer:

- *Die Schwingungsdauer ist von der Masse des Massestücks abhängig. (81%)*
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendellänge. (69%)
- *Die Schwingungsdauer hängt vom Winkel ab, wie weit das Pendel aus der Ruhelage ausgelenkt wird. (69%)*¹⁴
- Je länger der Faden des Pendels ist, desto länger dauert eine Schwingung. (25%)
- *Je größer die Masse ist, desto kürzer dauert eine Schwingung. (56%)*
- *Je größer der Auslenkwinkel ist, desto länger dauert eine Schwingung. (38%)*
- *Am Mond schwingt das Fadenpendel gar nicht. (13%)*

Im Hinblick auf die Forschungsfrage: „Welche Vorstellungen haben Schüler/innen zur Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Pendellänge/Masse/Auslenkung?“ liefert Abb. 10 wichtige Informationen. Bei dieser Darstellung ist auf der zweiten Achse der prozentuelle Anteil der Befragten aufgetragen, der den jeweiligen Zusammenhang genannt hat. Da auch Mehrfachnennungen¹⁵ möglich sind, ergibt die Summe der drei Säulen nicht 100%. Weiters sind die korrekten Konzepte mit blauen und die falschen mit roten Säulen gezeichnet.

¹⁴ Bei größeren Winkeln (>23°) treten für die Formel $T = 2\pi \cdot \sqrt{l/g}$ zu große Abweichungen zu den Messwerten auf und somit ist diese nicht mehr gültig. Allerdings wurde bei den Interviews immer mit Winkeln im Bereich von etwa 10° gearbeitet. Deshalb hängt die Schwingungsdauer nicht vom Auslenkwinkel ab.

¹⁵ Die Mehrfachnennungen kann man mit Hilfe der Tabelle in Kapitel 10.3 nachschlagen. In dieser Tabelle befinden sich außerdem die Ergebnisse der Interessenserhebung

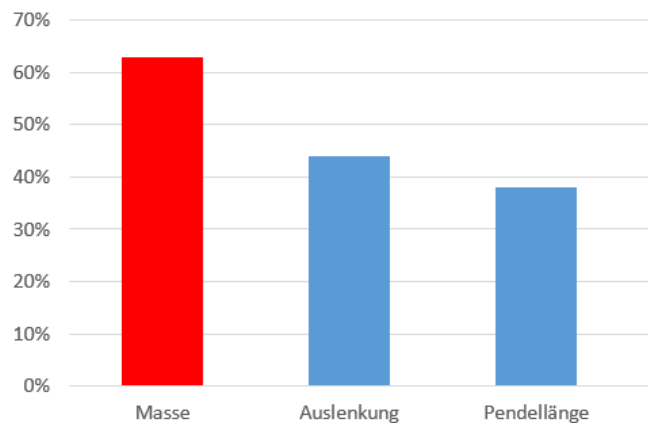


Abb. 10: Vorstellungen zur Geschwindigkeit beim Fadenpendel

Wie man erkennen kann, denken 63% der Schüler/innen, dass die Geschwindigkeit des Fadenpendels von der Masse abhängig ist. Lediglich 44% beziehungsweise 38% der Befragten waren der korrekten Meinung, dass die Geschwindigkeit abhängig von der Auslenkung und der Pendellänge ist.

In Abb. 11 ist dargestellt, welche Vorstellungen Lernende zur Schwingungsdauer in Abhängigkeit von der Pendellänge/Masse/Auslenkung haben.

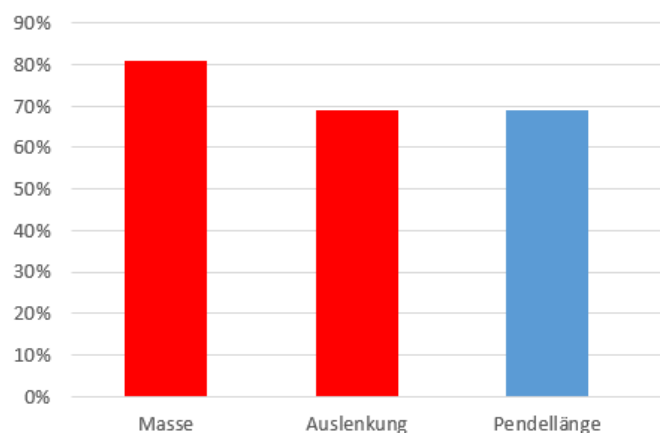


Abb. 11 : Vorstellungen zur Schwingungsdauer beim Fadenpendel

Es ist ersichtlich, dass 81% bzw. 69% der Schüler/innen von der falschen Tatsache ausgehen, dass die Schwingungsdauer von der Masse bzw. der Auslenkung abhängig ist. Erfreulich ist hier aber, dass auch für 69% der Befragten das korrekte Konzept einleuchtend ist.

Federpendel

- Die Geschwindigkeit des Federpendels ist abhängig von der Bauart der Feder (Federkonstante). (47%)

- *Je größer die Gravitationsbeschleunigung ist, desto größer ist die Geschwindigkeit des Federpendels. (47%)*
- Das Tempo des Federpendels hängt davon ab, wie groß die Pendelmasse ist. (40%)
- Die Geschwindigkeit des Federpendels hängt davon ab, wie weit das Pendel aus seiner Ruhelage ausgelenkt wird. (27%)
- Je stärker die Feder (größer die Federkonstante) ist, desto höher ist das Tempo. (20%)
- Je weiter das Federpendel aus seiner Ruhelage ausgelenkt wird, desto größer ist dessen Geschwindigkeit. (20%)
- *Je größer die Pendelmasse ist, desto höher ist das Tempo des Federpendels. (13%)*
- *Das Federpendel ist bei der Abwärtsbewegung schneller als aufwärts. (33%)*
- *Bei der Pendelbewegung ist das Pendel aufwärts schneller als abwärts. Der Grund liegt darin, dass die Feder das Massestück bei der Aufwärtsbewegung sehr schnell beschleunigt. Bei der Abwärtsbewegung bremst die Feder die Bewegung. (56%)*
- Die Masse beeinflusst die Schwingungsdauer des Federpendels. (87%)
- Die Federkonstante beeinflusst die Schwingungsdauer. (80%)
- *Die Schwingungsdauer hängt davon ab, wie weit das Federpendel aus der Ruhelage ausgelenkt wird. (73%)*
- *Die Gravitationsbeschleunigung wirkt sich auf die Schwingungsdauer des Federpendels aus. (53%)*
- Je stärker die Feder (größer die Federkonstante) ist, desto geringer ist die Schwingungsdauer. (53%)
- *Je größer die Gravitationsbeschleunigung ist, desto kleiner ist die Schwingungsdauer des Federpendels. (47%)*
- In Ruhelage wirkt beim Federpendel auf das Massestück die Gravitationskraft nach unten und die Kraft der Feder nach oben. (40%)

Die Antwort auf die Forschungsfrage: „Welche Präkonzepte treten bei Schüler/innen zur Abhängigkeit der Geschwindigkeit von der Federkonstante/Masse/Auslenkung/Gravitationsbeschleunigung auf?“ kann man wieder sehr anschaulich mit Hilfe von Abbildung 12 darstellen.

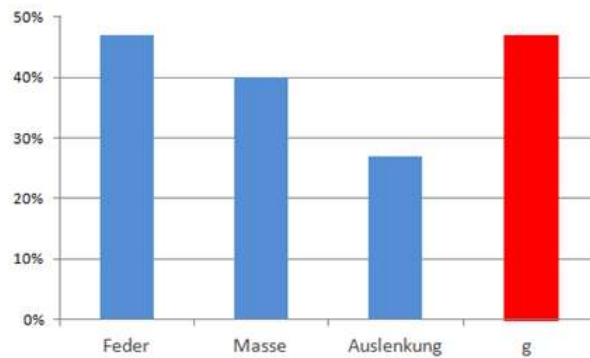


Abb. 12: Vorstellungen zur Geschwindigkeit beim Federpendel

47% der Schülerinnen und Schüler meinen, dass die Gravitationsbeschleunigung g die Geschwindigkeit des Federpendels beeinflusst. Jedoch nennen auch 47% der Befragten das physikalisch korrekte Konzept, nämlich die Abhängigkeit von der Federkonstante. Die beiden weiteren korrekten Zusammenhänge, die Abhängigkeit von der Masse und der Auslenkung, wird von 40% und 27% der Lernenden beim Interview genannt.

In Abbildung 13 wird gezeigt, welche Vorstellungen Lernende zur Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Federkonstante/Masse/Auslenkung/Gravitationsbeschleunigung haben.

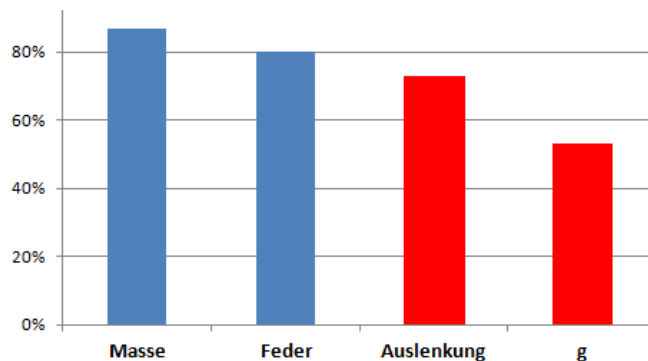


Abb. 13: Vorstellungen zur Schwingungsdauer beim Federpendel

Hier ist der Großteil (87% und 80%) der Schüler/innen von den korrekten Konzepten überzeugt. Sie nennen die Abhängigkeit der Schwingungsdauer von der Masse und der Federkonstante. 73% und 53% der Befragten nennen die falschen Zusammenhänge der Schwingungsdauer und der Auslenkung bzw. der Gravitationsbeschleunigung g .

Gekoppeltes Pendel

Beim gekoppelten Pendel traten zwei verschiedene Schülervorstellungen auf. Die Hälfte der befragten Schüler/innen sagten, dass die beiden Pendel gegenphasig

zueinander schwingen würden. Die restlichen Befragten waren der Meinung, dass die beiden Pendelmassen nach einiger Zeit synchron hin und her schwingen würden. Die Forschungsfrage kann also insofern beantwortet werden, als dass für die Schülerinnen und Schüler der Fall der gleichphasigen und der gegenphasigen Auslenkung beim gekoppelten durchaus logisch und nachvollziehbar ist. Den Schwebungsfall konnte allerdings keine/keiner der Befragten korrekt beschreiben.

6. Diskussion

Wie bereits vorhin erwähnt wurde, lässt sich mit Sicherheit über die allgemeine Gültigkeit der hier gewonnenen Vorstellungen diskutieren. Kritisch sollte betrachtet werden, dass die befragten Schülerinnen und Schüler alle denselben Schultyp besuchten. Deshalb kann nicht ausgeschlossen werden, dass manche Präkonzepte nur bei diesen Schüler/innen auftreten.

Da die Gruppe so klein war, ist die Quantifizierung der Vorstellungen mit äußerster Vorsicht zu betrachten. Der prozentuelle Anteil, mit der die Vorstellungen auftreten, ist lediglich ein grober Richtwert. Außerdem wäre es in diesem Fall komplett sinnlos, über Standardabweichungen oder sonstige statistische Merkmale zu sprechen.

Mit Sicherheit ist es wünschenswert, sich auch zukünftig mit dieser Thematik zu beschäftigen. Schließlich soll diese Arbeit lediglich für weitere Forschungen die Grundlage darstellen. Der Fokus zukünftiger Umfragen und Studien könnte auch bei den Gebieten liegen, die hier nur oberflächlich behandelt wurden.

Allgemein kann man auch sagen, dass beinahe alle Schülervorstellungen, die vor der Durchführung der Interviews vermutet wurden, auch bei den Interviews auftraten. Somit deckt der Interviewleitfaden die Forschungsfragen dieser Arbeit sehr gut ab. Lediglich die Vorstellung, dass das Federpendel bei der Aufwärts- und Abwärtsbewegung eine unterschiedliche Geschwindigkeit aufweist, wurde bei der Erstellung des Leitfadens nicht berücksichtigt und stellt somit eine völlig neue Erkenntnis dar.

Generell kann man auch sagen, dass viele aufgetretenen Schülervorstellungen oft nur für den jeweiligen Schüler nachvollziehbar sind und sehr stark von der jeweiligen Situation abhängen. Beispielsweise kann man mit Hilfe der Tabelle aus Kapitel 10.3 erkennen, dass relativ viele Lernende davon ausgehen, dass die Pendelmasse zwar die Schwingungsdauer beeinflusst, sich allerdings nicht die Geschwindigkeit des Pendels. Die Situationsabhängigkeit von Präkonzepten bestätigt auch H. Wiesner (vgl. Wiesner, 2008, S.4).

An den Tabellen in Kapitel 10.3 erkennt man auch, dass die gleichen Schülervorstellungen sowohl bei interessierten als auch bei uninteressierten Lernenden gleichermaßen auftreten. Allerdings formuliert beinahe jede/jeder das selbe Konzept unterschiedlich. Dies deckt sich auch gut mit der Eigenschaft von Schülervorstellung, dass die jeweiligen Ansichten zwar äußerst individuell sind, sich allerdings relativ einfach kategorisieren lassen (vgl. Hopf et al., 2011).

Generell fiel bei den Interviews auf, dass die Hemmschwelle bei Schülerinnen um einiges größer ist als bei Schülern. Die Burschen nahmen oft locker und

unbeschwert am Gespräch teil. Ihre weiblichen Kolleginnen hingegen ließen sich oft nur sehr schwer aus der Reserve locken. Die Antworten der Schülerin sind sehr kurz und bestehen auch häufig nur aus einem Wort. Prinzipiell denke ich, dass die meisten Schülerinnen deshalb so zurückhaltend waren, weil sie lieber keine Antwort geben wollten, als eine falsche. Diesen Eindruck bestätigte mir auch der Physiklehrer der Klasse.

Beim mathematischen Pendel war auffällig, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler denkt, dass die Masse des Pendels dessen Geschwindigkeit und Schwingungsdauer beeinflusst. Diese falsche Annahme folgt vermutlich aus der Schülervorstellung, dass „schwere Körper schneller zu Boden fallen, als leichte“ (vgl. Müller et al., 2011, S.107-112). Wenn also bereits zuvor im Mechanikunterricht thematisiert wurde, dass alle Körper im Vakuum gleich schnell fallen, tritt diese Schwierigkeit im Zusammenhang mit dem Fadenpendel nicht mehr auf. Wichtig ist dafür jedoch, dass dieses Konzept mit Hilfe eines entsprechenden Konzeptwechsels bereits verinnerlicht wurde, da die Lernenden sonst immer auf ihre Schülervorstellungen zurückgreifen (vgl. Hopf et al., 2011, S. 48).

Problematisch könnte beim Fadenpendel sein, dass sich der Auslenkwinkel zwar auf die (maximale) Geschwindigkeit des Pendels auswirkt, allerdings (für kleine Winkel) bei der Schwingungsdauer keine Auswirkungen hat.

Wesentlich ist auch, dass die Lehrkraft hervorhebt, welche Unterschiede es hinsichtlich der Abhängigkeit von der Masse zwischen dem mathematischen- und dem Federpendel gibt. Beim Federschwinger hängen nämlich die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer von der Pendelmasse ab. Die Herausforderung für die Lehrerin/den Lehrer ist es zu verdeutlichen, dass das Federpendel diesbezüglich durchaus eine Sonderrolle einnimmt (vgl. Panjit, 2017, S.8-10).

Wie bereits vor den Interviews zu erwarten war, haben sehr viele Lernende Probleme mit dem Konzept von Kräften. Außerdem treten beim Feder- und Fadenpendel zwei unterschiedliche Kräfte auf. Während beim mathematischen Pendel die Gravitation die einzige Kraft ist, die die Schwingung verursacht, ist die Federkraft die entsprechende Größe beim Federpendel. Viele Schülerinnen und Schüler konnten allerdings zwischen diesen beiden Versuchen keine qualitativen Unterschiede erkennen, da die Bewegungen des Pendels in beiden Fällen sehr ähnlich waren. Für diese Lernenden ist scheinbar ein unmittelbarer Zusammenhang von Kräften und der Bewegungsrichtung erforderlich. Wegen der Impetusvorstellung ist die Kraft, welche die Schwingung verursacht für viele Lernende bei beiden Versuchen die gleiche (vgl. Hopf et al., 2011, S. 38).

An Hand der Interviews kann man sagen, dass für viele Schülerinnen und Schüler das Federpendel besser verständlich ist als das Fadenpendel. Dies merkt man auch daran, dass der Großteil der Interviewten intuitiv physikalisch korrekte Meinungen vertraten. Dadurch können die Lehrkräfte darauf vertrauen, dass es für viele Lernende bereits einleuchtend ist, dass beispielsweise die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer von der Federkonstante und der Pendelmasse abhängig sind.

Erstaunlicherweise ist die Schülervorstellung, dass das Tempo beim Federpendel bei der Aufwärts- und Abwärtsbewegung unterschiedlich ist, sehr weit verbreitet. Schülerinnen und Schüler denken, dass die Feder die Pendelmasse schneller nach oben zieht und diese auch abwärts bremst. Je größer die Federkonstante dabei ist, desto eklatanter ist dieser Effekt. Die Aufgabe der Lehrkraft ist es, diese Vorstellung mit entsprechenden Argumenten zu entkräften. Jedoch denke ich auch, dass es für viele nach einer genauen Beobachtung des Experiments plausibel ist, dass das Tempo nicht in eine Richtung höher ist, als in die andere. Diese Vorstellung lässt sich also relativ einfach mit Hilfe eines Versuchs entkräften, allerdings ist es auch wichtig, diese Erkenntnis danach zu thematisieren, da die Schüler/innen sonst möglicherweise andere Schlussfolgerungen daraus ziehen (vgl. Hopf et al., 2011, S.32).

Bei vielen Schülerinnen und Schülern traten bei einzelnen Versuchen Mehrfachnennungen auf. Zunächst lag die Vermutung nahe, dass man hier auch Parallelen zwischen einzelnen Schüler/innen ziehen kann. Allerdings kann man mit Hilfe der beiden Tabellen aus Kapitel 10.3 erkennen, dass diese Mehrfachnennungen bei allen Interviewten einigermaßen gleich verteilt sind. Möglicherweise liegt es auch nur daran, dass die Gruppengröße zu klein war, um solche statistischen Abhängigkeiten nachweisen oder auch nur erahnen zu können.

Erwartungsgemäß hatten die interviewten Schülerinnen und Schüler Probleme mit dem Schwebungsfall beim gekoppelten Pendel. Bereits bei den ersten Überlegungen zu dieser Arbeit erschien es einleuchtend, dass so gut wie niemand, ohne besondere Vorbereitung, den Ausgang des Versuchs erahnen kann. Beim gekoppelten Pendel treten zwei verschiedene Schülervorstellungen auf. Es ist etwa die Hälfte der Schüler/innen der Meinung, dass die beiden Pendel asynchron hin und her schwingen. Sie meinen, dass eines der beiden Pendel nach links schwingt, während sich das andere nach rechts bewegt. Die andere Hälfte der Befragten war der Meinung, dass sich die beiden Pendelmassen nach einer gewissen Zeit gleichmäßig hin und her bewegen. Die korrekte Bewegung des Pendels konnte niemand unter den befragten Schüler/innen beschreiben. Während die Amplitude des ersten Pendels immer geringer wird, wächst die Auslenkung des zweiten

Pendels immer mehr. Dieser Vorgang dauert so lange, bis das erste Pendel vollständig ruht und das zweite Pendel maximal ausgelenkt ist. Hier beginnt der Vorgang umgekehrt von neuem. Die kinetische Energie wird mittels der Kopplung sukzessive von einem Pendel auf das andere übertragen.

Zusammenfassend kann man die Forschungsfragen des Faden- und Federpendels folgendermaßen beantworten. Beim mathematischen Pendel denken Schüler/innen, dass die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer von der Masse, der Pendellänge und der Auslenkung abhängen. Wogegen beim Federpendel die Masse, die Federkonstante, die Auslenkung und die Gravitationsbeschleunigung die Geschwindigkeit beziehungsweise die Schwingungsdauer beeinflussen. Für das Verständnis der Lernenden ist es essenziell, dass die Lehrperson diese Schülervorstellungen in den Lernprozess integriert (vgl. Roth, 2010, S. 55).

Abschließend sollte noch festgehalten werden, dass bei den Interviews neben vielen Fehlvorstellungen auch häufig physikalisch korrekte Konzepte aufgetreten sind. Beispielsweise ist es für viele Lernende plausibel, dass die Pendellänge und die Gravitationsbeschleunigung beim mathematischen Pendel die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer beeinflussen. Außerdem können die Lehrkräfte darauf vertrauen, dass es für viele Lernende bereits einleuchtend ist, dass beispielsweise die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer beim Federpendel von der Federkonstante und der Pendelmasse abhängig sind. Solche Vorstellungen können im Unterricht problemlos aufgegriffen werden und die Lehrkräfte können daran anknüpfen (vgl. Kircher, 2009, S. 617-619).

7. Ausblick

Schwingungen sind ein fester Bestandteil des Lehrplans und ein wichtiges Themengebiet in der Sekundarstufe 2. Deshalb begegnet beinahe jede Lehrkraft entsprechenden Schülervorstellungen im Rahmen des Unterrichts. Möglicherweise waren viele Vorstellungen, die hier festgestellt wurden, den meisten Physiklehrerinnen und –lehrern bereits bekannt.

Viele Schüler/innen kommen mit diesem Thema und insbesondere dem Fadenpendel nicht besonders gut zurecht. Dies liegt auch daran, dass es sich um eine ungleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt. Im Physikunterricht treten in der Regel nur gleichförmige oder gleichmäßig beschleunigte Bewegungen auf, deshalb ist es für die Lehrkraft sehr wichtig, diesen Punkt zu betonen. Es sollte vermittelt werden, weshalb diese Pendelbewegung eine so besondere Rolle in der Schulphysik einnimmt.

An Hand der, mit Hilfe von Schülerinterviews generierten Erkenntnissen, ist es für den Physikunterricht nach meiner Einschätzung am sinnvollsten, mit dem Federpendel das Kapitel der Schwingungen zu beginnen. Mit Hilfe von relativ einfachen Versuchen ist es gut möglich, die neu aufgetretenen Größen (Frequenz, Amplitude, etc.) einzuführen und zu erklären. Wichtig ist dabei, dass man erst tiefer in die Materie eindringt, wenn alle Grundbegriffe klar sind und die Schüler/innen keine Probleme mehr damit haben. Falls dies nicht der Fall ist haben die Lernenden erhebliche Schwierigkeiten, den Erklärungen der Lehrkraft folgen zu können (vgl. Somroob, 2017, S. 3-5).

Ein weiterer Vorteil, der die Einführung mit dem Federpendel mit sich bringt, ist, dass die physikalischen Zusammenhänge für die Lernenden nachvollziehbarer sind, als beispielsweise beim Fadenpendel. Für viele Schülerinnen und Schüler ist es logisch, dass die Geschwindigkeit/Schwingungsdauer von der Masse und der Feder (-Konstante) abhängt. Es erleichtert der Lehrkraft den Einstieg in ein neues Thema, wenn die Schüler/innen dabei auf viele bekannte Alltagserfahrungen zurückgreifen können. An diese Vorstellungen kann die Lehrperson dann im Unterricht entsprechend anknüpfen (vgl. Kircher, 2009, S. 617). Die Lernenden können zum Beispiel vor dem Experiment Hypothesen aufstellen, von welchen Größen beispielsweise die Schwingungsdauer abhängen könnte. Dadurch werden die Präkonzepte der Schülerinnen und Schüler gleich in den Unterricht integriert und deshalb wird konstruktivistisches Lernen ermöglicht (vgl. Stern, 2010, S. 134).

Im Anschluss an das Federpendel sollte dann im Unterricht das Fadenpendel behandelt werden. Wichtig ist dabei, dass die Lehrerin/der Lehrer dabei auf die Gemeinsamkeit zum Federpendel aufbaut und die Unterschiede deutlich hervorhebt. Es kann daran angeknüpft werden, dass die Auslenkung des Pendels die Geschwindigkeit zwar beeinflusst, sich allerdings nicht auf die Schwingungsdauer auswirkt. Besonders sollte dann betont werden, dass die Masse sich im Gegensatz zum Federpendel beim mathematischen Pendel nicht auf die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer auswirkt. Um diesen Unterschied zwischen den beiden Experimenten hervorstreichend, bietet es sich an, die Schülerinnen und Schüler selbstständig experimentieren zu lassen. Sie sollen dabei in Gruppen überprüfen, ob die Schwingungsdauer beim Feder- und Fadenpendel von der Masse abhängig ist. Weil die Lernenden die Versuche selbst durchführen müssen, denken sie intensiver darüber nach und der Wissenserwerb wird dadurch deutlich verbessert (vgl. Roth, 2010, S.55).

Sobald die Schüler/innen erkannt haben, dass die Schwingungsdauer und die Geschwindigkeit unabhängig von der Pendelmasse sind, kann erarbeitet werden, dass für die Schwingungsbewegung beim Fadenpendel die Gravitationsbeschleunigung und die Pendellänge die entscheidenden Größen sind. Um diese Abhängigkeit zu erklären, bietet es sich an, neben dem Experiment auch Applets und computerbasierte Animationen in den Unterricht zu integrieren. Durch diese mediale Vielfalt im Unterricht bietet sich für die Schülerinnen und Schüler eine bessere Lernumgebung (vgl. Hopf et al., 2011, S.29).

Die Schülerinnen und Schüler sollten, nachdem diese beiden unterschiedlichen Pendelversuche behandelt wurden, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede nennen und auch erklären können. Dies muss das Ziel der Lehrkraft zu Beginn des Kapitels sein. Dieses Ziel sollte bei jeder einzelnen Stundenplanung berücksichtigt werden. Um dieses Schritt für Schritt zu erreichen, werden im Unterricht Grundkonzepte erarbeitet.

Zum Schluss sollte das gekoppelte Pendel behandelt werden. Allerdings soll der Fokus dabei eher beim Phänomen an sich liegen, als bei exakten theoretischen Überlegungen. Viele Schüler/innen könnten nämlich das Interesse verlieren, wenn hier zu tief in die Thematik eingedrungen werden würde. Außerdem ist es im Rahmen der Schulphysik durchaus ausreichend, den Bewegungsvorgang beim Schwebungsfall zu beschreiben. Dieses faszinierende Experiment kann dazu dienen, das Interesse der Schülerinnen und Schüler für Physik zu wecken. Ich selbst war, in meiner Zeit als Schüler, nachdem ich diesen Versuch gesehen hatte, vom Schwebungsfall derart fasziniert, dass ich mich näher damit beschäftigen

wollte. Ich empfand es als antiintuitiv, dass die kinetische Energie bei jeder Schwingung mehr und mehr von einem Pendel auf das andere übertragen wird. Ähnlich erging es auch vielen Schüler/innen, die ich interviewen durfte. Manche starrten noch einige Zeit, nachdem das Gespräch zu Ende war, auf das gekoppelte Pendel. Dies ist für mich auch ein klares Indiz dafür, dass man mit einem faszinierenden Versuch das Interesse vieler Lernenden für Physik wecken kann. Wichtig ist daher auch, dass die Lehrerin/der Lehrer selbst Begeisterung für das Fach zeigt, da sich dieser Enthusiasmus auch auf die Schüler/innen überträgt (vgl. Bauer, 2010, S. 43).

Generell kann man sagen, dass es sich durchaus lohnt, das Thema Schwingungen im Unterricht eingehend zu behandeln und andererseits ist es aus physikdidaktischer Sicht interessant, weiter daran zu forschen. Diese Arbeit stellt nur einen ersten kleinen Schritt in diese Richtung dar, um Kolleginnen und Kollegen dazu anzuregen, weitere Forschungen zu diesem Thema durchzuführen.

8. Literatur

Bauer (2010). Spiegelneurone-Nervenzellen für das intuitive Verstehen sowie für Lehren und Lernen. In Caspary Hg. Lernen und Gehirn, der Weg zu einer neuen Pädagogik. Herder Verlag

Demtröder (2013). Experimentalphysik 1 Mechanik und Wärme (6. Auflage). Springer Verlag

Duit (2004). Schülervorstellungen und Lernen von Physik, PIKO-Brief Nr. 1

Duit, Wodzinski (2006). Merkmale „guten“ Physikunterrichts, PIKO-Brief Nr. 10

Duit, Treagust, Widodo (2008). Teaching science for conceptual change: Theory and practice.

Embacher (2010). Elemente der theoretischen Physik. Vieweg+Teubner Verlag

Garcia, Ramirez, Rodriguez (2013). Misconceptions of Mexican Teachers in The Solution of Simple Pendulum, European J of Physics, Vol. 3

Gocłowska (1992). Students' Misconceptions Concerning Waves and Harmonic Motion

Hopf, Schecker, Wiesner (2011). Physikdidaktik kompakt. Aulis Verlag.

Jung (2011). Alltagsvorstellungen und das Lernen von Physik und Chemie. In: Müller et al. Schülervorstellungen in der Physik, Aulis Verlag

Kircher, Girdwidz, Häußler Hg. (2009). Physikdidaktik-Theorie und Praxis (2. Auflage). Springer Verlag

Madu (2012). Effect of the four-step learning cycle model on students' understanding of concepts related to simple harmonic motion. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, Vol. 13

Mayring (2010). Design. In: Günter Mey und Katja Mruck (Hg.): Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie. Springer Verlag

Mayring (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Beltz Verlag

Müller, Wodzinski, Hopf (2011). Schülervorstellungen in der Physik. Aulis Verlag

Pablico (2010). Misconceptions on force and gravity among high school students. LSU Digital Commons

Panjit (2017). Development of Computer-Based Experiment Set on Simple Harmonic Motion of Mass on Springs. TOJET Vol. 16

Posner, Strike, Hewson, Gertzog (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. In: Science Education, 66

Roth (2010). Möglichkeiten und Grenzen von Wissensvermittlung und Wissenserwerb. In Caspary Hg. Lernen und Gehirn, der Weg zu einer neuen Pädagogik. Herder Verlag

Somroob, Wattanakasiwich (2017). Investigating student understanding of simple harmonic motion. Journal of Physics, Conf. Series 901 (2017) 012123

Stern (2010). Wie viel Hirn braucht die Schule? In Caspary Hg. Lernen und Gehirn, der Weg zu einer neuen Pädagogik. Herder Verlag

Wagner, Reischl, Steiner (2012). Einführung in die Physik (2. Auflage). Facultas Verlag

Wagner Hg, Tipler, Mosca (2015). Physik für Wissenschaftler und Ingenieure (7. Auflage). Springer Verlag

White, Gunstone (1992). Probing Understanding. Routledge Falmer.

Wiesner (2008). Physikunterricht - an Schülervorstellungen orientiert. Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule

Wodzinski (2011). Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten, in Müller et al.: Schülervorstellungen in der Physik. Aulis Verlag

9. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Funktionsgraph einer harmonischen Schwingung	5
Abb. 2: Funktionsgraph einer gedämpften Schwingung.....	8
Abb. 3: Fadenpendel	8
Abb. 4: Verhältnis T/T_0	10
Abb. 5: möglicher Versuchsaufbau gekoppelte Schwingung	11
Abb. 6: Gleichphasige Schwingung	11
Abb. 7: Gegenphasige Schwingung.....	11
Abb. 8: Schwingungsamplituden x_1 und x_2 gekoppelter Oszillatoren	12
Abb. 9: Einteilung von Lernschwierigkeiten.....	16
Abb. 10: Vorstellungen zur Geschwindigkeit beim Fadenpendel	32
Abb. 11: Vorstellungen zur Schwingungsdauer beim Fadenpendel.....	32
Abb. 12: Vorstellungen zur Geschwindigkeit beim Federpendel	34
Abb. 13: Vorstellungen zur Schwingungsdauer beim Federpendel.....	34

10. Anhang

10.1 Der Interviewleitfaden

Das mathematische Pendel

„Was siehst du? Kannst du mir alle Bestandteile benennen?“

„Kannst du mir sagen, welche Kraft bzw. welche Kräfte auf das (unausgelenkte) Massestück wirken?“

„Was wird passieren, wenn ich das Pendel mit der Hand auslenke und loslasse?“

„Wie verhält sich die Geschwindigkeit? An welchen Stellen ist diese Null? Wovon hängt die Geschwindigkeit ab?“

„Würde sich die Geschwindigkeit ändern, wenn man die Masse/Auslenkung/ Fadenlänge/etc. verändert?“

„Wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?“

„Würde sich die Schwingungsdauer ändern, wenn man die Masse/Auslenkung/ Fadenlänge/etc. verändert?“

„Würde man das Experiment am Mond durchführen, wie würde sich die Geschwindigkeit/Schwingungsdauer verändern? Was wären die Unterschiede zur Erde?“

Das Federpendel

„Was siehst du? Kannst du mir alle Bestandteile benennen?“

„Kannst du mir sagen, welche Kraft bzw. welche Kräfte auf das (unausgelenkte) Massestück wirken?“

„Was wird passieren, wenn ich das Pendel mit der Hand auslenke und loslasse?“

„Wie verhält sich die Geschwindigkeit? An welchen Stellen ist diese Null? Wovon hängt die Geschwindigkeit ab?“

„Würde sich die Geschwindigkeit ändern, wenn man die Masse/Auslenkung/Feder/ etc. verändert?“

„Wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab? Welche Kraft/Kräfte beeinflussen die Dauer einer Schwingung deiner Meinung nach?“

„Würde sich die Schwingungsdauer ändern, wenn man die Masse/Auslenkung/ Feder/etc. verändert?“

„Würde man das Experiment am Mond durchführen, wie würde sich die Geschwindigkeit/Schwingungsdauer verändern? Was wären die Unterschiede zur Erde?“

Das gekoppelte Pendel

„Was denkst du, was passieren wird, wenn eines der beiden Pendel aus der Ruhelage ausgelenkt wird?“

„Was konntest du beobachten? Versuche deine Beobachtungen physikalisch zu erklären!“

10.2 Transkripte der Schülerinterviews

Nachfolgend befinden sich die Transkripte der Schülerinterviews. Zu Beginn steht eine kurze Zusammenfassung der Interessenserhebung jeder/jedes Einzelnen. Danach befindet sich in der Tabelle in der linken Spalte die wortwörtliche Mitschrift des Gesprächs und in der rechten Spalte wurde das Interview kommentiert, um die Aussagen besser verstehen zu können.

Schüler 1: männlich, 14 Jahre, 5. Klasse	9. Dezember 2016
---	------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Bist du prinzipiell an Physik interessiert?</p> <p>S: Früher hat mich das schon interessiert, jetzt nicht mehr wirklich.</p> <p>D: Was meinst du mit früher?</p> <p>S: Also in der Unterstufe, aber in der fünften Klasse habe ich gar kein Physik und jetzt mag ich das wirklich nicht mehr so richtig.</p> <p>D: Und generell Naturwissenschaften?</p> <p>S: Interessanter war Chemie, weil wir da mehr Versuche gemacht haben.</p> <p>D: Also interessiert dich vor allem an Naturwissenschaften, dass Versuche durchgeführt werden?</p> <p>S: [...] ÄÄÄhm ja schon, dann kann ich mir das besser vorstellen.</p> <p>D: Und in der Unterstufe warst du gut in Physik? Oder würdest du dich anders einstufen</p> <p>S: Naja [...]</p> <p>D: Das heißt? S: Einmal hatte ich einen Dreier, aber sonst immer nur Zweier oder Einser und ich musste schon immer viel lernen für Physik [...] also mehr als in Chemie zum Beispiel.</p> <p>D: Abgesehen von den Noten, denkst du, dass du dich gut in Physik auskennst?</p> <p>S: Naja, Lernen hab ich schon müssen, aber naja [...] ich hatte Schwierigkeiten dabei das meiste zu verstehen. Deshalb habe ich mir das meistens schon öfter durchlesen müssen.</p> <p>D: Wie du vielleicht schon gesehen hast, habe ich hier etwas aufgebaut. Kannst du mir erklären, was zu sehen ist?</p> <p>S: Das ist ein Faden mit einem Eisen unten. [...]</p> <p>D: Und weiter? Was ist noch aufgebaut?</p> <p>S: Die Schnur hängt da oben und das Stück da unten zieht eben den Faden nach unten.</p> <p>D: Warum zieht das Stück den Faden nach unten? [...] Also welche physikalische Größe spielt hier eine Rolle?</p> <p>S: Keine Ahnung.</p> <p>D: Gut, dann möchte ich jetzt von dir folgendes wissen: Was wird passieren, wenn ich die Eisenkugel in eine Richtung auslenke?</p> <p>S: [...] Das verstehe ich nicht.</p> <p>D: (nimmt die Kugel in die Hand und lenkt sie leicht nach rechts aus) Was würde passieren, wenn ich sie jetzt los lasse?</p> <p>S: Es schwingt.</p>	<p>Der Schüler hat prinzipiell Interesse an naturwissenschaftlichen Gegenständen, jedoch ist er mit dem Unterricht nicht zufrieden.</p> <p>Der Schüler kennt die Gravitation nicht.</p>

<p>D: Ok es schwingt. Hört das irgendwann wieder auf oder schwingt das nun ewig weiter?</p> <p>S: Ja [...] Das hört dann auf.</p> <p>D: Warum glaubst du hört das auf zu schwingen?</p> <p>S: Weils Tempo verliert.</p> <p>D: Warum? Warum verliert es an Tempo?</p> <p>S: Wegen der Dichte.</p> <p>D: (leise) Wegen der Dichte?</p> <p>S: (nickt)</p> <p>D: Wenn ich das (=die Kugel) nun auslenke, wo ist die Kugel an schnellsten? Du hast ja gesagt, dass es schwingt, wo ist das Tempo während der Schwingung am größten?</p> <p>S: Am Anfang, Gleich nachdem du ähm Sie es losgelassen haben. Wenn man es loslässt ist es am schnellsten.</p> <p>D: Also hier am Rand?</p> <p>S: Ja genau, gleich nachdem man es [...] gleich nachdem man beginnt</p> <p>D: Und wo ist das Tempo deiner Meinung nach am geringsten?</p> <p>S: Kurz bevor es aufhört [...]</p> <p>D: Was meinst du damit genau?</p> <p>S: Kurz bevor der Ball (=das Massestück) wieder zurückschwingt in die andere Richtung. Also beim Übergang von einer Schwingung auf die nächste</p> <p>D: Glaubst du, dass die Geschwindigkeit sich ändert, wenn man es weiter auslenkt?</p> <p>S: Nicht viel [...] aber schon ja.</p> <p>D: Okay, dann lass uns das kurz probieren.</p> <p>S experimentiert mit dem Pendel</p> <p>D: Und würdest du deine Aussagen von vorhin bestätigen?</p> <p>S: Ja schon. Stimmt das denn nicht?</p> <p>D: Das kann ich dir jetzt nicht beantworten. Vielleicht danach, falls es dich interessiert. [...] Glaubst, du dass sich etwas ändert, wenn man eine schwerere Kugel verwenden würde?</p> <p>S: Ja da is es sicher schneller.</p> <p>D: Was meinst du mit schneller?</p> <p>S: Die Geschwindigkeit ist mehr.</p> <p>D: Okay. Wie kommst du darauf. Wie hast du dir das überlegt?</p> <p>S: Ja das ist ja überall so, wens schwerer ist, dann ist es schneller.</p> <p>D: Kannst du mir ein Beispiel dazu sagen?</p> <p>S: Wenn ich etwas Schwereres fallen lasse, dann ist es ja auch schneller am Boden.</p> <p>D: Gut. Ein anderes Beispiel: Angenommen der Faden wäre länger, würde sich deiner Meinung nach etwas ändern? Also es wäre zum Beispiel doppelt so lange, wie würde sich das auswirken?</p> <p>S: Nein das ändert nichts. Also das Tempo ist gleich.</p> <p>D: Was könnte an Pendeln interessant sein? Also wofür könnte man ein Pendel im Alltag verwenden?</p> <p>S: Weiß ich nicht.</p> <p>D: Also man könnte Uhren damit bauen. Was würde uns dann interessieren?</p> <p>S: [...] Wie lang es dauert?</p> <p>D: Wie lang was dauert?</p> <p>S: Eine Schwingung?</p> <p>D: Okay. Wovon hängt die Dauer deiner Meinung nach ab? [...] Vorhin sprachen wir über die Länge des Fadens, die Masse der Kugel, wie weit man</p>	<p>Das Pendel verliert an Tempo und bleibt nach einiger Zeit stehen. Der Grund dafür ist die Dichte.</p> <p>Das Tempo ist beim Fadenpendel am Rand am größten.</p> <p>Wenn das Pendel seine Richtung ändert, ist die Geschwindigkeit am kleinsten.</p> <p>Je schwerer die Pendelmasse ist, desto höher ist das Tempo.</p> <p>Der Grund dafür ist, dass Schwere Objekte immer schneller fallen als leichte.</p> <p>Die Pendellänge wirkt sich nicht auf die Geschwindigkeit aus.</p> <p>Je schwerer das Pendel ist, desto kürzer ist dessen Schwingungsdauer.</p>
---	--

<p>das Pendel auslenkt. Was wirkt sich davon auf die Dauer einer Schwingung aus?</p> <p>S: Wenn man etwas Schweres verwendet dauert es auf jeden Fall kürzer.</p> <p>D: Und sonst?</p> <p>S: Wie weit das von der Mitte weg ist, ist glaub ich egal. Da ist das Gewicht wichtiger [...] Und die Länge ist glaub ich auch egal, vor allem, wenn man es gleich weit von der Mitte los lässt.</p> <p>D: Glaubst du, dass es davon abhängig ist, wo man dieses Experiment durchführt?</p> <p>S: Wie meinst du [...] Was meinen Sie mit „Wo“?</p> <p>D: Ob ich das Experiment hier durchführe, oder am Donauturm, oder am Mount Everest, oder am Mond. Wirkt sich das auf das Experiment aus?</p> <p>S: Also am Donauturm sollte kein Unterschied sein. Aber am Mond zum Beispiel dauert es (eine Schwingung) länger als bei uns.</p> <p>D: Gut. Nun noch ein paar Fragen zu einem anderen Versuchsaufbau. Was siehst du hier?</p> <p>S: Eine Feder und ein Gewicht unten dran.</p> <p>D: Was würde passieren, wenn ich das Massestück nach unten ziehe?</p> <p>S: Es schwingt auf und ab.</p> <p>D: Wovon hängt die Geschwindigkeit und die Dauer hier ab?</p> <p>S: Vom Gewicht und der Feder</p>	<p>Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Pendellänge und davon, wie weit man das Pendel auslenkt.</p> <p>Am Mond dauert eine Schwingung länger, als auf der Erde.</p>
<p><i>An dieser Stelle wurde das Interview von der Pausenglocke unterbrochen. Der Schüler stand mir in der folgenden Stunde leider nicht mehr zur Verfügung.</i></p>	

<p>Schüler 2: männlich, 14 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>22. Dezember 2016</p>
--	--------------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Was siehst du auf du hier? Kannst du mir den Aufbau erklären?</p> <p>S: Ja das ist ein Pendel, wenn man das anstößt, dann schwingt es.</p> <p>D: Wie würdest du den Aufbau beschreiben?</p> <p>S: Ahm. Es gibt einen fixen Standpunkt [...] oben und ahm. Das ist eine Schnur, also ein Lot, was in Schwingung gebracht wird und was in beide Seiten gleich weit schwingt</p> <p>D: Genau [...] wenn du dir eine Pendelbewegung vorstellst. Wovon würde das Tempo deiner Meinung nach abhängen?</p> <p>S: Ahm. Würd sagen wie weit es hoch schwingt, weil dadurch Energie aufgenommen worden ist. Und wie viel Energie und Schwung am Anfang mitgegeben worden ist [...] ähm und auch wie lang die Schnur ist.</p> <p>D: okay. Wie lang die Schnur ist. Glaubst du, dass die Masse des Pendelgewichts eine Rolle spielt?</p> <p>S: Daran hab ich gar nicht gedacht. Ja schon. Das is´ auch wichtig [...] ahm weils ja dadurch dann schneller nach außen drückt.</p> <p>D: Gut, angenommen, du würdest das Pendel nicht auslenken und hier halten, welche Kraft wirkt dann auf das Massestück?</p> <p>S: Also erst mal Gravitation.</p> <p>D: Wohin wirkt die?</p> <p>S: Nach unten. Und [...] die Zentrifugalkraft glaub ich, bin mir aber nicht sicher.</p> <p>D: In welche Richtung wirkt die dann?</p>	<p>Das Tempo hängt von der Länge des Fadens und von der kinetischen Energie ab, die man dem Pendel zu Beginn „mitgibt“.</p> <p>Das Tempo ist abhängig von der Pendelmasse.</p> <p>Beim Fadenpendel sind die Gravitation und die Zentrifugalkraft für die Pendelbewegung verantwortlich.</p> <p>Zusätzlich zu den beiden oben genannten Kräften wirken auch</p>

<p>S: Nach innen!</p> <p>D: Okay und gibt es hier sonst noch Kräfte, die auf diese Kugel wirken?</p> <p>S: Ja also [...] ahm sollts ja auch Gegenkräfte geben.</p> <p>D: Gut [...] kannst du mir auch hier die Richtungen dazu sagen?</p> <p>S: Nach oben und nach außen, also jeweils in die andere Richtung.</p> <p>D: Fallen dir sonst noch Kräfte ein, die bei der Pendelbewegung eine Rolle spielen?</p> <p>S: Ja es gibt noch Bewegungsenergie und Energie der Lage [...]</p> <p>D: Sind das auch Kräfte, oder was anderes?</p> <p>S: [...] Ahm das ist keine [...] Kraft. Glaub i-.</p> <p>D: Ähm. Dann fahren wir mal fort. Wovon hängt es ab, wie schnell ein Pendel hin und her schwingt? Also beispielsweise von diesem Punkt, bis zu diesem wieder zurück.</p> <p>S: Meinen Sie die Dauer?</p> <p>D: Ja exakt.</p> <p>S: Also sehr stark mal von der Masse des Pendels [...]</p> <p>D: Ja [...]</p> <p>S: Auch von der Länge von dieser Pendelschnur.</p> <p>D: Und sonst? Fällt dir noch etwas ein?</p> <p>S: Mir würde nichts mehr einfallen, was eine Rolle spielen könnte.</p> <p>D: Okay, dann lass uns kurz was durchdenken: Einmal lässt du das Pendel hier los und einmal hier.</p> <p>S: Weiß ich jetzt nicht, ob das an der Dauer etwas ändert. [...] Bei dem ersten Fall ist die Geschwindigkeit auch höher und das könnte sich dann ausgleichen [...] Bin mir aber sehr unsicher</p> <p>D: Mhmm. Wo würdest du sagen, ist die Geschwindigkeit maximal bei diesem Pendel?</p> <p>S: Kurz bevors in der Mitte is [...] danach wird's ja wieder gebremst</p> <p>D: Ja. Und wo ist die Geschwindigkeit am geringsten?</p> <p>S: [...] Ahm am Ende vom Aufstieg sozusagen [...] also bei der Seite am höchsten Punkt</p> <p>D: Noch eine abschließende Frage zu diesem Experiment: Würd sich etwas am Versuchsablauf ändern, wenn du das Experiment wo anders durchführst? Also zum Beispiel am Mount Everest.</p> <p>S: [...] Ahm es verändert sich glaub ich die Gravitation. [...] Am Berg zum Beispiel wärs langsamer, weils nicht so stark nach unten gezogen wird.</p> <p>D: Okay. Wie du siehst, steht daneben noch ein Experiment aufgebaut. Kannst du mir den Versuchsaufbau erklären?</p> <p>S: Ahm [...] Ahm. Das ist jetzt wahrscheinlich ohne Schwingbewegung, also nur rauf runter oder?</p> <p>D: Jaja, was sind denn die Bestandteile? Kannst du mir ein paar nennen?</p> <p>S: Ahm Gewicht, und Feder wahrscheinlich und dann wieder so ein Stativ</p> <p>D: Welche Kraft bzw. welche Kräfte wirken jetzt in Ruhelage auf das Massestück?</p> <p>S: Ahm. Es wirkt wieder nach unten die Gravitation und die Kraft von der Feder, die sie wieder zusammen zieht, nach oben [...]</p> <p>D: Genau, Sind die Kräfte unterschiedlich groß, oder nicht?</p> <p>S: [...] Ahm das kommt glaub ich auf die Feder drauf an glaub ich.</p> <p>D: Was würde passieren, wenn man das Massestück nach unten zieht und dann los lässt?</p> <p>S: Ähm, wenn mans nach unten zieht, ja es würd sich die Feder wieder zusammen ziehen. Also wieder nach oben. [...]</p>	<p>noch Gegenkräfte auf die Pendelmasse.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendelmasse und der –Länge.</p> <p>Die Geschwindigkeit des Pendels ist kurz vor der Mitte am größten.</p> <p>An der Wendestelle ist die Geschwindigkeit am geringsten.</p> <p>Je geringer die Gravitation ist, desto langsamer schwingt das Pendel.</p> <p>Auf das Massestück wirken zwei Kräfte. Die Gravitation nach unten und die Federkraft nach oben.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der</p>
--	--

<p>D: Und dann?</p> <p>S: Dann [...] geht das wieder nach unten, bis es im [...] im entspannten Zustand ist. Es beginnt dann wieder von vorne. Also weniger weit natürlich und irgendwann bleibts dann eben stehen [...] wieder in der Ruhelage.</p> <p>D: Hier gibt's ja auch so etwas wie eine Schwingungsdauer. Wovon könnte die deiner Meinung nach abhängen?</p> <p>S: Ähm. Masse ahm. Ahm wieder wo man is und dann die Stärke von der Feder</p> <p>D: Ja. Hängts auch davon ab, wie stark ich die Feder auslenk?</p> <p>S: Ähm ich denkt schon. Also wenn mans stärker auszieht, dann wird's auch länger schwingen</p> <p>D: Okay. Zur Geschwindigkeit. Wo ist da die Geschwindigkeit maximal und wo ist sie minimal?</p> <p>S: Ahm [...] Ich denk am Ende von der Aufwärtsbewegung. Kann das stimmen?</p> <p>D: Das kann ich dir beantworten, wenn wir fertig sind. Also ich soll das jetzt nicht kommentieren. Danach können wir gerne alles kurz durchbesprechen.</p> <p>S: Ich hab das nämlich noch nie gehört und deshalb ist es so schwer für mich.</p> <p>D: Ja das ist mir bewusst. Aber es ist auch beabsichtigt, dass ihr vor dem Interview dieses Thema noch nicht gehört habt. Mir geht's vor allem darum zu erfahren, wie Schüler über diese Versuche denken, bevor sie davon im Unterricht gehört haben. Deshalb ist es auch komplett egal, ob deine Vorstellungen richtig, oder falsch sind. Wie das wirklich ist lernt ihr eh nächstes Jahr in Physik.</p> <p>S: Ok. Ich verstehe.</p> <p>D: Also zurück zum Versuch. Du hast gesagt, dass es kurz bevors oben ist, am langsamsten ist. Ist das auf der anderen Seite genauso, oder gibt's da Unterschiede?</p> <p>S: Mhm. Also logischer wärs jetzt, wenns unten gleich schnell wär [...] Ja ich sag es ist unten gleich schnell, also langsam eigentlich.</p> <p>D: Wenn man eine stärkere Feder verwenden würde. Schwingt das System dann schneller, gleich schnell, oder langsamer?</p> <p>S: Ahm. [...] Also es geht auf jeden Fall [...] schneller nach oben, aber wahrscheinlich langsamer nach unten, weil die Feder das aufhält</p> <p>D: Gut. Die Zeit drängt etwas, deshalb kommen wir jetzt zum letzten Versuch. Hierbei handelt es sich um ein gekoppeltes Pendel. Den Aufbau siehst du ja schon. Hast du Fragen dazu?</p> <p>S: Also [...] eigentlich sinds zwei so Pendel vom ersten Versuch, [...] die mit einer Schnur und einem [...] Gewicht miteinander verbunden sind [...] oder? Wie schwingt das?</p> <p>D: Das frag ich dich jetzt eben. Was glaubst du, was passieren könnte, wenn man nur mit dem ersten Pendel zu schwingen beginnt und den Rest gar nicht auslenkt?</p> <p>S: Wie jetzt? So oder so? (gemeint war in Längs- bzw. Querrichtung)</p> <p>D: Sagen wir so (Längsrichtung), wir achten dabei aber darauf, dass das erste Pendel mit dem Massestück in der Mitte nicht kollidiert. Was wird deiner Meinung nach passieren?</p> <p>S: Der in der Mitte wird auf jeden Fall mal irgendwie anfangen mitzuschwingen. [...] Ahm ich glaub fast [...] wenn [...] ahm, wenn das außen ist, dann wird das mitgehen mit dem</p> <p>D: Okay. Und was würde nach einer gewissen Zeit passieren? Sagen wir nach einer halben Minute.</p>	<p>Federkonstante, der Elongation der Feder und der Gravitation.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist am höchsten und niedrigsten Punkt am geringsten.</p> <p>Eine stärkere Feder zieht das Massestück schneller nach oben und sorgt dafür, dass es sich langsamer wieder nach unten bewegt.</p> <p>Beim gekoppelten Pendel schwingen die beiden Pendel gegengleich, aber gleich schnell.</p>
---	---

<p>S: Also ich hab jetzt gesagt, dass das mitgeht [...] also wird das fast sich auch bewegen [...]</p> <p>D: Und was passiert dann? Schwingen die, oder bleiben die wieder stehen?</p> <p>S: Mhm [...] so [...] Gegengleich.</p> <p>D: Und unterschiedlich oder gleich schnell?</p> <p>S: Gleich schnell. Also gegengleich und gleich schnell. [...] Weil sich das dann durch das ausgleicht.</p> <p>D: Danke, das wars.</p>	
--	--

Schüler 3: männlich, 15 Jahre, 5. Klasse	22. Dezember 2016
---	-------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Okay der erste Versuch ist hier aufgebaut. Kannst du mir bitte sagen, was hier zu sehen ist?</p> <p>S: Ja es wird wahrscheinlich [...] des wird ein Gewicht sein. [...] Das ist eine Schnur. Und wahrscheinlich wird man das auf einer Seite, so rauf geben und [...] auslassen und schauen wie viele Schwingungen es machen wird, oder schauen wie schnell es schwingt, in welchem Takt. Oder?</p> <p>D: Wie schon gesagt, kommentiere ich nicht, ob etwas richtig oder falsch ist. Mich interessiert nur, was du dir darunter vorstellst. [...] Ähm wenn wir uns auf das Tempo des Pendels konzentrieren, also wie schnell es ist. Wo ist das Tempo am größten?</p> <p>S: Ich glaub [...] da in der Mitte.</p> <p>D: Da in der Mitte. Und wo ist die Geschwindigkeit am geringsten?</p> <p>S: Ahm [...] am geringsten is sie [...] Ich vermute jetzt amal [...] da. (an der Wendestelle)</p> <p>D: Ja und wenn du ein bisschen weiter denkst. Es schwingt einmal auf diese Seite und dann einmal auf die andere zurück. So wie du es gezeigt hast. Gibt es da noch eine Stelle, wo die Geschwindigkeit gering ist?</p> <p>S: Ähm am anderen Ende da drüben.</p> <p>D: Genau. Wenn das Pendel jetzt so in Ruhe ist, welche Kraft wirkt dann auf das Massestück?</p> <p>S: Ähm. Es kommt darauf an, wie schwer das Massestück ist. Wenn es zum Beispiel 10 dag hat, dann ist es 1 Newton.</p> <p>D: Ja. Und ganz allgemein, welche Kraft wirkt hier auf das Massestück?</p> <p>S: Erdanziehungskraft</p> <p>D: Genau. Wirkt sonst noch eine Kraft oder vielleicht auch mehrere auf diese Kugel?</p> <p>S: Ahm. Generell Druck von der Atmosphäre her [...] eventuell? I denks mir halt nur [...] Is aber wahrscheinlich ein Blödsinn. Nein is eh falsch.</p> <p>D: Kennst du das dritte newtonsche Axiom?</p> <p>S: Na, das sagt mir jetzt gar nix.</p> <p>D: Okay. [...] dann [...]</p> <p>S: oder is das das mit der reactio?</p> <p>D: Ja könnte sein. Was meinst du damit?</p> <p>S: Es gibt Gegenkräfte oder so ähnlich ist das glaub ich.</p> <p>D: Okay. Hat das irgendwelche Auswirkungen auf unser Pendel hier?</p> <p>S: Nein glaub nicht.</p>	<p>Das Tempo ist in der Mitte am größten und an den Wendestellen am geringsten.</p> <p>Auf das Massestück wirken die Gravitation und der atmosphärische Druck.</p> <p>Das dritte newtonsche Axiom spielt beim mathematischen Pendel keine Rolle.</p>

<p>D: Gut. Wenn du jetzt wieder an unseren Versuch denkst. Möglicherweise ist es ja interessant zu wissen wie lange es dauert, bis das Pendel einmal von hier weg schwingt und dann wieder hier her zurück. Wovon hängt das ab? Also welche Größen spielen bei der Dauer deiner Meinung nach eine Rolle?</p> <p>S: Ahm [...] Es wird vielleicht davon abhängen auf welcher Höher man das Pendel auslässt [...] ob man vielleicht noch Schwung mitgibt [...] Und [...] wie groß die Masse ist.</p> <p>D: Okay. Denkst du, dass die Pendellänge auch eine Rolle spielt? Oder nicht?</p> <p>S: Pendellänge [...] Ahm Oja ich glaub schon. Ich weiß jetzt nicht genau den Zusammenhang, aber wenns länger is, dann wird's wahrscheinlich auch länger dauern. Vermut ich jetzt mal</p> <p>D: Ähm. Grundsätzlich kurz eine andere Frage, wenn du etwas fallen lässt, fallen da schwere Dinge schneller, als leichte? Oder ist das unabhängig von der Masse?</p> <p>S: Also, na [...] i glaub schwere Dinge fallen schneller</p> <p>D: Okay. Ich schau nur kurz nach, ob ich zu dem Experiment schon alles Relevante gefragt hab [...] Aja. Würde sich deiner Meinung etwas ändern, wenn man das Experiment wo anders durchführen würde? Also beispielsweise auf einem hohen Berg, oder am Mond. Wär dort etwas anders? Und wenn ja, was wäre anders?</p> <p>S: Ja wenn ma den Mond als Beispiel nehmen würde. Am Mond gibt's ja schließlich auch keine Schwerkraft. [...] Deswegen würde ich jetzt behaupten, dass es nicht so funktionieren würde, wie auf der Erde. Also, wenn man das Pendel hier auslassen würde, dann würde es nicht schwingen, sondern irgendwo in der Gegend herumtreiben</p> <p>D: Also du würdest sagen, dass es am Mond gar nicht schwingt?</p> <p>S: Ich vermute [...] außer man schubst es in die gewünschte Richtung.</p> <p>D: Und am Mount Everest? Wie wäre es dort? Dort gibt es ja Schwerkraft.</p> <p>S: Ja aber sie ist weniger groß.</p> <p>D: Ja [...]</p> <p>S: Das ist eine gute Frage [...]</p> <p>D: Deshalb frag ich dich das ja</p> <p>S: Haha [...] Ja [...] i kann mir jetzt nicht wirklich vorstellen, was sich ändert. [...] die Geschwindigkeit. Ich glaub nicht, dass die anders ist. Das einzige, was es am Mount Everest gibt, ist, dass die Erdanziehungskraft eben weniger ist, aber sonst ändert das nicht wirklich viel. Ich kann mir nicht vorstellen, dass sonst irgendetwas anders ist. Das war jetzt wahrscheinlich komplett falsch.</p> <p>D: Das ist egal, das erfährt sowieso niemand. [...] Das nächste Experiment ist hier aufgebaut. Was kannst du erkennen?</p> <p>S: Ahm. Da haben wir ein Stativ. Und das ist eine Metallfeder. [...] und unten haben wir ein Gewicht. Ich kann mir jetzt [...] ahm aber ned vorstellen, dass das so schwingt, wie das vorige Pendel, also von links nach rechts.</p> <p>D: Wie schaut jetzt die Feder aus, wenn das Massestück so nach unten hängt?</p> <p>S: Ähm [...] wahrscheinlich Spiralförmig.</p> <p>D: Ich mein, ob die schmaler oder breiter als sonst ist.</p> <p>S: Ja sie ist weiter auseinander gezogen, weil natürlich eine Kraft von unten her auf die Feder wirkt.</p> <p>D: Welche Kraft wirkt hier auf das System?</p> <p>S: Anziehungskraft [...] Schwerkraft also.</p> <p>D: Gut, wenn man das Massestück nach unten zieht und man lässt es los, was könnte dann passieren?</p>	<p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Auslenkung des Massestücks, der Masse und dem Schwung, dem man dem Pendel mitgibt.</p> <p>Je länger ein Pendel ist, desto größer ist die Schwingungsdauer.</p> <p>Schwere Gegenstände fallen schneller als leichte.</p> <p>Am Mond würde das Pendel nicht schwingen, da es dort keine Schwerkraft gibt.</p> <p>Die Geschwindigkeit des Pendels und die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Gravitation.</p> <p>Die Schwerkraft sorgt dafür, dass die Feder auseinandergezogen wird.</p>
---	--

<p>S: Naja, ahm [...] Die Feder wird zurückschnellen und das Gewicht wird nach oben fliegen</p> <p>D: Und dann?</p> <p>S: Dann wird's wieder runter und je nachdem wie schwer das Gewicht ist, wird die Feder dann wieder gespannt und es geht wieder rauf. [...] Das geht immer so weiter, bis es sich dann nicht mehr bewegt.</p> <p>D: Glaubst du, dass man hier auch von einer Schwingung sprechen kann?</p> <p>S: Ja [...] ja das is schon ähnlich zum vorigen, also wird man das auch als Schwingung bezeichnen können.</p> <p>D: Ja. Interessant ist jetzt, wo schwingt das am schnellsten, also wo hat das Massestück das größte Tempo?</p> <p>S: Ich würd das selbe wie vorhin sagen, also in der Mitte vermutlich.</p> <p>D: Okay. Wo ist es am langsamsten?</p> <p>S: Am Endpunkt und dann wieder am Anfangspunkt. Also jeweils ganz unten und ganz oben.</p> <p>D: Gut jetzt könnte wieder interessant sein, wie lange eine Schwingung dauert. Wovon könnte das deiner Meinung nach abhängen?</p> <p>S: Ahm [...] von der Länge der Feder glaub ich hald wieder. Äh von der Masse, die unten dran hängt. Wo man sich befindet [...]</p> <p>D: Angenommen, wir würden eine stärkere Feder verwenden. Würde sich das auf irgendeine Weise auswirken?</p> <p>S: Ich glaub, dass [...] es langsamer schwingen würde. Eine stärkere Feder bedeutet ja, dass mehr Widerstand da ist. I glaub langsamer</p> <p>D: Und bei einer schwächeren Feder würde es dann schneller schwingen?</p> <p>S: Nein das ist Blödsinn. Da habe ich was Falsches gesagt. Eine schwächere Feder hat ja nicht so viel Kraft, deswegen wird's ja nicht so stark nach oben geschleudert.</p> <p>D: Also?</p> <p>S: Aah [...] ahm [...] bei einer stärkeren Feder, die hat ja mehr Kraft, also würd das passieren, dass es schneller ist, als bei einer schwächeren Feder.</p> <p>D: Okay. Der letzte Versuch: Wir haben hier zwei Pendel, wie beim ersten Versuch und die beiden sind mit einem Faden und einem Massestück in der Mitte miteinander verbunden. Mich würde interessieren, was deiner Meinung nach passieren könnte, wenn du nur ein Pendel auslenken würdest? Also was passiert mit den anderen beiden Massestücken?</p> <p>S: Wenn man das jetzt da rüber schwingen lassen würde?</p> <p>D: Ja genau, wir gehen davon aus, dass sich die beiden nicht berühren.</p> <p>S: Ja [...] Dadurch, dass es wieder zurück schwingt, wird es diesen Teil da wieder mitnehmen. Das würd aber auch bedeuten, dass dieser dritte Teil auch mitgezogen wird.</p> <p>D: Okay. Wie würde das nach einiger Zeit ausschauen? Also nicht gleich nach dem Beginn. [...] Also schwingen dann beide, oder schwingt nur eins?</p> <p>S: Ich glaub nach einigen Minuten würd dann alles schwingen, weil sie ja miteinander verbunden sind.</p> <p>D: Und wie schwingt das dann? Gleich oder gegengleich? Gleich schnell oder unterschiedlich schnell?</p> <p>S: Ich vermute in der gleichen Geschwindigkeit. Und ich glaub, dass dann alle drei links sind und dann gemeinsam nach rechts schwingen. Alle gemeinsam gleich schnell. Nach einer gewissen Zeit sollte das passieren.</p>	<p>Das Tempo ist in der Mitte am größten und an den Rändern am kleinsten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist von der Masse und der Feder abhängig.</p> <p>Je stärker die Feder ist, desto schneller schwingt das Pendel, da die Federkraft größer ist.</p> <p>Beim gekoppelten Pendel schwingen alle Pendel gleich schnell und synchron hin und her.</p>
--	---

Interview	Kommentar
<p>D: Gut. Wir beginnen mit dem ersten Versuch. Könntest du mir bitte erklären, was du hier siehst? Also ich mein jetzt den Versuchsaufbau.</p> <p>S: Ein Seil, ein Gewicht und einen Drehpunkt</p> <p>D: Okay [...] Wenn dieses Teil senkrecht nach unten hängt. Welche Kraft wirkt dann darauf?</p> <p>S: Ähm [...] Ähm [...] Wie heißt das? [...] Stand [...] Standenergie oder so? Weiß ich jetzt nicht. Auf jeden Fall die Gravitation.</p> <p>D: Mhm [...] Angenommen, wir würden das Massestück jetzt in diese Richtung auslenken. Was passiert deiner Meinung nach dann, wenn du es auslässt?</p> <p>S: ja [...] es pendelt dann eben in die andere Richtung [...]</p> <p>D: Und dann?</p> <p>S: Pendelns wieder zurück</p> <p>D: Und?</p> <p>S: Dann wieder in die andere Richtung. Es pendelt immer so weiter und es wird auch nie ausgependelt haben.</p> <p>D: Okay [...] Wo ist das Pendel denn am schnellsten?</p> <p>S: Mitte wahrscheinlich</p> <p>D: Und wo is am langsamsten?</p> <p>S: Am Ende [...] links und rechts [...]</p> <p>D: [...] Okay. Wenn das jetzt von da, da her schwingt. [...] wovon hängt die Dauer deiner Meinung nach ab? [...] Also ich mein jetzt, dass du das Pendel da rechts auslenkst und dann die Dauer, bis es wieder am selben Punkt rechts ist.</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Wovon hängt das ab?</p> <p>S: Von der Erdanziehungskraft.</p> <p>D: Und das wars oder noch etwas?</p> <p>S: Von dem Gewicht [...] je schwerer desto schneller das Pendel. [...]</p> <p>D: Okay. Sonst noch irgendwelche Größen, die eine Rolle spielen?</p> <p>S: Welche Größen?</p> <p>D: Gut. Ich helf dir etwas auf die Sprünge [...] spielt es eine Rolle wie weit ich das Pendel auslenke?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Spielt die Länge des Pendels eine Rolle?</p> <p>S: [...] Ja[...] Es spielt eine Rolle[...]</p> <p>D: Was würde es bedeuten, wenn du ein längeres Pendel verwenden würdest?</p> <p>S: Dann is [...] Also wenn man den gleichen Winkel nimmt?</p> <p>D: Ja.</p> <p>S: Dann is langsamer [...] schneller.</p> <p>D: Was jetzt? Langsamer oder schneller?</p> <p>S: Nein schneller</p> <p>D: Ahm. Wenn man das Experiment am Mond durchführen würde. Würde sich dann etwas ändern?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Was?</p> <p>S: Es ist weniger Anziehungskraft. Also ist es langsamer</p>	<p>Wegen der Gravitation hängt das Pendel senkrecht nach unten.</p> <p>Das Pendel ist in der Mitte am schnellsten und an den beiden Rändern am langsamsten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Erdanziehungskraft.</p> <p>Je größer die Masse des Pendels ist, desto geringer ist dessen Schwingungsdauer.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist davon abhängig, wie weit man das Pendel auslenkt.</p> <p>Je länger das Pendel ist, desto schneller schwingt es.</p> <p>Je kleiner die Gravitation ist, desto langsamer schwingt das Pendel. Deshalb schwingt das Fadenpendel am Mond langsamer.</p> <p>Auf das Massestück wirken die Gravitation nach unten und die</p>

<p>D: Okay. Dann zum nächsten Versuch. Das daneben. Was kannst du erkennen?</p> <p>S: Hier ist ein Ständer. Und ein Halte [...] Halte [...] Haltevorrichtung halt.</p> <p>D: Ja und abgesehen vom Stativmaterial?</p> <p>S: Ja Stativ kann man es auch nennen. So sagt auch der Professor dazu. Da haben wir wieder so ein Gewicht. Und das ist irgendeine Feder halt.</p> <p>D: Okay. [...] Welche Kraft wirkt auf das Massestück, wenn es so nach unten hängt, wie jetzt gerade?</p> <p>S: Ja die Gravitation wieder.</p> <p>D: Und sonst auch noch etwas?</p> <p>S: [...] Ahm [...] Ja die Feder tuts ja auch noch gleich stark nach oben.</p> <p>D: Das heißt, dass die Feder auch eine Kraft darauf ausübt?</p> <p>S: Äh [...] Ja</p> <p>D: Okay. Angenommen wir würden das Massestück nach unten ziehen. Was könnte dann passieren?</p> <p>S: Dann dehnt sich die Feder [...] und wenn mans wieder los lässt, dann dehnt sichs wieder zusammen.</p> <p>D: Und dann?</p> <p>S: Dann [...] stehts still</p> <p>D: Okay dann versuchen wir das mal.</p> <p>S: Nein doch nicht. Das geht immer so weiter. Es wackelt auf und ab</p> <p>D: Ahm. Wo war das Massestück jetzt am schnellsten?</p> <p>S: Ich glaub das war oben, also in der oberen Hälfte oder?</p> <p>D: [...] Wovon hängt das denn ab, wie schnell das ist?</p> <p>S: Wie groß die Feder ist.</p> <p>D: Hmm</p> <p>S: Und wie schwer das Gewicht ist.</p> <p>D: Wenn wir eine stärkere Feder hätten, wärs dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Schneller</p> <p>D: Und beim Gewicht? Wie würde es sich hier auswirken?</p> <p>S: Wenns schwerer ist, dann langsamer.</p> <p>D: Und wenn wir das Experiment am Mond durchführen würden. Würde sich etwas daran ändern?</p> <p>S: Es wird wahrscheinlich [...] schneller sein.</p> <p>D: Und warum glaubst du das?</p> <p>S: Weils da keine Gravitation gibt. Und weil dort auch nix abbremst. Also kein Luftwiderstand.</p> <p>D: okay hier das letzte Experiment. Wir haben zwei Pendel, die miteinander verbunden sind. Was könnte passieren, wenn ich nur eines davon auslenke?</p> <p>S: Wie auslenk?</p> <p>D: Also ich nehm das erste Fadenpendel und ziehe es in diese Richtung und lasse es dann aus, sodass es zu schwingen beginnt. Was passiert dann?</p> <p>S: [...] Vielleicht, dass das andere auch auswirken darauf hat. Also später als das andere aber es schwingt dann auch [...] in die gleiche Richtung.</p> <p>D: Die gleiche Richtung. Also wenn das außen wäre, dann auch das andere?</p> <p>S: Ja sowas</p> <p>D: Und nach einiger Zeit, wär das dann immer noch so gleichmäßig?</p> <p>S: Ach [...] Na [...] keine Ahnung. Das ist echt schwer</p>	<p>Federkraft nach oben. Diese beiden Kräfte sind gleich groß.</p> <p>Das Massestück ist in der oberen Hälfte schneller, als in der unteren.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Feder und dem Massestück.</p> <p>Je stärker die Feder und je schwerer die Masse, desto schneller schwingt das Pendel.</p> <p>Am Mond schwingt das Pendel schneller, da dort die Gravitation die Bewegung nicht bremst.</p> <p>Die beiden Pendel schwingen in die gleiche Richtung.</p>
---	---

<p>Schülerin 5: weiblich, 14 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>23. Dezember 2016</p>
--	--------------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Was siehst du hier aufgebaut? S: Keine Ahnung D: Nenn mir einfach ein paar Bestandteile des Versuchsaufbaus S: [...] Weiß ich nicht D: Was ist das? S: [...] Faden? D: Gut. Und das? S: [...] Ich kenn mich da nicht aus. D: Das ist eine Kugel, aber die Form ist hier eigentlich unwichtig, es geht nur darum, dass es ein Massestück ist. [...] Wenn der Faden senkrecht nach unten hängt. Welche Kräfte wirken dann auch die Kugel? S: Ähm [...] Die Gravitation? D: Richtig. Angenommen du würdest das nach links auslenken. Was passiert dann? S: Hmm [...] Schwingt halt zurück und so[...] D: Okay und wenn du an das Tempo denkst. Wo ist das Tempo vom Massestück am größten? S: Wenn [...] Kurz nachdem man es auslässt. D: Und wo ist das Tempo am geringsten? S: Wenn man es in der Hand hat, oder am Ende, wenns wieder steht. D: Okay. Dann starten wir den Versuch. [...] Und bleibst du bei deiner Meinung? S: Ja D: Gut. Und würde sich das Tempo ändern, wenn du ein schwereres oder leichteres Massestück verwenden würdest? S: Ja das wär schneller. Also [...] schwerere sind schneller. D: Wir betrachten jetzt, wie lange es dauert, bis die Kugel einmal von links nach rechts und wieder zurück geschwungen ist. Wovon könnte diese Dauer abhängen? S: [...] hmm [...] Na auch vom Gewicht [...] D: Und hängt es von der Länge ab? S: Ja D: Und wie weit wir das auslenken? S: Ja D: Abschließend eine kurze Frage. Wenn wir das Experiment am Mond durchführen würden. Wäre dann etwas anders? S: Es würd nicht funktionieren D: Also würd es gar nicht schwingen? S: Es [...] Nein D: Okay. Dann betrachten wir das nächste Experiment. Was siehst du hier? S: [...] Ähm[...] Keine Ahnung [...] Können Sie mir das erklären? D: [...] Gut. Das ist eine Metallfeder und daran hängt wieder ein Massestück. Das hat hier zwar eine andere Form, aber das soll uns nicht stören. Hast du noch Fragen? S: Nein [...] D: Ich möchte jetzt von dir wissen, welche Kraft hier auf das Massestück wirkt. S: [...] hmm [...] ahm [...] Gravitationskraft nicht oder? D: Es ist ganz egal was du sagst, das wird hier nicht benotet. S: Dann sag ich einfach die Gravitationskraft. D: Okay. Sonst noch eine Kraft, oder wars das? S: [...] sonst keine?</p>	<p>Das Tempo ist zu Beginn am größten.</p> <p>Je größer die Masse ist, desto höher ist die Geschwindigkeit.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Pendellänge und davon, wie weit das Pendel ausgelenkt wird.</p> <p>Am Mond würde das Pendel nicht schwingen.</p>

<p>D: Okay. Was würd passieren, wenn ich das Massestück nach unten ziehe und dann aus lasse?</p> <p>S: Hmm [...] Hmm [...] Dann geht es halt hoch</p> <p>D: und dann?</p> <p>S: Dann geht es wieder runter.</p> <p>D: Und wo ist die Geschwindigkeit deiner Meinung nach hier am größten?</p> <p>S: [...] Ähm [...] Nachdem mans ausgelassen hat</p> <p>D: Und wo ist es am langsamsten?</p> <p>S: Wenns wieder runter sich bewegt.</p> <p>D: Und wovon hängt die Dauer von dem Prozess ab?</p> <p>S: [...] Das hängt von der Masse ab und von der Feder</p> <p>D: Wie weit ich die Feder auseinanderziehe ist dann egal?</p> <p>S: Nein. [...] Das [...] auch noch</p> <p>D: Okay. Dann kurz zu unserem letzten Versuch und dann lass ich dich auch schon in Ruhe. Wir haben hier zwei Pendel, wie beim ersten Versuch und die sind mit einer Schnur und einem Massestück in der Mitte miteinander verbunden. Was würde passieren, wenn ich nur das Linke anstoße und das rechte in Ruhe lasse?</p> <p>S: Ahm [...] beide schwingen irgendwann mal.</p> <p>D: Und gleichmäßig? [...] beide links, beide in der Mitte und dann beide rechts? Oder irgendwie anders?</p> <p>S: Gleich</p>	<p>Die Geschwindigkeit ist am größten, nachdem man die Feder ausgelenkt hat.</p> <p>Bei der Abwärtsbewegung ist das Pendel langsamer als aufwärts.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse und der Auslenkung der Feder.</p> <p>Beide Pendel schwingen nach einiger Zeit in gleicher Phase hin und her.</p>
--	--

Schüler 6: männlich, 14 Jahre, 5. Klasse	12. Jänner 2017
---	-----------------

Interview	Kommentar
<p>D: Kannst du mir etwas zu diesem Versuchsaufbau sagen?</p> <p>S: Also der Versuchsaufbau. Wahrscheinlich schwenkt der Herr Professor das Pendel und lässt es dann aus. Und irgendwo bewegt es sich dann langsamer und irgendwo in der Mitte wird es stehen.</p> <p>D: Okay. Dazu später und welche Bestandteile siehst du?</p> <p>S: Die Schnur und [...] da unten das ist irgendwas schweres.</p> <p>D: Du hast schon einiges gesagt. Also angenommen wir nehmen das Massestück und lassen es hier aus?</p> <p>S: Es schwingt hin und her und dann steht es irgendwa-.</p> <p>D: Warum glaubst du, dass es irgendwann stehen bleibt?</p> <p>S: Weil die Erde eine Gravitation hat und sie stark ist und irgendwann setzt sich die durch.</p> <p>D: Okay. Wir betrachten vorerst nur die Schwingungen. Wo ist dabei das Tempo am größten?</p> <p>S: Ich glaube am Anfang ist es schneller. Also da zwischen dem wo man es auslässt und der Mitte.</p> <p>D: Und wo ist es dann am langsamsten?</p> <p>S: Da wo es umdreht.</p> <p>D: Wir konzentrieren uns jetzt auf folgendes: Wir betrachten das Pendel von rechts nach links und wieder zurück. Wissen will ich vor allem wie lange der Vorgang dauert. Wovon hängt das ab? Also die Dauer?</p> <p>S: Ähm [...] Ob man dem Kraft mitgibt. [...] Und vielleicht wie schwer das ist. [...] Und wie lang die Schnur ist.</p>	<p>Das Pendel bleibt stehen, weil sich die Gravitation irgendwann gegen die Schwingungsbewegung „durchsetzt“.</p> <p>Das Pendel hat zwischen dem Beginn und der Mitte die größte Geschwindigkeit.</p> <p>Das Tempo ist am Umkehrpunkt am geringsten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendellänge und der Masse.</p>

<p>D: Glaubst du ist es schneller oder langsamer, wenn es schwerer ist?</p> <p>S: Ähm. [...] Ich vermute langsamer.</p> <p>D: Wens schwerer ist, dann schwingts langsamer?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Hat es auch eine Auswirkung wie weit ich das nach außen auslenke? Also wie groß der Winkel da ist?</p> <p>S: Ähm [...] Nein</p> <p>D: Also das ist egal. [...] Wenn die Schnur länger wär. Ist es dann langsamer oder schneller? Also dauerts dann länger oder kürzer?</p> <p>S: Die Dauer ist mehr, weils einen längeren Weg hat</p> <p>D: Ahm [...] Noch eine kurze Frage. Wenn das Pendel da nach unten hängt, welche Kraft wirkt da auf die Kugel?</p> <p>S: Ähm [...] Also Newton.</p> <p>D: Die Einheit ist Newton, ja.</p> <p>S: Ja Newton. Aber ich glaub es is wichtig wie schwer das da unten ist. Eine Tafel Schokolade hat ja ungefähr ein Newton. Also ich schätze das Gewicht ist 200g das wären dann 2 Newton.</p> <p>D: Und welche Kraft ist dafür verantwortlich? Wie heißt die?</p> <p>S: Ahm [...] Gravitation?</p> <p>D: Ja Gravitation. [...] Wär das Experiment anders, also würd es anders schwingen, wenn man das am Mond durchführen würde?</p> <p>S: Ja. Da würde es schneller [...] also nicht so schnell in der Mitte stehen bleiben. Da der Mond nicht so eine große Anziehung hat wie die Erde.</p> <p>D: Okay. Dann zum nächsten Versuch. Was siehst du hier? Kannst du mir kurz erklären, wie du dir das vorstellst?</p> <p>S: Also das ist eine Feder an einem Gestell und unten ist wieder so ein Gewicht. Und dieses Gewicht ist wahrscheinlich etwas schwerer. Die Feder wird gedehnt und dann schnellt sie wieder zusammen.</p> <p>D: Also wenn ich das Gewicht nach unten ziehe und dann los lasse. Was würd dann passieren?</p> <p>S: Ja es würd runter und rauf gehen.</p> <p>D: Okay das würd sich bewegen. [...] Und wo ist das deiner Meinung nach am schnellsten?</p> <p>S: es ist gleich schnell.</p> <p>D: Überall gleich schnell?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Wovon hängt die Dauer hier deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Das kommt auf das Gewicht des [...] an. Oder auf die Spannfähigkeit der Feder und wie lang die Feder ist.</p> <p>D: Wirkt sich das irgendwie aus, wenn ich das stärker auslenke? [...] Also auf die Dauer?</p> <p>S: Ähm [...] Ich glaub nicht, da Feder auch wieder abbremst.</p> <p>D: Okay und die letzte Frage dazu. Wie wär das, wenn wir es am Mond durchführen?</p> <p>S: Da wär es glaub ich langsamer. Ähm [...] Da wieder der Mond eine leichtere Anziehungskraft hat.</p> <p>D: Okay. Und wir sind schon beim letzten Experiment. Da haben wir zwei Fadenpendel und die hab ich mit einer Schnur und einem Massestück miteinander verbunden. Was passiert, wenn wir nur eines davon auslenken? Also ich nehm jetzt das Ding und ziehe es so nach innen. Was wird dann passieren?</p>	<p>Je größer die Masse ist, desto langsamer schwingt das Pendel.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist unabhängig vom Auslenkwinkel.</p> <p>Je länger das Pendel ist, desto länger dauert eine Schwingung.</p> <p>Am Mond würde das Pendel länger brauchen, um stehen zu bleiben, da die Gravitation geringer ist.</p> <p>Die Geschwindigkeit bei einer Schwingung ist überall gleich groß.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse der Spannfähigkeit und der Länge der Feder.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Auslenkung.</p> <p>Am Mond würde es langsamer schwingen, da die Gravitation geringer ist.</p>
--	---

<p>S: [...] Ähm. Das verbundene Pendel wird sich senken. [...] Und dann würds wieder hoch</p> <p>D: Also das Mittlere bewegt sich nur nach oben und nach unten. Was würde mit dem anderen Pendel passieren?</p> <p>S: Der würd hin und her [...] also von rechts nach links.</p> <p>D: Und die unteren Pendel. Wären die gleich, oder anders? Wenn der eine links ist, dann auch der andere, oder wäre einer rechts und der andere links?</p> <p>S: Das Zweite</p> <p>D: Also gegengleich?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Und wie würde das nach einiger Zeit aussehen?</p> <p>S: Es wird alles wieder stehen.</p>	<p>Die Pendel schwingen gegengleich.</p>
--	--

Schülerin 7: weiblich, 14 Jahre, 5. Klasse	12. Jänner 2017
---	-----------------

Interview	Kommentar
<p>D: Was siehst du hier? Kannst du dir vorstellen, wie der Versuch aussehen könnte?</p> <p>S: Also in der Mitte ist eine Stange, damit man den Pendel oben dran hängen kann und dann noch der Pendel.</p> <p>D: Und woraus besteht das Pendel?</p> <p>S: Ich glaub das kann aus verschiedenem bestehen. Ich glaub der hier ist aus Metall.</p> <p>D: Also du meinst die Kugel da unten?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Okay und was ist das?</p> <p>S: Das ist ein Seil</p> <p>D: Wenn das so senkrecht nach unten hängt. Welche Kraft wirkt da auf die Kugel?</p> <p>S: Die Schwerkraft?</p> <p>D: Die Schwerkraft und sonst auch noch eine? [...] Du kannst auch sagen, dass keine Kraft mehr wirkt.</p> <p>S: Ich glaub nicht. Ich weiß nicht</p> <p>D: Was würde passieren, wenn du das Massestück nimmst in eine Richtung hältst und dann aus lässt?</p> <p>S: Ja. Er würd hin und her schwingen.</p> <p>D: Genau. Wo ist, glaubst du die Geschwindigkeit am größten?</p> <p>S: Ich glaub immer, wenn er in der Mitte ist. Wenn er von links in die Mitte schwingt und von rechts halt auch.</p> <p>D: Und wo ist es am langsamsten?</p> <p>S: Ganz am Rand. Rechts und links</p> <p>D: Ist die Geschwindigkeit auch irgendwann Null. Also steht das Pendel irgendwo?</p> <p>S: Ja [...] Also irgendwann schwingt er aus. Und da wird er wieder in der Mitte sein.</p> <p>D: Okay. Wovon hängt die Geschwindigkeit deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Von der Kraft [...] Also wie weit man den Pendel nach links oder rechts zieht und wie fest man ihn anstößt.</p> <p>D: Spielt die Masse von dem Ding auch eine Rolle?</p>	<p>Auf die Pendelmasse wirkt die Schwerkraft.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten.</p> <p>An den Rändern ist die Geschwindigkeit am geringsten, trotzdem ist diese nie Null.</p> <p>Die Geschwindigkeit hängt davon ab, wie weit man das Pendel auslenkt, wie schwer die Pendelmasse ist und wie lange das Pendel ist.</p>

<p>S: [...] Ich glaub ja.</p> <p>D: Du glaubst schon. Und die Länge? Also wie lang die Schnur ist?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Das spielt also auch eine Rolle. Wie wär das, wenn die Schnur länger wär? Wärs dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Schneller</p> <p>D: Okay. Wir schauen uns jetzt eine Schwingung an. Das Pendel startet hier schwingt weg und wieder zurück. Man kann die Dauer davon bestimmen. Wovon hängt die deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Wie lang [...] Also wie lang der Pendel ist, und [...] wie schnell, also die Geschwindigkeit.</p> <p>D: Und die Masse ist dann egal oder nicht? [...] Bei der Dauer?</p> <p>S: Ich glaub nicht.</p> <p>D: Okay. [...] Und wie weit du das Pendel auslenkst ist das wichtig für die Dauer?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Also wenn du es weiter auslenkst dauert es dann länger oder weniger lang?</p> <p>S: Länger.</p> <p>D: Und warum ist das so?</p> <p>S: Weil der Weg länger is-.</p> <p>D: Wenn du das Experiment am Mond durchführen würdest. Würde sich irgendetwas ändern?</p> <p>S: Ja [...] Es gibt keine Schwerkraft.</p> <p>D: Und wie würd sich das auswirken?</p> <p>S: Ähm das Pendel würd nicht unten hin und her schwingen, sondern es könnte auch im Kreis oder so.</p> <p>D: Das nächste Experiment haben wir hier. Könntest du mir wieder kurz den Aufbau erklären?</p> <p>S: Also wieder ein Stativ und [...] dann eine Feder, was runter hängt und wahrscheinlich ein Gewicht oder so.</p> <p>D: Was würde passieren, wenn ich das Massestück unten nehme, nach unten ziehe und dann los lasse?</p> <p>S: Ahm. Es wird rauf und runter springen.</p> <p>D: Okay wo ist das dann deiner Meinung nach am schnellsten? [...] Das springt ja rauf und runter. Ist das irgendwo schneller oder ist das überall gleich?</p> <p>S: Ich glaub beim rauf springen ists schneller.</p> <p>D: Und wo genau?</p> <p>S: Wens unten ist.</p> <p>D: Welche Kraft wirkt denn auf das Massestück?</p> <p>S: Auch wieder die Schwerkraft und keine Ahnung.</p> <p>D: Wir betrachten wieder eine Schwingung also einmal runter und wieder rauf. Wovon hängt die Schwingungsdauer da deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Ich glaub [...] wie lang die Feder ist, [...] wie schwer das Gewicht ist und wie weit man es nach unten zieht, bevor man es los lässt.</p> <p>D: Wenn man eine stärkere Feder nehmen würde, wird's dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Ich weiß nicht [...] ich glaub eher langsamer.</p> <p>D: Und bei einem schwereren Massestück?</p> <p>S: Dann würds langsamer schwingen.</p>	<p>Je länger das Pendel ist, desto größer ist dessen Geschwindigkeit.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendellänge und der Geschwindigkeit.</p> <p>Die Masse und die Auslenkung beeinflussen die Schwingungsdauer.</p> <p>Je weiter man das Pendel auslenkt, desto länger dauert eine Schwingung. Der Grund dafür ist der längere Weg, den das Pendel zurücklegen muss.</p> <p>Am Mond würde das Pendel sich vollständig im Kreis drehen, da es dort keine Schwerkraft gibt.</p> <p>Das Pendel ist bei der Aufwärtsbewegung schneller als abwärts.</p> <p>Auf das Massestück wirkt die Schwerkraft.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Länge der Feder und deren Elongation.</p> <p>Je stärker die Feder ist, desto langsamer schwingt das Pendel.</p> <p>Am Versuch würde sich auf dem Mond nichts verändern.</p>
--	---

<p>D: Gut und abschließend die Frage. Wie würd das am Mond aussehen? Wäre da etwas anders, oder alles gleich?</p> <p>S: [...] Ich glaub nicht [...] Ich weiß es nicht</p> <p>D: Kein Problem [...] Okay jetzt zum letzten Experiment. Das schaut im Prinzip so aus. Wir haben hier ein Stativ. Das schaut aus wie ein Fußballtor und daran sind zwei Fadenpendel befestigt. Also solche vom ersten Versuch. Die sind mit einem Faden und einem Massestück miteinander verbunden. Ivh möchte jetzt von dir wissen, was wäre wenn ich nur eines der beiden auslenken würde. Wie wirkt sich das auf das ganze System aus?</p> <p>S: Es hätte eine Auswirkung auf das mittlere und weil das sich dann auch bewegt hätte es auch eine Auswirkung auf das rechte Pendel.</p> <p>D: Okay und wie würde das nach einiger Zeit aussehen?</p> <p>S: Ich weiß es nicht</p>	<p>Die Pendel beeinflussen sich gegenseitig.</p>
---	--

<p>Schülerin 8 : weiblich, 15 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>19. Jänner 2017</p>
---	------------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Das hier ist der Versuchsaufbau eines Fadenpendels. Könntest du mir kurz die Bestandteile erklären?</p> <p>S: Nein.</p> <p>D: Also hast du das alles noch nie gesehen?</p> <p>S: Nein nicht wirkli-.</p> <p>D: Okay ich erklär dir kurz. Das ist ein Stativ. Das braucht man, damit man den Faden hier aufhängen kann und am Faden hängt ein Massestück. [...]</p> <p>Wenn der Faden so gerade ach unten hängt. Welche Kraft oder welche Kräfte wirken dann auf das Massestück?</p> <p>S: [...] Weiß ich nicht</p> <p>D: Okay. Dann eine andere Frage. Was würde passieren, wenn ich das hier leicht auslenke? Also ich nehm das Massestück und ziehe es etwas zur Seite und lass es dann aus.</p> <p>S: Wenn ichs los lasse dann fallts wieder runter.</p> <p>D: Also es kommt wieder zur Mitte?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Und dann?</p> <p>S: Dann schwingt es wieder zurück.</p> <p>D: Wo ist das Tempo hier am größten, wenn das so hin und her schwingt?</p> <p>S: Am Anfang also ganz links.</p> <p>D: Und wo ist das Tempo am geringsten?</p> <p>S: Wenns wieder [...] Mhm in der Mitte.</p> <p>D: Ähm Wovon hängt die Geschwindigkeit deiner Meinung nach ab?</p>	<p>Das Tempo ist dort am größten, wo man das Pendel los lässt.</p> <p>Das Tempo ist in der Mitte am kleinsten.</p>

<p>S: Wie stark man es wahrscheinlich weg [...] dingst. D: Spielt es eine Rolle wie lang das Pendel ist? S: Wahrscheinlich. Keine Ahnung. D: Nicht alles, was ich sage ist auch richtig. Also spielt es deiner Meinung nach eine Rolle? S: Nein [...] das ist glaub ich egal. [...] Weiß ich nicht. D: Und spielt es eine Rolle wie schwer das Ding da unten ist? S: Ja. D: Ähm. Wie weit ich das auslenk? S: Ja. D: Spielt die Farbe des Fadens eine Rolle? S: Nein. Natürlich nicht. D: Wenn das so hin und her schwingt könnte es interessant sein wie lange es dauert. Bis das Pendel einmal hin und zurück geschwungen ist. Wovon könnte die Dauer abhängen? S: Weiß ich nicht. D: Also geh mas nochmal durch. [...] Von der Farbe des Fadens? S: Nein D: Von der Pendellänge? S: Nein. D: Von der Masse? S: Vielleicht, Ja [...] Keine Ahnung woher soll ich das wissen? [...] Ich rat nur. D: Ja das ist vollkommen in Ordnung. Wie weit ich das auslenke? S: Ja. D: Ähm. [...] Wenn du das Experiment jetzt nicht hier durchführst. Also beispielsweise auf einem anderen Planeten, oder am Mond. Wie würd sich das auswirken? S: Weiß ich nicht. D: Kannst du dir etwas zu diesem Pendel vorstellen? S: Wahrscheinlich geht das so rauf und runter und nicht links und rechts. D: Okay. Und woraus besteht das Pendel? S: Aus einer Feder und dem Gewicht D: Vollkommen richtig. Was würde passieren, wenn ich das Massestück so nach unten ziehe und dann los lasse? S: Ja dann würds wieder rauf. D: Und dann? S: Ja wieder runter. D: Also haben wir hier wieder so eine schwingende Bewegung. Vorhin von links nach rechts und jetzt von oben nach unten. Wovon hängt die Geschwindigkeit hier ab? S: Wahrscheinlich wie weit und wie fest man das runter zieht. D: Spielt die Masse eine Rolle? S: Nein. D: Spielt die Feder eine Rolle? Also wie stark oder wie groß die Feder ist. S: Vielleicht [...] Ja. D: Welche Farbe die Feder hat? S: Nein. D: Wenn ich eine stärkere Feder verwende, schwingt das dann schneller oder langsamer? S: Weiß ich nicht. D: Wenn ich etwas schwereres nehme, schwingt es dann schneller oder langsamer?</p>	<p>Die Pendellänge beeinflusst die Geschwindigkeit nicht.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse und der Auslenkung.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Pendellänge.</p> <p>Die Auslenkung und die Masse beeinflussen die Schwingungsdauer.</p> <p>Die Geschwindigkeit hängt davon ab, wie weit („fest“) die Feder auseinandergezogen wird.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist unabhängig von der Masse.</p> <p>Die Bauart der Feder wirkt sich auf die Geschwindigkeit aus.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der</p>
---	---

<p>S: Weiß ich nicht. D: Wieder zur Schwingung. Also ich mein wie lange eine Schwingung dauert. Wovon hängt das hier ab? S: Keine Ahnung. D: Okay dann geh mas wieder durch. Von der Feder? S: Mhm [...] Ja D: Von der Masse? S: Ja. D: Von der Auslenkung. Also wie weit ich das Massestück nach unten ziehe? S: Ja wahrscheinlich auch das. D: Von der Farbe der Feder? S: Nein. D: Von der Größe des Stativs? S: Nein. D: Wenn ich den Versuch am Mount Everest durchführen würde, wär dann etwas anders oder nicht? S: Keine Ahnung. D: Eine kleine Vermutung? S: Nein. Ich weiß es nicht. D: Nun zum letzten Versuch. Wir haben hier ein Stativ und darauf hängen zwei Fäden mit einem Massestück und die zwei sind wieder mit einem Faden und einem Massestück miteinander verbunden. Was passiert, wenn ich nur eines davon auslenke? S: Wie? D: Also wenn man das nimmt und so nach innen zieht. Was wird dann passieren? S: Ja [...] Wahrscheinlich wird das so [...] auf und zu gehen. D: Also das in der Mitte würde sich auch mitbewegen? S: Ja. D: Und hätte es auf das dritte auch eine Auswirkung? S: Keine Ahnung. D: Ja stell dir vor: die zwei bewegen sich. Was mach dann das dritte? S: Ja wahrscheinlich auch. D: Und wie beeinflussen die sich? Also das erste ist beispielsweise links, wo sind dann die anderen beiden? S: [...] hmm [...] Auch links.</p>	<p>Federkonstante und der Deformation der Feder.</p> <p>Das linke Pendel beeinflusst das mittlere und dieses beeinflusst das rechte Pendel.</p> <p>Die drei Pendel schwingen gleichphasig hin und her.</p>
--	--

Schüler 9 : männlich, 14 Jahre, 5. Klasse	19. Jänner 2017
--	-----------------

Interview	Kommentar
<p>D: Zu Beginn haben wir den Versuch eines Fadenpendels aufgebaut. Wie könnte der Versuch deiner Meinung nach ausschauen? Welche Bestandteile erkennst du? S: Ja da hinten ist ein Ständer, an dem der Faden mit dem Pendel dran gehängt wird. [...] und das ist ein Faden und eben Pendel. D: Richtig. Wenn das Pendel jetzt senkrecht nach unten hängt. Also so. Welche Kraft wirkt dann unten auf die Kugel? S: Weiß ich nicht.</p>	

<p>D: weißt du nicht [...] Was würde passieren, wenn du das Massestück nimmst und so nach außen auslenkst und dann loslässt? [...] Was könnte dann passieren?</p> <p>S: [...] Ich weiß ni-.</p> <p>D: Okay. Einfach gesagt. Würd das da draußen stehen bleiben?</p> <p>S: Nein es fällt ja wieder zurück und dann fällt es in die andere Richtung. [...]</p> <p>Ja</p> <p>D: Das heißt es ist jetzt da und dann lässt du es aus [...] dann ist es da und dann?</p> <p>S: Wieder zurück, aber es wird halt immer weniger.</p> <p>D: Es ist dann also so und dann geht's vielleicht nur bis da her und so weiter?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Also die Auslenkung wird immer weniger. Dieser Winkel wird immer kleiner?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Okay. Wir schauen uns jetzt den Prozess von da, da rüber und wieder zurück an. Wo ist da die Geschwindigkeit am größten?</p> <p>S: Wenns da wieder zurück geht.</p> <p>D: Also da? Ein bisschen über der Mitte?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Ähm und wo ist die Geschwindigkeit am kleinsten?</p> <p>S: Wenns da hin geht.</p> <p>D: Also nachdem wir es loslassen und auf dem Weg zur Mitte?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Wovon hängt die Geschwindigkeit deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Ich weiß ni-.</p> <p>D: Hängts von der Farbe des Fadens ab?</p> <p>S: Nein. Wahrscheinlich wie schwer das Pendel ist.</p> <p>D: Hängts von der Länge des Pendels ab?</p> <p>S: Nein.</p> <p>D: Hängts davon ab, wie weit du das unten auslenkst?</p> <p>S: Ja ich glaub schon.</p> <p>D: Du glaubst schon. Wenn du es weiter auslenken würdest, wäre es dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Schneller.</p> <p>D: Okay. Wir betrachten das selbe wieder. Also das Pendel schwingt von da weg und wieder zurück. Interessant ist dabei die Dauer davon. Also wie lange das Pendel dafür braucht, bis es wieder zum Ausgangsort zurückgekehrt ist. Wovon hängt diese Dauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: [...] Mhm [...] Ja wie schwer das Pendel ist, weil wenns leichter ist, dann geht das ja viel schneller, als wenns schwerer ist.</p> <p>D: Hängt es auch davon ab, wie lange der Faden ist?</p> <p>S: Ich weiß es nicht. [...] Vielleicht. [...] Ja.</p> <p>D: Und wie weit du das Pendel auslenkst?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Gut. Was wäre, wenn du das Experiment wo anders durchführst? Nicht da sondern zum Beispiel am Mount Everest oder am Mond? Wär dann irgendwas anders oder wär das gleich?</p> <p>S: Nein es wär was anders [...] aber [...]</p> <p>D: Was wäre denn anders? Würde es schneller schwingen oder langsamer, oder vielleicht auch gar nicht?</p> <p>S: Es ist langsamer und es würd länger dauern.</p>	<p>Das Pendel verliert mit jeder Schwingung an Höhe.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist kurz nach der Mitte am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist zu Beginn (am Rand) am kleinsten.</p> <p>Die Masse beeinflusst die Geschwindigkeit.</p> <p>Die Pendellänge beeinflusst die Geschwindigkeit nicht.</p> <p>Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto höher ist dessen Tempo.</p> <p>Je leichter das Pendel ist, desto schneller schwingt es.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Länge und der Auslenkung.</p> <p>Am Mond und Mount Everest würde eine Schwingung länger dauern.</p>
--	---

<p>D: Okay. Das zweite Experiment. Das konnte ich leider nicht aufbauen, weil die Federn jemand brauchte. Dafür habe ich hier eine Versuchsskizze. Kannst du dir darunter etwas vorstellen?</p> <p>S: Ja das ist wieder so ein Ständer, wo man etwas dran hängen kann. Dann eine Feder, wo unten wieder ein Pendelgewicht dran hängt.</p> <p>D: Okay. Was würd passieren, wenn ich das nach unten ziehe, das Massestück?</p> <p>S: Dann geht die Feder auseinander.</p> <p>D: Und wenn ich es los lasse?</p> <p>S: Dann geht's wieder nach oben.</p> <p>D: Dann?</p> <p>S: Wieder runter.</p> <p>D: Man kann also hier auch von einer Schwingung sprechen, von einer Pendelbewegung. Wo ist da die Geschwindigkeit deiner Meinung nach am größten?</p> <p>S: Wenn man es auslässt und es wieder hoch geht.</p> <p>D: Was wäre, wenn wir ein schwereres Massestück verwenden?</p> <p>S: Es würd weiter nach unten gehen.</p> <p>D: Wärs dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Schneller.</p> <p>D: Und wenn man eine andere Feder nimmt, eine stärkere beispielsweise?</p> <p>S: Dann wärs langsamer. Die dämpft ja.</p> <p>D: Ähm. Wir schauen uns jetzt an wie lange es dauert, dass das Massestück von unten nach oben und dann wieder nach unten schwingt. Wovon hängt diese Dauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: [...] Weiß ich nicht.</p> <p>D: Von der Farbe der Feder? Von der Höhe des Stativs?</p> <p>S: Wie stark die Feder ist [...] Also wie weit sich da so ausdehnt.</p> <p>D: Wovon noch? Oder wars das?</p> <p>S: Wie schwer das Pendel ist. [...]</p> <p>D: Hängt es davon ab, wie weit ich es nach unten ziehe?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Dauerts dann länger oder kürzer?</p> <p>S: Länger.</p> <p>D: Abschließend. Wie wäre es wenn wir das Experiment am Mond durchführen? Wie wär es dort?</p> <p>S: Da würds nicht funktionieren.</p> <p>D: Okay warum nicht?</p> <p>S: Weiß ich nicht.</p> <p>D: Was ist am Mond anders?</p> <p>S: [...] Ja da [...] kann ja keiner stehen, da schwebt alles in der Luft und da [...] ja</p> <p>D: Okay das letzte Experiment. Das ist ein Stativ und vorne hängt ein Fadenpendel und hinten hängt ein Fadenpendel. Die beiden Pendel sind wieder mit einem Faden verbunden und auf dem hängt ein Massestück. Ich will von dir jetzt wissen [...] Was wird passieren, wenn ich das Pendel auslenk?</p> <p>S: Mhm.</p> <p>D: Also wenn ich das jetzt nehme so nach innen ziehe und dann auslasse.</p> <p>S: Dann würd sich das Massestück weiter zum anderen hin [...]</p> <p>D: Also wie würd das dann ausschauen? Du kannst es mir ruhig zeigen.</p>	<p>Bei der Aufwärtsbewegung ist die Geschwindigkeit am größten.</p> <p>Je schwerer das Massestück ist, desto höher ist das Tempo des Pendels.</p> <p>Eine stärkere Feder dämpft die Schwingungsbewegung, dadurch ist die Geschwindigkeit geringer.</p> <p>Die Federkonstante, die Masse und die Auslenkung beeinflussen die Schwingungsdauer.</p> <p>Je weiter die Feder auseinandergezogen wird, desto länger dauert eine Schwingung.</p> <p>Am Mond würde das Experiment nicht funktionieren, weil dort alles in der Luft schwebt.</p>
---	--

<p>S: Ja dann geht das so rüber und dann zurück, bis es irgendwann wieder gerade ist.</p> <p>D: Okay. Und wirkt sich das auf die anderen beiden auch aus?</p> <p>S: Auf das Massestück?</p> <p>D: Ja bleibt das so, oder würde sich das auch bewegen?</p> <p>S: Ja schon. Es bewegt sich auch.</p> <p>D: Und das rechte?</p> <p>S: Das bleibt so. Das bewegt sich ni-.</p> <p>D: Wenn man eine kurze Zeit wartet, wie wird das dann sein? Bewegen sich dann alle drei Massestücke oder nur eines oder gar keines?</p> <p>S: Ja es bewegt sich und dann bleibt es ziemlich bald stehen und dann is wieder so wie jetzt.</p>	<p>Das erste Pendel regt die anderen auch dazu an, sich zu bewegen.</p> <p>Nach kurzer Zeit stehen alle drei Massestücke wieder still.</p>
--	--

Schülerin 10 : weiblich, 14 Jahre, 5. Klasse	17. Februar 2017
---	------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Da haben wir einen Versuch aufgebaut, ein Fadenpendel. Wie würdest du den Aufbau beschreiben?</p> <p>S: Äh. Keine Ahnung. Faden.</p> <p>D: Einen Faden. Was noch?</p> <p>S: Ahm [...] irgendwas was man auf den Faden halt drauf hängt.</p> <p>D: Ja das nennen wir Massestück. [...] Okay und ein Stativ, wo wir es aufhängen können.</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Wenn der Faden so nach unten hängt, senkrecht, wirkt da eine Kraft oder mehrere Kräfte auf das Massestück da unten?</p> <p>S: Äh [...] Ja ich nehm mal an</p> <p>D: Weißt du auch welche Kraft das ist, also ob die einen Namen hat?</p> <p>S: Nein.</p> <p>D: Okay. Was wird passieren, wenn ich das Massestück nehme und in eine Richtung auslenke? Also ich nehme das ziehe es nach außen und dann lasse ich es aus. Was wird dann passieren?</p> <p>S: Es schwingt.</p> <p>D: Wie schaut das aus, wenns schwingt? Kannst du das kurz beschreiben?</p> <p>S: Ja es schwingt so hin und her.</p> <p>D: Wo ist das Tempo am größten, wenns hin und her schwingt?</p> <p>S: Ich nehm an, wenns grad da ist.</p> <p>D: Also zwischen dem Loslassen und der Mitte. Wo ist es da schneller? Eher am Anfang oder bei der Mitte?</p> <p>S: Äh [...] Eher am Anfang.</p> <p>D: Wo ist es denn am langsamsten?</p> <p>S: Ähm ganz oben. Also ganz da [...] vielleicht.</p> <p>D: Am Umkehrpunkt, nur da oder sonst auch noch wo?</p> <p>S: Auf beiden Seiten.</p> <p>D: Wir bezeichnen das als eine Schwingung. Also einmal von links nach rechts und wieder zurück nach links. Interessant ist meistens wie lang eine Schwingung dauert, vor allem bei einer Pendeluhr zum Beispiel. Wovon hängt denn das ab? [...] die Schwingungsdauer.</p>	<p>Das Pendel ist, nachdem man es loslässt am schnellsten.</p> <p>Das Pendel ist an den beiden Umkehrpunkten am langsamsten.</p> <p>Je stärker man das Pendel anstößt, desto kürzer dauert eine Schwingung.</p>

<p>S: Also, ich nehme mal an wie [...] wie fest [...] wie fest du den [...] Körper anstoßt und sonst [...] ja ich weiß nicht.</p> <p>D: Okay eine Gegenfrage: hängt es vom Stativ ab, also welches Stativ ich verwende?</p> <p>S: Also. [...] Wie jetzt?</p> <p>D: Spielt es eine Rolle wo das Pendel aufgehängt wird? Schwingt es schneller oder langsamer, wenn ich da ein anderes Material verwende?</p> <p>S: Keine Ahnung</p> <p>D: Schwingt schneller oder langsamer, wenn der Faden länger ist?</p> <p>S: Ja vielleicht. [...] Ich könnte mir vorstellen, dass es schneller schwingt, wenn der Faden kürzer ist.</p> <p>D: Was bedeutet das für die Dauer einer Schwingung?</p> <p>S: Die ist dann [...] kürzer.</p> <p>D: Wie wäre es, wenn du ein schwereres Massestück verwendest? Wie wär das dann?</p> <p>S: Ähm. Ja ich glaube es schwingt [...] schneller, wenns schwerer ist.</p> <p>D: Und wenn man weiter auslenkt?</p> <p>S: Ja dann wird die Dauer länger sein. [...] Nehm ich an.</p> <p>D: Wenn du das Experiment am Mond durchführst, wär dann irgendwas anders?</p> <p>S: Ja, ich nehme mal an, aber ich kann jetzt nicht wirklich sagen was.</p> <p>D: Hier ist das nächste Experiment. Was würde passieren, wenn ich das Massestück nach unten ziehe und dann los lasse?</p> <p>S: Ja es würd dann wahrscheinlich nach oben schwingen und dann [...] wahrscheinlich nachschwingen.</p> <p>D: Okay. Wieder zum Tempo. Wo ist das deiner Meinung nach am schnellsten?</p> <p>S: Äh [...] Ich nehme an kurz nachdem man runter gezogen hat.</p> <p>D: Also kurz nachdem man es auslässt?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Und zur Dauer, also einmal runter, rauf und wieder runter, [...] Wovon könnt die abhängen?</p> <p>S: Ja [...] ich glaube, wie stark und weit du das halt nach unten ziehst.</p> <p>D: Und sonst auch noch etwas? Oder ist das der einzige Einflussfaktor?</p> <p>S: Ja [...] wahrscheinlich auch von der Feder. Ich weiß nicht [...]</p> <p>D: Also wenn du eine stärkere Feder nimmst?</p> <p>S: Dann würds weniger schwingen.</p> <p>D: Und wärs dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: [...] Langsamer.</p> <p>D: Und wenn die Masse unten größer wäre?</p> <p>S: Dann ist es schneller.</p> <p>D: Okay, zur letzten Frage. Das ist ein gekoppeltes Pendel. Du hast da ein Fadenpendel und da ein Fadenpendel und in der Mitte sind die mit einem Faden miteinander verbunden und daran hängt auch ein Massestück.</p> <p>S: Mhm.</p> <p>D: Wenn ich das nehme und es zum Pendeln anrege, passiert dann irgendetwas mit dem Ganzen oder bleibt das alles so, wie es ist?</p> <p>S: Wie? Was? Nochmal, was war?</p> <p>D: Ich nehme das und lenke das so aus wie beim ersten Versuch. [...] Was geschieht dann mit den anderen Massestücken? Ganz kurz.</p> <p>S: Ähm [...] Keine Ahnung.</p>	<p>Je kürzer der Faden ist, desto schneller schwingt das Pendel. Deshalb ist die Schwingungsdauer dann kleiner.</p> <p>Je größer die Masse ist, desto schneller schwingt das Pendel. Je weiter man das Pendel auslenkt, desto länger dauert eine Schwingung.</p> <p>Das Experiment wäre am Mond anders, als auf der Erde.</p> <p>Das Tempo ist bei der ersten Aufwärtsbewegung am größten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist davon abhängig, wie weit die Feder auseinandergezogen wird.</p> <p>Je stärker die Feder ist, desto langsamer schwingt sie.</p> <p>Je größer die Masse ist, desto schneller schwingt das System.</p>
--	--

Interview	Kommentar
<p>D: Okay. Da siehst du einen Versuchsaufbau für ein sogenanntes Fadenpendel. Kannst du mir den Aufbau erklären?</p> <p>S: Ähm [...] Also eine Kugel an einem Faden [...] ähm und der hängt an so einer Stange frei.</p> <p>D: Okay. Wenn das nach unten hängt, der Faden mit der Kugel dran, welche Kräfte wirken dann auf die Kugel?</p> <p>S: Ähm die Gravitationskraft.</p> <p>D: Und sonst noch eine Kraft?</p> <p>S: Ja eine schon noch, aber mir fällt's nicht ein. [...] Nach oben wirkt die, weil es hängt [...] Na ich weiß nicht.</p> <p>D: Es müsst eine Gegenkraft geben, meinst du das?</p> <p>S: Genau. Wenn man das vorgesagt bekommt ist es leicht.</p> <p>D: Haha ja das ist meistens so [...] Wenn man die Kugel auslenkt, was würde dann passieren?</p> <p>S: Ja es wird sich bewegen, zurückschwingen und dann irgendwann stehen bleiben.</p> <p>D: Mhm [...] während der Bewegung, wo denkst du ist die Geschwindigkeit am größten?</p> <p>S: In der Mitte.</p> <p>D: Und wo ist die Geschwindigkeit am klein-?</p> <p>S: Da und da. Also am Rand</p> <p>D: Okay, ist die Geschwindigkeit irgendwann Null?</p> <p>S: Ja ganz am Anfang, beim Zeitpunkt Null.</p> <p>D: Okay [...]</p> <p>S: Und es müsst noch bei dem Zeitpunkt, wo es ganz drüben ist Null sein.</p> <p>D: [...] Man nützt solche Pendel ja unter anderem dafür, um Uhren zu bauen. Und da ist es interessant wie lang eine Schwingung dauert. Wovon hängt diese deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: [...]</p> <p>D: Also welche Größen treten hier auf?</p> <p>S: Ja, die Fadenlänge, die Kugel [...]</p> <p>D: Was ist bei der Kugel hier möglicherweise interessant?</p> <p>S: Ahm. Die Masse.</p> <p>D: Ja. Und man könnte auch variieren, wie weit man das Pendel auslenkt. Von welchen Größen hängt dann deiner Meinung nach die Dauer ab?</p> <p>S: Pff [...] Von allen dreien.</p> <p>D: Von allen dreien?</p> <p>S: Obwohl bei der Fadenlänge bin ich mir nicht sicher.</p> <p>D: Ja was würdest du sagen, wenn der Faden länger ist, beeinflusst das die Dauer, schwingt es dann länger oder kürzer? Also stell dir Extrema vor. Einmal hast du ein so kurzes Pendel und einmal ein fünf Meter langes Pendel. Ist da die Dauer gleich?</p> <p>S: Ja das spielt auch eine Rolle.</p> <p>D: Das heißt?</p> <p>S: Es hängt von allem ab.</p> <p>D: Wie ist das ähm prinzipiell, fallen schwere Sachen schneller zu Boden als leichte?</p>	<p>Auf das Massestück wirken zwei Kräfte, die Gravitation nach unten und deren Gegenkraft nach oben.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist am Rand am kleinsten. Dort ist sie Null.</p> <p>Die Schwingungsdauer hängt von der Fadenlänge und der Auslenkung ab.</p> <p>Schwere und leichte Gegenstände fallen gleich schnell zu Boden.</p> <p>Die Masse beeinflusst die Schwingungsdauer nicht.</p>

<p>S: Nein.</p> <p>D: Wenn du an das denkst. Wird dann die Masse eine Rolle spielen [...] in Bezug auf die Dauer?</p> <p>S: Ich glaub nicht [...] aber [...] ich glaub nicht.</p> <p>D: Angenommen wir würden das wo anders durchführen, am Mount Everest oder am Mond. Wie würd sich das ändern? Wäre etwas anders?</p> <p>S: Ähm die Gravitation.</p> <p>D: Und wie wirkt sich das aus? Hat das einen Einfluss auf die Dauer und die Geschwindigkeit?</p> <p>S: Ja</p> <p>D: Und welchen?</p> <p>S: Ich glaub es ist dann weniger schnell und [...] die Schwingung dauert länger.</p> <p>D: Gut, das zweite Experiment ist das Federpendel. Kannst du mir wieder kurz erklären, wie der Versuch aufgebaut ist?</p> <p>S: Wieder einen frei stehenden Stab. [...]</p> <p>D: Ja ein Stati-.</p> <p>S: Stativ, ja. Eine Feder und [...] so was wie die Kugel da.</p> <p>D: [...] In dem Fall lenkt man die Feder nicht nach links oder rechts aus, sondern man zieht sie nach unten. Was passiert dann?</p> <p>S: Sie würd wieder nach oben gehen und dann nach unten.</p> <p>D: Wir schauen uns jetzt die erste Schwingung an. Also von unten, nach oben und nach unten. Wo ist da die Geschwindigkeit deiner Meinung nach am größten?</p> <p>S: Ähm [...] Mhm [...] Ich bin mir nicht ganz sicher wie sich das mit der Feder auswirkt. Ich würd sagen da so, ziemlich in der Mitte aber eher oben.</p> <p>D: Wenn es sich rauf bewegt oder runter?</p> <p>S: Wenn sich rauf bewegt.</p> <p>D: Okay, wieder die Frage nach der Dauer. Wovon hängt die Dauer hier ab?</p> <p>S: [...] Die Feder, wie stark ich nach unten ziehe, [...] ähm ich glaub da kommt es auf die Masse an, nicht so wie vorhin.</p> <p>D: Was wäre, wenn ich das am Mond durchführe?</p> <p>S: Dann wäre es glaub ich schneller.</p> <p>D: Das letzte Experiment. Hier haben wir ein Stativ, das schaut aus wie ein Fußballtor, und daran hängen zwei Fadenpendel. Die beiden sind in der Mitte mit einer Schnur und einem Massestück miteinander verbunden. Ich möchte jetzt wissen, was passiert, wenn ich das Pendel leicht anstoße, sodass es schwingt. [...] Wie wirkt sich das auf die anderen beiden aus?</p> <p>S: Die würden auch schwingen.</p> <p>D: Und wenn man einige Zeit wartet. Wie sieht das dann aus?</p> <p>S: Also das würd dann weniger stark schwingen.</p> <p>D: Also das erste Pendel würde am stärksten schwingen?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Und wie würden die schwingen. So synchron oder irgendwie anders?</p> <p>S: Ja so beide links und dann rechts.</p> <p>D: Und das in der Mitte?</p> <p>S: Das würd auch so mitschwingen.</p>	<p>Die Erde unterscheidet sich vom Mond durch die Gravitation.</p> <p>Wegen der kleineren Gravitation ist die Schwingungsdauer am Mond länger und die Geschwindigkeit geringer.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist etwas über der Mitte am größten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Federkonstante und der Auslenkung der Feder.</p> <p>Das Federpendel würde am Mond schneller schwingen als auf der Erde.</p> <p>Die Pendel schwingen zwar gleichphasig hin und her, allerdings ist die Auslenkung bei allen Pendeln unterschiedlich groß.</p>
<p>Schüler 12 : männlich, 15 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>23. Februar 2017</p>

Interview	Kommentar
<p>D: Also zu Beginn haben wir da einen Versuch aufgebaut. Es handelt sich um ein Fadenpendel. Wie würdest du den Aufbau beschreiben?</p> <p>S: Ja an dem Haken ist eine Schnur befestigt mit einer Kugel [...] aus Metall [...] angebunden.</p> <p>D: Okay. Die nächste Frage: Wenn das da jetzt so nach unten hängt, die Schnur ist also senkrecht, welche Kraft wirkt dann auf die Masse der Kugel?</p> <p>S: Gravitation</p> <p>D: Ja. Sonst noch eine oder keine mehr?</p> <p>S: [...] Keine Ahnung.</p> <p>D: Kein Problem. Ähm Wenn wir jetzt die Kugel nehmen und so auslenken, wie ich es mache. Was wird passieren, wenn ich sie los lasse?</p> <p>S: Es würd zurück beschleunigen und in die andere Richtung schwingen [...] und dann wieder zurück [...] bis es irgendwann wieder in der Mitte zum Stillstand kommt.</p> <p>D: Ja und jetzt konzentrieren wir uns nur auf die erste Schwingung. Also wir lassen es los, dann kommt die Kugel zur anderen Seite und von dort wieder zurück. Wo ist bei dem da die Geschwindigkeit deiner Meinung nach am größten?</p> <p>S: In der Mitte.</p> <p>D: Gut und wo ist die am kleinsten?</p> <p>S: Ganz rechts.</p> <p>D: Okay. Ist die Geschwindigkeit irgendwo Null? [...] Auch wenn es nur ein ganz kurzer Zeitpunkt ist.</p> <p>S: Ich glaub dann wens hin schwingt und wieder zurück [...] und dazwischen ist ein ganz kurzer Stillstand.</p> <p>D: Also ganz am Rand, wo es maximal ausgelenkt ist?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Okay. Wovon hängt die Geschwindigkeit deiner Meinung nach ab? [...] Die das Massestück hat.</p> <p>S: Vom Gewicht.</p> <p>D: Okay, Hängt es davon ab, wie lang der Faden ist?</p> <p>S: Ich glaub nicht.</p> <p>D: Also [...] Hängts davon ab, wie weit ich das auslenke, also um welchen Winkel ich das auslenke?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Was denkst du? Je größer der Winkel, desto größer oder kleiner ist die Geschwindigkeit?</p> <p>S: Desto größer ist die Geschwindigkeit.</p> <p>D: Ja [...] Man kann dieses Prinzip auch für Uhren verwenden, also für Pendeluhren. Da ist dann hauptsächlich interessant wie lange eine Schwingung dauert. Wovon könnte die Dauer abhängen?</p> <p>S: [...] Hmm [...] Weiß ich nicht.</p> <p>D: Würdest du sagen, dass die von der Masse abhängt?</p> <p>S: Kann sein, ja.</p> <p>D: Von der Länge des Fadens?</p> <p>S: Das glaub ich nicht.</p> <p>D: Und [...] vom Winkel?</p> <p>S: Auch.</p> <p>D: Also je größer der Winkel ist, desto länger oder kürzer dauert eine Schwingung?</p> <p>S: Desto länger dauerts.</p>	<p>Wegen der Gravitation hängt das Massestück senkrecht nach unten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten und an den Rändern am kleinsten.</p> <p>An den Umkehrpunkten ist die Geschwindigkeit Null.</p> <p>Die Masse beeinflusst die Geschwindigkeit.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist unabhängig von der Fadenlänge.</p> <p>Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto größer ist dessen Geschwindigkeit.</p> <p>Die Schwingungsdauer hängt von der Masse ab.</p> <p>Die Länge des Fadens beeinflusst die Schwingungsdauer nicht.</p> <p>Je größer der Auslenkwinkel ist, desto länger dauert eine Schwingung.</p>

<p>D: Okay, zum Abschluss dieses Experiments: Wenn man das wo anders durchführen würde, also am Mount Everest oder am Mond, was wär dann anders? [...]</p> <p>S: Hmm [...]</p> <p>D: Also in Bezug auf die Schwingungsdauer zum Beispiel. Wär die kürzer, länger oder gleich? Und warum wär das so?</p> <p>S: Also ich glaub auf jeden Fall es wär dann länger, weil die Gravitation am Mond und am Mount Everest nicht so stark ist, [...] weil man ja weiter oben ist. Dadurch wird das dann eben nicht so stark angezogen und deswegen kann nicht so eine hohe Geschwindigkeit aufgebaut werden und drum dauerts länger.</p> <p>D: Gut. Das nächste Experiment ist ein Federpendel. Das habe ich hier nur skizziert, weil der Herr Professor Zeller die Federn brauchte. Kannst du mir kurz erklären, wie du dir den Aufbau eines Federpendels in der Realität vorstellst?</p> <p>S: [...] Ähm für mich sieht das aus, als würd etwas am Boden stehen [...] auf jeden Fall.</p> <p>D: Ja das wäre das Stativ, bis da rauf.</p> <p>S: Genau und daran ist eine Feder festgebunden mit einem Gewicht.</p> <p>D: Wenn die Feder mit dem Gewicht so unten dran hängt. Welche Kraft wirkt dann auf das Gewicht? [...] Also auf das Massestück da unten.</p> <p>S: Die Gravitation.</p> <p>D: Übt die Feder auch eine Kraft auf das Massestück aus?</p> <p>S: Ich glaub schon, also [...] also das Gewicht wird dann zurückgezogen.</p> <p>D: In dem Fall ist die Schwingung nicht in horizontaler, sondern in vertikaler Richtung. Das heißt man zieht das Massestück nach unten und lässt es los. Was wird passieren, wenn man es los lässt?</p> <p>S: Also es wird zurück geworfen [...] nach oben, weils von der Feder zurückgezogen wird.</p> <p>D: Wie weit wird's zurückgezogen?</p> <p>S: Es kommt darauf an, wie weit es nach unten gezogen wird.</p> <p>D: Also ich zieh das beispielsweise 5 cm nach unten.</p> <p>S: Dann geht's auch 5 cm nach ob-.</p> <p>D: Also wieder zum Ausgangspunkt zurück?</p> <p>S: Nein 5cm über die Mitte denke ich.</p> <p>D: Okay wir schauen uns jetzt genau eine Schwingung an. Also von unten nach oben und wieder runter. Wo ist da die Geschwindigkeit deiner Meinung nach maximal?</p> <p>S: [...] Ähm [...] Ich glaub so zwischen Mitte und Ende.</p> <p>D: Beim runterfallen?</p> <p>S: Genau</p> <p>D: Und wovon hängt die Geschwindigkeit ab?</p> <p>S: Ähm, also von der Größe der Feder [...] vom Gewicht ähm des Gewichts [...] und von der Höhe [...] bei ders oben hängt.</p> <p>D: Okay. Spielt es eine Rolle wie sehr ich das auslenke? Also wie weit ich das Massestück nach unten ziehe?</p> <p>S: Ähm [...] ich glaub schon, ja.</p> <p>D: Hier könnte man ähnlich wie vorhin die Schwingungsdauer messen. Wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: [...] Äh von der Größe der Feder, von der Masse des Gewichts [...] Ja.</p> <p>D: Und von der Auslenkung?</p> <p>S: Ich glaub nicht.</p>	<p>Am Mond oder Mount Everest würde eine Schwingung länger dauern, weil die Gravitation geringer ist.</p> <p>Auf das Massestück wirken die Federkraft und die Gravitation.</p> <p>Sobald man das Massestück nach unten zieht, bewirkt die Feder, dass es wieder nach oben gezogen wird.</p> <p>Die Feder wird in beide Richtungen gleich weit verformt.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abwärts höher, als aufwärts.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Pendelmasse, der Größe der Feder und von der Höhe.</p> <p>Die Geschwindigkeit hängt von der Elongation ab.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Größe der Feder und der Masse.</p>
---	--

<p>D: Wenn man das Experiment am Mond durchführen würde, wär dann irgendwas anders?</p> <p>S: Ja die Schwingungsdauer wäre länger.</p> <p>D: Aus den selben Gründen wie vorhin?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Beim letzten Experiment haben wir hier ein Stativ. Und daran hängen zwei Fadenpendel. Die sind mit einem Faden und einem Massestück miteinander verbunden. Ich möchte jetzt wissen, was passiert deiner Meinung nach mit dem und dem Massestück, wenn ich das Pendel auslenke? [...] Also die lass ich grad nach unten hängen und das lenke ich aus lass es schwingen.</p> <p>S: Also es wird dann mitgezogen. [...] das andere.</p> <p>D: Und wie sieht das dann nach einer Minute aus? Schwingen da alle, oder gar keines oder vielleicht nur zwei?</p> <p>S: Ich glaube, dass alle gleich schwingen.</p> <p>D: Alle gleich, also alle links, dann alle in der Mitte und dann alle rechts?</p> <p>S: Ja.</p>	<p>Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Auslenkung.</p> <p>Am Mond würde eine Schwingung länger dauern, weil die Gravitation geringer ist.</p> <p>Alle drei Pendel schwingen gleichphasig hin und her.</p>
--	---

<p>Schülerin 13: weiblich, 14 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>23. Februar 2017</p>
---	-------------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Okay, der erste Versuch, den wir durchbesprechen ist das Fadenpendel. Dazu haben wir hier auch den Versuch aufgebaut. Kannst du mir das alles erklären?</p> <p>S: Ja wir haben hier so einen Stab und da hängt dann die Schnur mit einer Kugel und man wird das wahrscheinlich anstupsen und dann bewegt sich das vor und zurück [...] schwingen oder so. [...] Glaub ich halt, ich weiß es nicht.</p> <p>D: Gut, ähm wenn der Faden senkrecht nach unten hängt, welche Kräfte wirken dann auf das Massestück?</p> <p>S: Mhm. [...] Ich weiß es nich-.</p> <p>D: Okay, kein Problem. [...] Du hast gesagt, wenn ich das hier los lasse, dann beginnt das zu schwingen, so hin und her. Jetzt interessiert mich, wo die Kugel am schnellsten ist. [...] Also wo ist die einer Meinung nach am schnellsten?</p> <p>S: Ja wenns, zum Beispiel, wenns [...] hmm [...] wenns nach vor schwingt und dann wieder zurück.</p> <p>D: Also wo jetzt genau?</p> <p>S: Also ungefähr da.</p> <p>D: Also immer am Ende ist es am schnellsten?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Und wo ist es am langsamsten?</p> <p>S: Ich glaub in der Mitte.</p> <p>D: Wovon hängt die Geschwindigkeit deiner Meinung nach a-?</p> <p>S: Naja von der [...] ähm wie sehr, wie stark man das halt angestupst hat und von der [...] hmm [...]</p> <p>D: Ganz ruhig bleiben, das ist eh keine Prüfung. Alles was du sagst bleibt unter uns.</p> <p>S: Ja, ich denk halt noch nach. [...]</p> <p>D: Okay. Ich gebe dir ein paar Vorschläge. Hängt es von der Masse ab?</p> <p>S: Ja ich glaub auch, dass es von der Masse abhängt.</p>	<p>Die Geschwindigkeit des Massestücks ist immer an den Rändern am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am geringsten.</p> <p>Je stärker man das Pendel in Schwingung versetzt, desto schneller schwingt es.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse.</p> <p>Die Länge des Fadens beeinflusst die Geschwindigkeit.</p>

<p>D: Von der Länge des Fadens?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Wenn der Faden länger ist, wird es dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Ich glaub es wird schneller, wenn der Faden kleiner ist.</p> <p>D: also je kürzer der Faden, desto schneller?</p> <p>S: Aja kürzer nicht kleiner.</p> <p>D: Man kann auch beeinflussen, wie weit man das auslenkt, spielt das eine Rolle?</p> <p>S: Ja schon.</p> <p>D: Und je größer der Winkel ist, desto schneller oder langsamer ist es?</p> <p>S: Desto schneller.</p> <p>D: Dieses Prinzip kann man ja auch bei einer Pendeluhr einsetzen. Da hat man ja auch ein Pendel und das schwingt hin und her. Dabei ist aber interessant wie lang eine Schwingung dauert, also wie lange es dauert, einmal von links nach rechts und wieder nach links. [...] Wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: [...]</p> <p>D: Okay. Ich nenne wieder Größen und du sagst mir, ob das eine Rolle spielt. Hängt es von der Masse ab?</p> <p>S: Vielleicht, ich bin mir nicht sicher, es könnte schon sein.</p> <p>D: Okay, hängt es von der Länge des Fadens ab? Also wenn der Faden länger ist, dauert die Schwingung dann länger oder kürzer?</p> <p>S: Ich glaub das ist egal.</p> <p>D: Die Länge ist egal und wie weit ich das auslenke?</p> <p>S: Ja dann schon, also wenn der Winkel größer ist, dann dauert das ja schon länger.</p> <p>D: Okay und abschließend noch eine Frage. Wenn ich das Experiment am Mond durchführen würde, wäre dann etwas anders?</p> <p>S: Ja schon, weil am Mond ist ja die Gravitation beziehungsweise Anziehungskraft ja ganz anders, als auf der Erde.</p> <p>D: Also wärs am Mond schneller oder langsamer?</p> <p>S: Ich glaub es wäre fast langsamer am Mond.</p> <p>D: Langsamer, das heißt eine Schwingung würde auch kürzer dauern? Oder würde es länger dauern, wenn es langsamer ist?</p> <p>S: Naja länger oder?</p> <p>D: Haha. Okay zur nächsten Frage. Das Federpendel, hier haben wir eine Skizze. Wie stellst du dir das in der Realität vor? Wie würde das aussehen?</p> <p>S: Naja wie man hier schon sieht. Man hat eine Feder und man hängt unten ein Objekt dran.</p> <p>D: Welche Kraft wirkt auf dieses Objekt?</p> <p>S: Ich weiß es nicht.</p> <p>D: Okay. Ähm, wenn ich das Massestück nach unten ziehe und dann lasse, was wird dann passieren?</p> <p>S: Naja es wird dann wieder nach oben schwingen.</p> <p>D: Ja und dann?</p> <p>S: Und dann halt wieder runter.</p> <p>D: Gut. Also wir haben hier wieder so eine Schwingung. Wo wär die Geschwindigkeit da deiner Meinung nach am größten?</p> <p>S: Ich glaub kurz nach dem Loslassen, wenn es wieder nach oben schwingt.</p> <p>D: Okay wovon hängt die Geschwindigkeit da deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Mhm ich glaube [...] wie weit man die Feder ausgezogen hat und vielleicht auch von der Masse des [...] Körpers.</p>	<p>Je kürzer der Faden ist, desto kleiner ist die Geschwindigkeit.</p> <p>Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto größer ist dessen Tempo.</p> <p>Die Masse beeinflusst die Schwingungsdauer.</p> <p>Die Pendellänge spielt bei der Schwingungsdauer keine Rolle.</p> <p>Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto größer ist die Schwingungsdauer.</p> <p>Am Mond ist die Gravitation geringer, deshalb schwingt das Pendel langsamer, als auf der Erde.</p> <p>Eine Schwingung dauert am Mond länger, als auf der Erde.</p> <p>Wenn sich das Massestück nach oben bewegt, ist die Geschwindigkeit am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit hängt von der Auslenkung der Feder und der Masse des Körpers ab.</p> <p>Die Schwingungsdauer hängt von der Elongation, der Masse und der Federkonstante ab.</p>
--	--

<p>D: Okay. Wovon hängt da die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab? S: [...] D: Von der Masse? Ja oder nein? S: Vielleicht. [...] Ich weiß es nicht. D: Davon wie weit man die Feder dehnt? Also wie weit man die Feder nach unten zieht, spielt das eine Rolle? S: Ich glaube [...] Ja. D: Und von der Feder, also wie stark die Feder ist? S: Ja das ist natürlich auch interessant. D: Okay. Abschließend, wie wär das am Mond? Würde sich etwas verändern? Wär das gleich oder anders, das Experiment? S: Ich glaub es würd wieder langsamer schwingen. D: Gut und zum Schluss das gekoppelte Pendel. Wir haben hier ein Stativ, das sieht aus wie ein Fußballtor, daran hängen zwei Fadenpendel nach unten. An denen hängt auf der selben Höhe eine Schnur mit einem Massestück. Das heißt sie sind miteinander verbunden. Mich würde interessieren was passiert, wenn ich das eine Pendel auslenke und es schwingen lasse. Was passiert mit den anderen beiden Massestücken? S: Naja dann würde sich ja das bewegen und das auch. D: Also das würde das anregen und das das? S: Ja genau. D: Und wie sieht das aus, wenn man zirka eine Minute wartet? S: Hmm keine Ahnung. D: Sag einfach was du dir denkst. S: Naja ich glaub nicht, dass die gleichmäßig wären. Weil ich glaub das würd immer ein bisschen schneller schwingen als das da. D: Also das erste Pendel schwingt immer am schnellsten? S: Mhm.</p>	<p>Am Mond würde das Pendel langsamer schwingen.</p> <p>Alle drei Massestücke schwingen unterschiedlich schnell. Am schnellsten ist dabei das, das man zuerst anregt.</p>
--	---

Schülerin 14: weiblich, 14 Jahre, 5. Klasse	24. Februar 2017
--	------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Okay da habe ich einen Versuch aufgebaut. Ich möchte zuerst, dass du mir erklärst, was du an diesem Aufbau erkennen kannst. Nenne ein paar Bestandteile. S: Ja das ist so ein Ständer, wo ein Faden dran hängt [...] und unten eine Kugel. D: Sehr schön, welche Kraft wirkt unten auf die Kugel? S: Keine Ahnung. Die Bewegungskraft? Keine Ahnung. D: Wenn ich unten das Stück nehme und auslenke, was wird dann deiner Meinung nach passieren? S: Also raus und dann loslassen? D: Ja. S: Ja dann schwingts so hin und her. D: Ja, wo ist das Tempo deiner Meinung nach am größten?</p>	<p>Auf die Kugel wirkt die „Bewegungskraft“.</p>

<p>S: Ahm [...] beim Mittelpunkt der Masse,, also da wo die Masse am größten ist.</p> <p>D: Zeig beim Versuch einfach darauf hin.</p> <p>S: Ja da.</p> <p>D: Also in der Mitte. Auch da am Rand, wenn die Kugel dort ist?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Und an den beiden Orten hat die Kugel wirklich das gleiche Tempo?</p> <p>S: Nein natürlich nicht [...] Ich glaub am schnellsten wärs da am Rand.</p> <p>D: Man kann dieses Prinzip bei Uhren anwenden, also eigentlich Pendeluhren, dabei ist interessant, wie lange einmal hin und wieder zurück. [...] Also da ist interessant wie lange es dauert, bis die Kugel einmal hin und wieder zurück geschwungen ist. Was spielt dabei eine Rolle? Also wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Ähm, [...] wie weit [...]</p> <p>D: Wie weit man es auslenkt.</p> <p>S: Ja und wie schnell [...] man es lenkt.</p> <p>D: Okay, ist es auch relevant, wie lange der Faden ist?</p> <p>S: Ähm [...] ja glaub schon.</p> <p>D: Und spielt die Masse eine Rolle?</p> <p>S: Des Gegenstands [...] ja.</p> <p>D: Wenn ich das am Mond durchführe, dieses Experiment, würd sich da was ändern? Also würd es schneller schwingen, oder langsamer, oder wäre das genau gleich?</p> <p>S: Ich glaub es wird schneller schwingen.</p> <p>D: Also am Mond wärs schneller?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Warum glaubst du das?</p> <p>S: Weil man am Mond ja auch höher springen kann.</p> <p>D: Und damit wird's auch schneller schwingen?</p> <p>S: Genau.</p> <p>D: Okay also nächstes kommt das Federpendel, hier ist wieder der Versuch aufgebaut.</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Was wird passieren, wenn ich diesen Zylinder da nach unten ziehe und dann auslasse?</p> <p>S: Es wird so raufschnellen und wahrscheinlich noch ein paar Mal so auf und ab wippen.</p> <p>D: Okay, wo wäre das Tempo deiner Meinung nach am größten?</p> <p>S: Ahm [...] nachdem man los gelassen hat, aber bevor es zurückkommt.</p> <p>D: Also kurz bevor es oben ist?</p> <p>S: Ja genau.</p> <p>D: Man kann auch da die Schwingungsdauer bestimmen, wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Ahm [...] wie weit man es runter zieht und wie schwer der Körper ist, der da hängt.</p> <p>D: Hängt es von der Feder auch ab?</p> <p>S: Ja, wie weit sie sich dehnen lässt und wie die dann nachschwingt.</p> <p>D: Was wäre, deiner Meinung nach, wenn man das am Mond durchführen würde? Würde es schneller schwingen, langsamer oder gleich schnell?</p> <p>S: Schneller.</p> <p>D: Wieder aus dem selben Grund wie vorher?</p> <p>S: Ja.</p>	<p>Das Tempo ist am Massenmittelpunkt am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist am Rand am größten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Auslenkung des Pendels.</p> <p>Die Schwingungsdauer hängt von der Masse und der Pendellänge ab.</p> <p>Das Pendel würde am Mond schneller schwingen, da Menschen dort auch höher springen können.</p> <p>Das Tempo ist kurz vor dem Umkehrpunkt am größten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Feder, der Masse und der Auslenkung.</p> <p>Am Mond würde das Pendel schneller schwingen.</p>
--	--

<p>D: Okay zum Schluss haben wir ein gekoppeltes Pendel. Da haben wir wieder ein Stativ und daran hängen zwei Fäden, also zwei Fadenpendel. Die sind mit einer Schnur verbunden und daran hängt wieder ein Massestück. Ich möchte wissen, was passiert, wenn ich das auslenke und es dadurch zu schwingen beginnt. Was passiert dann?</p> <p>S: Die anderen werden auch ganz leicht mitschwingen.</p> <p>D: Nach einiger Zeit, also nach einer Minute, wie würden die dann schwingen? Alle gleich oder irgendwie verschieden? Also eines schnell, das andere langsamer.</p> <p>S: Ahm [...] ich glaube die würden nach einigen Minuten alle gleich schwingen, aber [...] das äußere wird noch ein bisschen stärker schwingen.</p> <p>D: Also das, das du zu Beginn anstößt?</p>	<p>Die drei Pendel schwingen gleichphasig, allerdings hat das Pendel, welches ausgelenkt wurde, die größte Amplitude.</p>
---	---

<p>Schülerin 15: weiblich, 15 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>11. Mai 2017</p>
---	---------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Ok, dann starten wir. Da ist ein Versuch aufgebaut, nämlich das Fadenpendel. Kannst du mir erklären, was da aufgebaut ist?</p> <p>S: Also da unten ist ein Gegenstand [...] und ein Faden [...] und da hängt alles oben.</p> <p>D: Am Stativ.</p> <p>S: Ja genau am Stativ.</p> <p>D: Wenn das senkrecht nach unten hängt, welche Kräfte wirken dann auf den Gegenstand?</p> <p>S: Erdanziehungskraft.</p> <p>D: Die Erdanziehungskraft, Okay und welche Kraft wirkt noch?</p> <p>S: [...] Keine Ahnung.</p> <p>D: Dann weiter zur nächsten Frage. Wenn ich das Objekt unten nehme und so auslenke, was wird dann deiner Meinung nach passieren?</p> <p>S: Ähm es schwingt hin und her und dann pendelt es sich wieder ein, bis es stillsteht.</p> <p>D: Okay, es schwingt so hin und her. Wir betrachten jetzt nur eine Schwingung. Von links nach rechts und dann wieder nach links. Wo ist da die Geschwindigkeit am größten?</p> <p>S: [...] Ähm [...] da wo es runter fällt.</p> <p>D: Wo? Kannst du mir das zeigen?</p> <p>S: Ja, da irgendwo.</p> <p>D: Also irgendwo im linken Viertel. Okay, und wo ist die Geschwindigkeit am kleinsten?</p> <p>S: Ähm [...] Da am Rand.</p> <p>D: Also beim Umkehrpunkt ist es am kleinsten?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Wovon hängt die Geschwindigkeit deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Ähm wie schwer [...] dieses Gewicht ist, was unten hängt.</p> <p>D: Und wovon noch? Oder war das alles?</p> <p>S: Ja vielleicht, wie weit man dieses Gewicht, da [...] hin und her schwingen lässt.</p> <p>D: Also vom Winkel, wie weit man das auslenkt?</p> <p>S: Ja genau.</p>	<p>Auf das Massestück wirkt die Erdanziehungskraft.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist im ersten Viertel der Schwingung am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist am Umkehrpunkt am kleinsten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse.</p>

<p>D: Spielt die Länge des Fadens eine Rolle, oder glaubst du, dass es eher egal ist, wie lange der ist?</p> <p>S: Ja das spielt glaub ich eine Rolle.</p> <p>D: Und wie? Je länger der Faden, desto schneller oder langsamer?</p> <p>S: Desto langsamer.</p> <p>D: Also, wenn der Faden länger ist, dann ist es langsamer? [...] Okay [...] Bei Pendeluhren ist es beispielsweise nicht so interessant wie schnell es schwingt, sondern wie lange eine Schwingung dauert. Wovon hängt die Dauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: [...]</p> <p>D: Nur eine Vermutung, hängt es von der Masse ab?</p> <p>S: Kann sein.</p> <p>D: Hängt es von der Pendellänge ab?</p> <p>S: Ja ich glaub schon.</p> <p>D: Und hängt's vom Winkel ab, wie weit ich das auslenke?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Also je größer der Winkel, desto [...]</p> <p>S: Desto länger dauerts.</p> <p>D: Gut dann abschließend, wenn man das Experiment am Mond durchführen würde, wäre dann irgendwas anders, oder alles gleich? Also dauert eine Schwingung zum Beispiel gleich lange?</p> <p>S: Ich glaube, dass das Pendel langsamer schwingen würde.</p> <p>D: Okay, und warum?</p> <p>S: Weil die Anziehungskraft geringer ist.</p> <p>D: Gut zum nächsten Experiment, dem Federpendel. Ich glaube, der Aufbau ist dir klar, darauf brauchen wir jetzt nicht näher eingehen. [...] Ich möchte jetzt von dir wissen, welche Kräfte auf das Massestück wirken, wenn es so wie jetzt an der Feder hängt?</p> <p>S: Wahrscheinlich die Anziehungskraft [...]</p> <p>D: Und sonst noch?</p> <p>S: Ich weiß nicht.</p> <p>D: Okay, wenn ich das nach unten ziehe und ich lasse es dann los, was wird dann passieren?</p> <p>S: Ähm [...]es springt quasi immer. Die Feder zieht sich zusammen und geht dann wieder auseinander. Das dauert halt ein bisschen und irgendwann steht die Feder wieder still.</p> <p>D: Wo ist da die Geschwindigkeit am größten?</p> <p>S: Da, wo es zurückschnellt, kurz nachdem man es auslöst.</p> <p>D: Zur nächsten Frage, wovon hängt die Schwingungsdauer hier deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Wie schnell man das Pendel da runter zieht.</p> <p>D: Wovon noch?</p> <p>S: Von der Feder wahrscheinlich. Wenn die Feder besser ist, dann ist wahrscheinlich dann schneller auch. [...]</p> <p>D: Und hängt es von der Masse ab?</p> <p>S: Wahrscheinlich auch.</p> <p>D: Dann wieder die abschließende Frage. Was wäre, wenn ich das Experiment am Mond durchführen würde?</p> <p>S: Ich glaub auch, dass es dann langsamer wäre. So wie vorhin.</p> <p>D: Dann das gekoppelte Pendel. Du hast da ein Stativ und darauf sind zwei Fandependel und die beiden sind mit einer Schnur und einem Massestück miteinander verbunden. Was wird deiner Meinung nach passieren, wenn ich</p>	<p>Das Tempo ist abhängig davon, wie weit das Pendel ausgelenkt wird.</p> <p>Die Pendellänge beeinflusst ebenfalls die Geschwindigkeit.</p> <p>Je länger der Faden ist, desto geringer ist das Tempo des Pendels.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Pendellänge und der maximalen Auslenkung.</p> <p>Je größer der Auslenkwinkel ist, desto länger dauert eine Schwingung.</p> <p>Am Mond wäre das Tempo geringer, weil die Gravitation kleiner ist.</p> <p>Auf das Massestück wirkt die Gravitation.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist kurz nachdem der tiefste Punkt passiert wurde am größten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Auslenkung.</p> <p>Je größer die Federkonstante ist, desto schneller schwingt das Pendel.</p> <p>Die Schwingungsdauer hängt von der Masse ab.</p>
---	---

<p>D: [...] Interessant ist da möglicherweise auch, dass man misst wie lange eine Schwingung dauert. Vor allem, wenn man an eine Pendeluhr denkt. Da ist es interessant wie lange eine Schwingung dauert. Wovon hängt die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Weiß ich nicht.</p> <p>D: Hängts von der Masse ab?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Hängts vom Winkel ab, wie weit ich das auslenke?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Und hängt es von der Länge des Fadens ab?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Okay. Wenn die Masse größer ist, wie wirkt sich das auf die Schwingungsdauer aus? Ist die dann kürzer oder länger?</p> <p>S: Kürzer.</p> <p>D: Wenn ichs weiter auslenk, ist die Schwingungsdauer dann kürzer oder länger?</p> <p>S: Länger.</p> <p>D: Und wenn der Faden länger ist?</p> <p>S: Länger.</p> <p>D: Gut. Was wäre, wenn ich das Experiment am Mond durchführen würde? Wäre da irgendwas anders?</p> <p>S: Ja es würd sich langsamer bewegen, weil der Mond weniger Anziehungskraft hat.</p> <p>D: Okay. Das bewegt sich langsamer. Das bedeutet die Schwingungsdauer ist kürzer oder länger, als auf der Erde?</p> <p>S: Länger.</p> <p>D: Das nächste Experiment ist das Federpendel. Kannst du mir wieder kurz den Versuchsaufbau erklären?</p> <p>S: Ähm Feder, ein Gewicht und ein Stativ.</p> <p>D: Okay. Welche Kraft wirkt auf das Massestück?</p> <p>S: Die Anziehungskraft.</p> <p>D: Die Anziehungskraft und sonst?</p> <p>S: Nix.</p> <p>D: Wenn ich das Massestück nach unten ziehe, was passiert dann?</p> <p>S: Schnellts nach oben.</p> <p>D: Es schnellts nach oben. Wo ist die Geschwindigkeit am größten?</p> <p>S: Beim Raufziehen. Irgendwo in der Mitte. Eher zu Beginn.</p> <p>D: Wovon hängt die Geschwindigkeit in diesem Fall ab?</p> <p>S: Windungen der Feder, vom Gewicht [...] und von der Länge der Feder.</p> <p>D: Hängt die Geschwindigkeit davon ab, wie weit ich die Feder auslenke?</p> <p>S: Ja.</p> <p>D: Wenn ich sie weiter auslenke, ist die Geschwindigkeit dann schneller oder langsamer?</p> <p>S: Schneller.</p> <p>D: Auf den Bezug auf die Schwingungsdauer: wovon hängt hier die Schwingungsdauer deiner Meinung nach ab?</p> <p>S: Von der Masse, von der Länge der Feder und davon, wie weit man sie runterzieht.</p> <p>D: Ok, wenn die Masse größer ist, ist dann die Schwingungsdauer kürzer oder länger?</p> <p>S: [...] Ähm.. Länger.</p>	<p>Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten und an den Rändern am geringsten.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Pendellänge und der maximalen Auslenkung.</p> <p>Je größer die Masse ist, desto kleiner ist die Schwingungsdauer.</p> <p>Je größer die Auslenkung ist, desto länger dauert eine Schwingung.</p> <p>Je länger der Faden ist, desto größer ist die Schwingungsdauer.</p> <p>Am Mond wäre die Geschwindigkeit geringer, da die Gravitation kleiner ist.</p> <p>Die Schwingungsdauer wäre am Mond, wegen der kleineren Gravitation, größer.</p> <p>Auf das Massestück wirkt die Gravitation.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist bei der Aufwärtsbewegung am größten.</p> <p>Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Windungsanzahl, der Masse und der Länge der Feder.</p> <p>Je weiter die Feder ausgelenkt wird, desto größer ist die Geschwindigkeit.</p> <p>Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Länge der Feder und der Auslenkung.</p> <p>Je größer die Elongation der Feder ist, desto kleiner ist die Schwingungsdauer.</p>
---	---

<p>D: Wenn du die Feder weiter auslenkst, also das Massestück weiter nach unten ziehst, ist dann die Schwingungsdauer kürzer oder länger? S: [...] Kürzer. D: Und abschließend, wenn man das Experiment am Mond durchführt, ist dann irgendetwas anders? S: Ja, die Schwingungsdauer wär länger. D: Ok [...] und wie begründest du das? S: Weil [...] Ähm [...] auf dem Mond die Anziehungskraft weniger ist. D: Das letzte Experiment ist das gekoppelte Pendel, da hast du da ein Stativ und da hängt ein Fadenpendel und ein zweites Fadenpendel. Die beiden Fadenpendel sind mit einer Schnur in der Mitte verbunden. Und auf der Schnur hängt ein Massestück. Ich möchte jetzt von dir wissen: Was wird passieren, wenn ich das erste Pendel auslenke, sodass das zu schwingen beginnt? Was wird mit der und mit der Masse passieren? S: [...] Ähm sie bewegen sich mit, aber es kommt darauf an, wie stark die Schnur in der Mitte gespannt ist und wie weit man es auslenkt. D: Ok, die bewegen sich mit, aber nicht so stark wie das erste Pendel. S: Ja. D: Ok.. Abschließende Frage, wie bewegen sie sich mit? Also das sind die beiden Pendel am Rand. Bewegen die sich so, also gleichmäßig/ gleichförmig hin und her oder ungleichmäßig? S: Gleichmäßig, aber leicht verzögert zum Ersten. D: Leicht verzögert, das heißt das wär jetzt außen, dann kommt das langsam nach und dann geht das nach innen und dann geht das so nach innen nach. S: Nein, zu Beginn bewegen sie sich langsam mit und dann bewegen sich die zur ersten Kugel [...] oder gleichzeitig.</p>	<p>Am Mond dauert eine Schwingung länger, weil die Gravitation kleiner ist.</p> <p>Die Pendel bewegen sich gleichmäßig, aber etwas verzögert zueinander.</p>
---	--

<p>Schülerin 17: weiblich, 16 Jahre, 5. Klasse</p>	<p>7. Juni 2017</p>
---	---------------------

Interview	Kommentar
<p>D: Zu Beginn besprechen wir das Fadenpendel. Die Abbildung siehst du hier. Ich hatte leider keine Zeit mehr den Versuch aufzubauen, aber ich glaube, das geht auch mit der Abbildung ganz gut. Wie würde das in der Realität aussehen, also was würde man brauchen, wenn du den Versuch jetzt durchführen müsstest? S: [...] Mhmm [...] Ich glaube [...] irgendsoeinen Balken wahrscheinlich. D: Ein Stativ, meinst du das? S: Ja, ein Stativ [...] und eine Schnur, sodass das schwingt. D: Was benötigt man noch? S: Ähm [...] Ja [...] D: Was siehst du da noch? S: [...] Ja [...] So [...] Mir ist sehr unwohl. [...] <i>Das Interview wurde an dieser Stelle aus gesundheitlichen Gründen abgebrochen.</i></p>	

10.3 Einzelergebnisse

Schüler 1

Fadenpendel:

- Der Schüler kennt die Gravitation nicht.
- Das Pendel verliert an Tempo und bleibt nach einiger Zeit stehen. Der Grund dafür ist die Dichte.
- Das Tempo ist beim Fadenpendel am Rand am größten.
- Wenn das Pendel seine Richtung ändert, ist die Geschwindigkeit am kleinsten.
- Je schwerer die Pendelmasse ist, desto höher ist das Tempo.
- Der Grund dafür ist, dass schwere Objekte immer schneller fallen als leichte.
- Die Pendellänge wirkt sich nicht auf die Geschwindigkeit aus.
- Je schwerer das Pendel ist, desto kürzer ist dessen Schwingungsdauer.
- Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Pendellänge und davon, wie weit man das Pendel auslenkt.
- Am Mond dauert eine Schwingung länger, als auf der Erde.

Schüler 2

Fadenpendel:

- Das Tempo hängt von der Länge des Fadens und von der kinetischen Energie ab, die man dem Pendel zu Beginn „mitgibt“.
- Das Tempo ist abhängig von der Pendelmasse.
- Beim Fadenpendel sind die Gravitation und die Zentrifugalkraft für die Pendelbewegung verantwortlich.
- Zusätzlich zu den beiden oben genannten Kräften wirken auch noch Gegenkräfte auf die Pendelmasse.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendelmasse und der –länge.
- Die Geschwindigkeit des Pendels ist kurz vor der Mitte am größten.
- An der Wendestelle ist die Geschwindigkeit am geringsten.
- Je geringer die Gravitation ist, desto langsamer schwingt das Pendel.

Federpendel:

- Auf das Massestück wirken zwei Kräfte. Die Gravitation nach unten und die Federkraft nach oben.

- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Federkonstante, der Elongation der Feder und der Gravitation.
- Die Geschwindigkeit ist am höchsten und niedrigsten Punkt am geringsten.
- Eine stärkere Feder zieht das Massestück schneller nach oben und sorgt dafür, dass es sich langsamer wieder nach unten bewegt.

Gekoppeltes Pendel:

- Beim gekoppelten Pendel schwingen die beiden Pendel gegengleich, aber gleich schnell.

Schüler 3

Fadenpendel:

- Das Tempo ist in der Mitte am größten und an den Wendestellen am geringsten.
- Auf das Massestück wirken die Gravitation und der atmosphärische Druck.
- Das dritte Newton'sche Axiom spielt beim mathematischen Pendel keine Rolle.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Auslenkung des Massestücks, der Masse und dem Schwung, den man dem Pendel mitgibt.
- Je länger ein Pendel ist, desto größer ist die Schwingungsdauer.
- Schwere Gegenstände fallen schneller als leichte.
- Am Mond würde das Pendel nicht schwingen, da es dort keine Schwerkraft gibt.
- Die Geschwindigkeit des Pendels und die Schwingungsdauer sind unabhängig von der Gravitation.

Federpendel:

- Die Schwerkraft sorgt dafür, dass die Feder auseinandergezogen wird.
- Das Tempo ist in der Mitte am größten und an den Rändern am kleinsten.
- Die Schwingungsdauer ist von der Masse und der Feder abhängig.
- Je stärker die Feder ist, desto schneller schwingt das Pendel, da die Federkraft größer ist.

Gekoppeltes Pendel:

- Beim gekoppelten Pendel schwingen alle Pendel gleich schnell und synchron hin und her.

Schüler 4

Fadenpendel:

- Wegen der Gravitation hängt das Pendel senkrecht nach unten.
- Das Pendel ist in der Mitte am schnellsten und an den beiden Rändern am langsamsten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Erdanziehungskraft.
- Je größer die Masse des Pendels ist, desto geringer ist dessen Schwingungsdauer.
- Die Schwingungsdauer ist davon abhängig, wie weit man das Pendel auslenkt.
- Je länger das Pendel ist, desto schneller schwingt es.
- Je kleiner die Gravitation ist, desto langsamer schwingt das Pendel. Deshalb schwingt das Fadenpendel am Mond langsamer.

Federpendel:

- Auf das Massestück wirken die Gravitation nach unten und die Federkraft nach oben. Diese beiden Kräfte sind gleich groß.
- Das Massestück ist in der oberen Hälfte schneller als in der unteren.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Feder und dem Massestück.
- Je stärker die Feder und je schwerer die Masse ist, desto schneller schwingt das Pendel.
- Am Mond schwingt das Pendel schneller, da dort die Gravitation die Bewegung nicht bremst.

Gekoppeltes Pendel:

- Die beiden Pendel schwingen in die gleiche Richtung.

Schülerin 5

Fadenpendel:

- Das Tempo ist zu Beginn am größten.
- Je größer die Masse ist, desto höher ist die Geschwindigkeit.

- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Pendellänge und davon, wie weit das Pendel ausgelenkt wird.
- Am Mond würde das Pendel nicht schwingen.

Federpendel:

- Die Geschwindigkeit ist am größten, nachdem man die Feder ausgelenkt hat.
- Bei der Abwärtsbewegung ist das Pendel langsamer als aufwärts.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse und der Auslenkung der Feder.

Gekoppeltes Pendel:

- Beide Pendel schwingen nach einiger Zeit in gleicher Phase hin und her.

Schüler 6

Fadenpendel:

- Das Pendel bleibt stehen, weil sich die Gravitation irgendwann gegen die Schwingungsbewegung „durchsetzt“.
- Das Pendel hat zwischen dem Beginn und der Mitte die größte Geschwindigkeit.
- Das Tempo ist am Umkehrpunkt am geringsten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendellänge und der Masse.
- Je größer die Masse ist, desto langsamer schwingt das Pendel.
- Die Schwingungsdauer ist unabhängig vom Auslenkwinkel.
- Je länger das Pendel ist, desto länger dauert eine Schwingung.
- Am Mond würde das Pendel länger brauchen, um stehen zu bleiben, da die Gravitation geringer ist.

Federpendel:

- Die Geschwindigkeit bei einer Schwingung ist überall gleich groß.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse der Spannfähigkeit und der Länge der Feder.
- Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Auslenkung.
- Am Mond würde es langsamer schwingen, da die Gravitation geringer ist.

Gekoppelte Pendel:

- Die Pendel schwingen gegengleich.

Schülerin 7

Fadenpendel:

- Auf die Pendelmasse wirkt die Schwerkraft.
- Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten.
- An den Rändern ist die Geschwindigkeit am geringsten, trotzdem ist diese nie Null.
- Die Geschwindigkeit hängt davon ab, wie weit man das Pendel auslenkt, wie schwer die Pendelmasse ist und wie lange das Pendel ist.
- Je länger das Pendel ist, desto größer ist dessen Geschwindigkeit.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Pendellänge und der Geschwindigkeit.
- Die Masse und die Auslenkung beeinflussen die Schwingungsdauer.
- Je weiter man das Pendel auslenkt, desto länger dauert eine Schwingung. Der Grund dafür ist der längere Weg, den das Pendel zurücklegen muss.
- Am Mond würde das Pendel sich vollständig im Kreis drehen, da es dort keine Schwerkraft gibt.

Federpendel:

- Das Pendel ist bei der Aufwärtsbewegung schneller als abwärts.
- Auf das Massstück wirkt die Schwerkraft.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Länge der Feder und deren Elongation.
- Je stärker die Feder ist, desto langsamer schwingt das Pendel.
- Am Versuch würde sich auf dem Mond nichts verändern.

Gekoppelte Pendel:

- Die Pendel beeinflussen sich gegenseitig.

Schülerin 8

Fadenpendel:

- Das Tempo ist dort am größten, wo man das Pendel los lässt.

- Das Tempo ist in der Mitte am kleinsten.
- Die Pendellänge beeinflusst die Geschwindigkeit nicht.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse und der Auslenkung.
- Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Pendellänge.
- Die Auslenkung und die Masse beeinflussen die Schwingungsdauer.

Federpendel:

- Die Geschwindigkeit hängt davon ab, wie weit („fest“) die Feder auseinandergezogen wird.
- Die Geschwindigkeit ist unabhängig von der Masse.
- Die Bauart der Feder wirkt sich auf die Geschwindigkeit aus.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Federkonstante und der Deformation der Feder.

Gekoppelte Pendel:

- Das linke Pendel beeinflusst das mittlere und dieses beeinflusst das rechte Pendel.
- Die drei Pendel schwingen gleichphasig hin und her.

Schüler 9

Fadenpendel:

- Das Pendel verliert mit jeder Schwingung an Höhe.
- Die Geschwindigkeit ist kurz nach der Mitte am größten.
- Die Geschwindigkeit ist zu Beginn (am Rand) am kleinsten.
- Die Masse beeinflusst die Geschwindigkeit.
- Die Pendellänge beeinflusst die Geschwindigkeit nicht.
- Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto höher ist dessen Tempo.
- Je leichter das Pendel ist, desto schneller schwingt es.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Länge und der Auslenkung.
- Am Mond und Mount Everest würde eine Schwingung länger dauern.

Federpendel:

- Bei der Aufwärtsbewegung ist die Geschwindigkeit am größten.
- Je schwerer das Massstück ist, desto höher ist das Tempo des Pendels.
- Eine stärkere Feder dämpft die Schwingungsbewegung, dadurch ist die Geschwindigkeit geringer.

- Die Federkonstante, die Masse und die Auslenkung beeinflussen die Schwingungsdauer.
- Je weiter die Feder auseinandergezogen wird, desto länger dauert eine Schwingung.
- Am Mond würde das Experiment nicht funktionieren, weil dort alles in der Luft schwebt.

Gekoppelte Pendel:

- Das erste Pendel regt die anderen auch dazu an, sich zu bewegen.
- Nach kurzer Zeit stehen alle drei Massestücke wieder still.

Schülerin 10

Fadenpendel:

- Das Pendel ist, nachdem man es loslässt am schnellsten.
- Das Pendel ist an den beiden Umkehrpunkten am langsamsten.
- Je stärker man das Pendel anstößt, desto kürzer dauert eine Schwingung.
- Je kürzer der Faden ist, desto schneller schwingt das Pendel. Deshalb ist die Schwingungsdauer dann kleiner.
- Je größer die Masse ist, desto schneller schwingt das Pendel.
- Je weiter man das Pendel auslenkt, desto länger dauert eine Schwingung.
- Das Experiment wäre am Mond anders, als auf der Erde.

Federpendel:

- Das Tempo ist bei der ersten Aufwärtsbewegung am größten.
- Die Schwingungsdauer ist davon abhängig, wie weit die Feder auseinandergezogen wird.
- Je stärker die Feder ist, desto langsamer schwingt sie.
- Je größer die Masse ist, desto schneller schwingt das System.

Schüler 11

Fadenpendel:

- Auf das Massestück wirken zwei Kräfte, die Gravitation nach unten und deren Gegenkraft nach oben.
- Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten.
- Die Geschwindigkeit ist am Rand am kleinsten. Dort ist sie Null.
- Die Schwingungsdauer hängt von der Fadenlänge und der Auslenkung ab.

- Schwere und leichte Gegenstände fallen gleich schnell zu Boden.
- Die Masse beeinflusst die Schwingungsdauer nicht.
- Die Erde unterscheidet sich vom Mond durch die Gravitation.
- Wegen der kleineren Gravitation ist die Schwingungsdauer am Mond länger und die Geschwindigkeit geringer.

Federpendel:

- Die Geschwindigkeit ist etwas über der Mitte am größten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Federkonstante und der Auslenkung der Feder.
- Das Federpendel würde am Mond schneller schwingen, als auf der Erde.

Gekoppelte Pendel:

- Die Pendel schwingen zwar gleichphasig hin und her, allerdings ist die Auslenkung bei allen Pendeln unterschiedlich groß.

Schüler 12

Fadenpendel:

- Wegen der Gravitation hängt das Massestück senkrecht nach unten.
- Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten und an den Rändern am kleinsten.
- An den Umkehrpunkten ist die Geschwindigkeit Null.
- Die Masse beeinflusst die Geschwindigkeit.
- Die Geschwindigkeit ist unabhängig von der Fadenlänge.
- Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto größer ist dessen Geschwindigkeit.
- Die Schwingungsdauer hängt von der Masse ab.
- Die Länge des Fadens beeinflusst die Schwingungsdauer nicht.
- Je größer der Auslenkwinkel ist, desto länger dauert eine Schwingung.
- Am Mond oder Mount Everest würde eine Schwingung länger dauern, weil die Gravitation geringer ist.

Federpendel:

- Auf das Massestück wirken die Federkraft und die Gravitation.
- Sobald man das Massestück nach unten zieht, bewirkt die Feder, dass es wieder nach oben gezogen wird.
- Die Feder wird in beide Richtungen gleich weit verformt.

- Die Geschwindigkeit ist abwärts höher, als aufwärts.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Pendelmasse, der Größe der Feder und von der Höhe.
- Die Geschwindigkeit hängt von der Elongation ab.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Größe der Feder und der Masse.
- Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Auslenkung.
- Am Mond würde eine Schwingung länger dauern, weil die Gravitation geringer ist.

Gekoppeltes Pendel:

- Alle drei Pendel schwingen gleichphasig hin und her.

Schülerin 13

Fadenpendel:

- Die Geschwindigkeit des Massestücks ist immer an den Rändern am größten.
- Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am geringsten.
- Je stärker man das Pendel in Schwingung versetzt, desto schneller schwingt es.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse.
- Die Länge des Fadens beeinflusst die Geschwindigkeit.
- Je kürzer der Faden ist, desto kleiner ist die Geschwindigkeit.
- Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto größer ist dessen Tempo.
- Die Masse beeinflusst die Schwingungsdauer.
- Die Pendellänge spielt bei der Schwingungsdauer keine Rolle.
- Je weiter das Pendel ausgelenkt wird, desto größer ist die Schwingungsdauer.
- Am Mond ist die Gravitation geringer, deshalb schwingt das Pendel langsamer, als auf der Erde.
- Eine Schwingung dauert am Mond länger, als auf der Erde.

Federpendel:

- Wenn sich das Massestück nach oben bewegt, ist die Geschwindigkeit am größten.
- Die Geschwindigkeit hängt von der Auslenkung der Feder und der Masse des Körpers ab.

- Die Schwingungsdauer hängt von der Elongation, der Masse und der Federkonstante ab.
- Am Mond würde das Pendel langsamer schwingen.

Gekoppeltes Pendel:

- Alle drei Massestücke schwingen unterschiedlich schnell. Am schnellsten ist dabei das, das man zuerst anregt.

Schülerin 14

Fadenpendel:

- Auf die Kugel wirkt die „Bewegungskraft“.
- Das Tempo ist am Massenmittelpunkt am größten.
- Die Geschwindigkeit ist am Rand am größten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Auslenkung des Pendels.
- Die Schwingungsdauer hängt von der Masse und der Pendellänge ab.
- Das Pendel würde am Mond schneller schwingen, da Menschen dort auch höher springen können.

Federpendel:

- Das Tempo ist kurz vor dem Umkehrpunkt am größten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Feder, der Masse und der Auslenkung.
- Am Mond würde das Pendel schneller schwingen.

Gekoppelte Pendel:

- Die drei Pendel schwingen gleichphasig, allerdings hat das Pendel, welches ausgelenkt wurde, die größte Amplitude.

Schülerin 15

Fadenpendel:

- Auf das Massestück wirkt die Erdanziehungskraft.
- Die Geschwindigkeit ist im ersten Viertel der Schwingung am größten.
- Die Geschwindigkeit ist am Umkehrpunkt am kleinsten.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse.
- Das Tempo ist abhängig davon, wie weit das Pendel ausgelenkt wird.
- Die Pendellänge beeinflusst ebenfalls die Geschwindigkeit.

- Je länger der Faden ist, desto geringer ist das Tempo des Pendels.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Pendellänge und der maximalen Auslenkung.
- Je größer der Auslenkwinkel ist, desto länger dauert eine Schwingung.
- Am Mond wäre das Tempo geringer, weil die Gravitation kleiner ist.

Federpendel:

- Auf das Massestück wirkt die Gravitation.
- Die Geschwindigkeit ist kurz nachdem der tiefste Punkt passiert wurde, am größten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Auslenkung.
- Je größer die Federkonstante ist, desto schneller schwingt das Pendel.
- Die Schwingungsdauer hängt von der Masse ab.
- Am Mond würde das Pendel langsamer schwingen, weil die Gravitation kleiner ist.

Gekoppelte Pendel:

- Die Pendel schwingen gegenphasig.

Schülerin 16

Fadenpendel:

- Auf das Massestück wirkt die Gravitation.
- Während der Schwingung wirkt die Trägheit auf das Massestück.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Masse und dem Auslenkwinkel.
- Je länger das Pendel ist, desto langsamer schwingt es.
- Die Geschwindigkeit ist in der Mitte am größten und an den Rändern am geringsten.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Pendellänge und der maximalen Auslenkung.
- Je größer die Masse ist, desto kleiner ist die Schwingungsdauer.
- Je größer die Auslenkung ist, desto länger dauert eine Schwingung.
- Je länger der Faden ist, desto größer ist die Schwingungsdauer.
- Am Mond wäre die Geschwindigkeit geringer, da die Gravitation kleiner ist.
- Die Schwingungsdauer wäre am Mond wegen der kleineren Gravitation größer.

Federpendel:

- Auf das Massestück wirkt die Gravitation.
- Die Geschwindigkeit ist bei der Aufwärtsbewegung am größten.
- Die Geschwindigkeit ist abhängig von der Windungsanzahl, der Masse und der Länge der Feder.
- Je weiter die Feder ausgelenkt wird, desto größer ist die Geschwindigkeit.
- Die Schwingungsdauer ist abhängig von der Masse, der Länge der Feder und der Auslenkung.
- Je größer die Elongation der Feder ist, desto kleiner ist die Schwingungsdauer.
- Am Mond dauert eine Schwingung länger, weil die Gravitation kleiner ist.

Gekoppelte Pendel:

- Die Pendel bewegen sich gleichmäßig, aber etwas verzögert zueinander.

Schülerin 17

Da diese Schülerin das Interview aus gesundheitlichen Gründen bereits nach kurzer Zeit abbrechen musste, gingen aus dem Gespräch keine Aussagen hervor, die es wert wären, genauer ausgewertet zu werden.

10.3 Inhaltsanalyse Tabellen

Nachfolgend befindet sich je eine Tabelle zum mathematischen- und Federpendel. Diese Tabellen wurden im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring erstellt und vernetzen die Einzelergebnisse der jeweiligen Schüler/innen miteinander.

Am rechten Rand der Tabelle befinden sich die Ergebnisse der Interessenserhebung. Das prinzipielle Interesse an Physik wird in dieser Tabelle mit I, die Zufriedenheit mit dem Unterricht mit U und die Zufriedenheit mit der Physiknote mit N abgekürzt. Die Ziffern stimmen mit der Interessenserhebung überein. Wenn ein Schüler beispielsweise die Daten $I = 5$, $U = 3$ und $N = 1$ hat, so bedeutet das, dass er sehr interessiert am Fach Physik ist. Mit dem Unterricht ist er mittelmäßig zufrieden und mit seiner eigenen Physiknote ist dieser Schüler unzufrieden.

Es kann mit Hilfe dieser Tabelle einerseits nachvollzogen werden, welche Schüler/innen welche Vorstellungen haben. Dies ist vor allem im Hinblick auf Mehrfachnennungen und Parallelen zwischen einzelnen Personen interessant.

Andererseits kann man so Vermutungen anstellen, inwiefern sich das prinzipielle Interesse für Physik sich auf etwaige Präkonzepte auswirkt.

Nachfolgend befindet sich die Tabelle zum Fadenpendel. Dabei steht m für die Pendelmasse, A für die Auslenkung und L für die Pendellänge. Die Ziffer 1 bedeutet, dass dieser Schüler denkt, dass die Größe beispielsweise die Geschwindigkeit beeinflusst und 0 bedeutet, dass diese Größe keinen Einfluss auf die Geschwindigkeit hat. Wenn die Zelle leer geblieben ist, so wurde im Interview überhaupt nicht über diesen Zusammenhang gesprochen. Stehen bei einem Schüler zum Beispiel die Daten: Schwingungsdauer: $m = 0$, $A = 1$, $L = 1$, so bedeutet das, dass laut der Meinung dieses Schülers die Schwingungsdauer abhängig von der Auslenkung und der Pendellänge, aber unabhängig von der Pendelmasse ist.

Schüler/in	Geschwindigkeit Fadenpendel			Schwingungsdauer Fadenpendel			Interessenserhebung		
	m	A	L	m	A	L	I	U	N
1	1	0	0	1	0	0			
2	0	0	1	1	0	1	4	4	5
3				1	1	0	5	2	1
4	0	0	1	1	1	1	3	2	4
5	1	0	0	1	1	1	2	1	5
6	1	0	1	0	0	1	3	3	3
7	1	1	1	1	0	1	2	2	5
8	1	1	0	1	1	0	3	1	3
9	1	1	0	1	1	1	4	3	5
10	1	0	1	0	1	1	1	1	5
11				1	1	1	5	3	4
12	1	1	0	1	1	0	5	5	5
13	0	0	0	1	0	0	3	3	4
14	1	1	1	1	1	1	1	5	4
15	0	1	0	0	1	1	2	2	5
16	1	1	0	1	1	1	4	3	3

Tabelle 3: Schülervorstellungen Fadenpendel

Nun folgt die Tabelle, welche die Einzelergebnisse zum Federpendel zusammenfasst. Dabei sind die Ziffern und die Interessenserhebung ident zur vorigen Tabelle. Die Federkonstante wird hier mit k , die Masse mit m die Auslenkung mit A und die Gravitationsbeschleunigung mit g abgekürzt.

Schüler/in	Geschwindigkeit Federpendel				Schwingungsdauer Federpendel				Interessenserhebung		
	k	m	A	G	k	M	A	g	l	U	N
1											
2	1	1	1	1	1	1	1	1	4	4	5
3					1	1	0	0	5	2	1
4	1	1	0	0	0	1	1	0	3	2	4
5					1	1	0	0	2	1	5
6					1	1	1	0	3	3	3
7	1	0	1	0	1	1	1	0	2	2	5
8	1	1	0	0	1	1	1	0	3	1	3
9	1	1	0	1	1	1	0	1	4	3	5
10					1	1	0	1	1	1	5
11	0	0	1	1	1	0	1	1	5	3	4
12	0	1	0	0	0	1	0	0	5	5	5
13	1	0	0	1	1	0	1	1	3	3	4
14	1	0	0	1	1	0	1	1	1	5	4
15	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	5
16	0	0	1	1	1	0	1	1	4	3	3

Tabelle 4: Schülervorstellungen Federpendel

10.4 Zusammenfassung und Abstract

Kurzzusammenfassung

Obwohl mechanische Schwingungen ein fester Bestandteil des Schulstoffes in der Oberstufe sind, gibt es nur wenige Forschungsergebnisse zu entsprechenden Schülervorstellungen. Ziel dieser Arbeit war es deshalb, mit Hilfe von Schülerinterviews, Präkonzepte zum mathematischen -, Feder- und gekoppelten Pendel zu formulieren. Mit Hilfe von bereits bekannten Lernendenvorstellungen zur Mechanik wurden zunächst Hypothesen aufgestellt auf welche Vorstellungen man im Rahmen dieser Befragung bei den jeweiligen Versuchen stoßen könnte. Der Fokus war, wie sich die veränderbaren Größen des Fadenpendels (Pendellänge, Auslenkung, Pendelmasse) jeweils auf die Geschwindigkeit und die Schwingungsdauer auswirken. Beim Federpendel wurden die Schülervorstellungen bezüglich der Abhängigkeit der Schwingungsdauer und Geschwindigkeit von der Federkonstante, der Auslenkung und der Masse untersucht. Die Konzepte der Schülerinnen und Schüler bezüglich des Schwebungsfalls standen im Fokus beim gekoppelten Pendel. Die Interviews wurden dann mit Hilfe einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet, um auf möglichst allgemein gültige Schülervorstellungen schließen zu können. Die letzten beiden Kapitel dieser Arbeit beinhalten einerseits die Interpretation der Ergebnisse und andererseits werden Überlegungen angestellt, wie sich diese Ergebnisse auf den Physikunterricht auswirken können.

Abstract

Even though mechanical oscillations are a firm component of the curriculum of the upper secondary level, there are only few scientific researches considering appropriate conceptions of the students. Therefore the goal of this diploma thesis was to focus on misconceptions concerning the simple pendulum, the spring pendulum and the coupled pendulum. Based on already known learners' expectations about mechanics hypotheses about these three experiments were postulated. Focus on how changeable factors of the simple pendulum (length, amplitude, mass) may affect the velocity and the period. Working with the spring pendulum the concepts of the students were tested regarding the misunderstanding of its period and velocity. With the coupled pendulum my thesis focusses on students' concepts of the chaotic motion. To evaluate the interviews a qualitative content analysis was used to provide generally valid results. The final chapters of the thesis deal with the interpretations of the results as well as considerations about how these outcomes can influence today's physical education.