

---

# **Binnendifferenzierung in der Eingangsklasse des technischen Gymnasiums durch den gezielten Einsatz der Möglichkeiten der Infrastruktur einer Tabletschule mit modernen Medien in der Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung**

---

## **DOKUMENTATION**

Vorgelegt von: Dr. Alexander FERLING  
Am: Seminar Stuttgart  
(Berufliche Schulen)  
Datum: 15.09.2017  
Einstiegsgkurs: D2016  
Betreuende Seminarkraft: Dr. Manfried DÜRR  
Ausbildungsschule: Technische Schule Heidenheim

# Versicherung

Hiermit versichere ich, dass ich diese Dokumentation selbstständig und nur mit den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe. Ich habe für alle Stellen und Materialien, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach aus anderen Werken (auch aus elektronischen Medien) entnommen wurden, die Quellen angegeben.

Unterschrift:

---

Datum:

---

# Danksagung

Mein Dank gilt meinen beiden Mentoren, Dr. Stefan Burkart und Udo Ruppender, die mich mit Materialien, Tipps und Ideen jederzeit hervorragend unterstützt haben. So stammte die Idee, eine App zu programmieren, z. B. von Udo und Stefan wies mich auf die Möglichkeit hin, Aufgaben mit GeoGebra-Worksheets zu gestalten. Dadurch haben sie entscheidend zur Qualität und zum Mehrwert dieser Dokumentation beigetragen.

Außerdem gilt der Dank meiner lieben Fau Iuliia, die mich in allen Lebenslagen unterstützt.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Versicherung</b>	ii
<b>1 Einleitung</b>	1
<b>2 Konzeption</b>	3
2.1 Stoffauswahl und Umfang der Dokumentation . . . . .	3
2.2 Schülerkohorte . . . . .	4
2.3 Anthropogene und soziokulturelle Voraussetzungen . . . . .	4
2.4 Organisatorischer Rahmen . . . . .	6
2.5 Binnendifferenzierung . . . . .	7
2.6 Diagnose . . . . .	8
2.7 Unterrichtsmethoden und Medien . . . . .	9
2.8 Zielsetzung . . . . .	10
<b>3 Umsetzung der Konzeption</b>	11
3.1 Die Lehrplaneinheit 3 in der Übersicht . . . . .	11
3.2 1. Doppelstunde: Einführung der Arbeit . . . . .	12
3.3 2. Doppelstunde: Kinetische Energie . . . . .	14
3.4 3. Doppelstunde: Spannenergie . . . . .	16
3.5 4. Doppelstunde: Energieerhaltung . . . . .	18
3.6 5. Doppelstunde: Leistung und Wirkungsgrad . . . . .	20
3.7 6. Doppelstunde: Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App .	22
3.8 7. Doppelstunde: Schülerreferate zum Thema Energie sowie Leistungs-	
messstandsbesichtigung . . . . .	24
3.9 8. Doppelstunde: Klausurvorbereitung mit GeoGebra-Worksheets .	25
<b>4 Zusammenfassung</b>	27
<b>Literaturverzeichnis</b>	29

<b>A Anhang</b>	<b>A-1</b>
A.1 Materialien zur 1. Doppelstunde: Einführung der Arbeit . . . . .	A-2
A.2 Materialien zur 2. Doppelstunde: Kinetische Energie . . . . .	A-11
A.3 Materialien zur 3. Doppelstunde: Spannenergie . . . . .	A-24
A.4 Materialien zur 4. Doppelstunde: Energieerhaltung . . . . .	A-38
A.5 Materialien zur 5. Doppelstunde: Leistung und Wirkungsgrad . . . .	A-50
A.6 Materialien zur 6. Doppelstunde: Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App . . . . .	A-64
A.7 Materialien zur 7. Doppelstunde: Schülerreferate zum Thema Energie sowie Leistungsmessstandsbesichtigung . . . . .	A-93
A.8 Materialien zur 8. Doppelstunde: Klausurvorbereitung mit Geogebra Worksheets . . . . .	A-97
A.9 Materialien und Auswertungen zur Klausur . . . . .	A-114
<b>B Programme und Websites</b>	<b>B-1</b>
B.1 Verwendete Apps und Programme . . . . .	B-1

# Kapitel 1

## Einleitung

Der deutsche Arbeitsmarkt befindet sich in einem steten Wandel. Um sowohl die volkswirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit als auch das Wirtschaftswachstum aufrecht zu erhalten, wurden im Bildungssystem seit den 1970er-Jahren zunehmend Wege eröffnet, abseits des traditionellen Bildungsweges durch das allgemeinbildende Gymnasium die Hochschulreife zu erlangen.

Diese Bildungspolitik wurde von der Gesellschaft erfolgreich angenommen und führte über die Jahre zu einer stetig wachsenden Studienberechtigungsquote. Eine im Jahre 2013 vom Statistischen Bundesamt veröffentlichte Untersuchung belegt diese Entwicklung, nach der im Jahre 1970 10 % eines Jahrgangs studienberechtigt waren, während 2009 über 50 % die Hochschulreife erlangten (vgl. Schindler 2013, 151 f.).

Dieser Prozess kann keineswegs als abgeschlossen betrachtet werden. Dies wird durch die Hightechstrategie der Bundesregierung, insbesondere durch das Gestaltungskonzept „Industrie 4.0“, deutlich. Unter diesem Begriff werden die sich wandelnden Anforderungen an die Arbeitnehmer durch voranschreitende Vernetzung und Automatisierung zusammengefasst. Eine zunehmend digital gesteuerte, selbst organisierte Wertschöpfungskette verändert das Anforderungsprofil an den Arbeitnehmer und führt langfristig vermehrt zu technisch anspruchsvollen und vielfältig diversifizierten Tätigkeitsfeldern, die oftmals ein Studium oder eine studiumsnaher Ausbildung voraussetzen. Eine entsprechende Analyse hierzu wurde vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung veröffentlicht (vgl. Warning und Weber 2017).

Die beruflichen Schulen ermöglichen durch ihr breit gefächertes Bildungsangebot Schülerinnen und Schülern<sup>1</sup> unterschiedlichster Herkunft und Vorbildung, die Hochschulreife zu erlangen. Außerdem sind berufliche Schulen durch ihre Nähe zu Betrieb und Ausbildung oftmals Vorreiter bei Entwicklungen, die den Arbeitsmarkt und arbeitsmarktpolitische Änderungen betreffen.

---

<sup>1</sup>Im Folgenden wird anstatt „Schülerinnen und Schüler“ nur „Schüler“ verwendet.

In den Eingangsklassen des Technischen Gymnasiums Heidenheim spiegelt sich dieser Sachverhalt wider. In einem zu Beginn des Schuljahres durchgeföhrten Eingangstest, der von einem Autorenkollektiv in Zusammenarbeit mit der Justus-Liebig-Universität Gießen konzipiert wurde (vgl. Hinze und Probst 2011), konnten erste Daten zu schulischer Herkunft sowie mathematischer Grundkompetenz der Schüler erhoben werden. Es zeigte sich, dass sich die Klassengemeinschaft aus Schülern verschiedener Realschulen des Umlandes, Werksrealschulen und 9. sowie 10. Klassen der allgemeinbildenden Gymnasien zusammensetzen. In Abschnitt 2.3 wird dieser Sachverhalt näher analysiert, es zeigt sich allerdings schon an dieser Stelle, dass eine Binnendifferenzierung nicht nur sinnvoll, sondern auch notwendig ist, um die Schüler langfristig zu motivieren und zu aktivieren.

Aufgrund der Tatsache, dass die Technische Schule Heidenheim eine Vorreiterrolle in Bezug auf eine digitale Infrastruktur mitsamt der Bereitstellung eines Tablet-PCs für jeden Schüler einnimmt, ergibt sich hierdurch die ideale Gelegenheit, dies gezielt zur Förderung der individuellen Kompetenzen einzelner Schüler auf unterschiedlichen Niveaus einzusetzen bzw. hierzu eine entsprechende Lernplattform zu entwickeln.

Dies soll nicht nur dem individuellen Lernfortschritt eines jeden einzelnen Schülers gerecht werden, sondern auch deren Medienkompetenz gezielt fördern, sodass sie ein umfangreiches Rüstzeug für einen computergeprägten Arbeitsalltag in der Industrie 4.0 erhalten.

## Kapitel 2

# Konzeption

### 2.1 Stoffauswahl und Umfang der Dokumentation

Wie in der Einleitung beschrieben, sind nun mit der individuellen Forderung sowie dem Einsatz digitaler Medien und Infrastruktur zwei Säulen dieser Dokumentation festgelegt. Als Themeninhalt bietet sich aus organisatorischen Gründen die Unterrichtseinheit zu Arbeit, Energie und Leistung an. Sie liegt gemäß dem zu Beginn des Schuljahres erstellten Stoffverteilungsplan unter Berücksichtigung aller Randbedingungen, die im Direkteinstieg zu beachten sind, im optimalen Zeitfenster. Die Konzeption, die verwendeten Medien, Programme, Plattformen sowie die Unterrichtsmethoden lassen sich auf beliebige Unterrichtseinheiten übertragen.

Wie in (*Dokumentation – Hinweise und Erläuterungen* Stand 12.11.2015, 4 f.) erläutert, bietet die neue Prüfungsordnung BSPOII die Möglichkeit, das straffe Korsett der Dokumentation eines kontinuierlichen, insgesamt achtständigen Unterrichtszeitraumes aufzuweichen und einen bestimmten Aspekt, hier die Binndendifferenzierung mit neuen Medien, auch über einen längeren Zeitraum zu entwickeln.

Die Option wurde im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen und der Betrachtungszeitraum gemäßigt erweitert und auf die gesamte Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung ausgedehnt. Begründet wird der Schritt damit, durch diese Maßnahme die Gelegenheit zu nutzen, möglichst viele Lernplattformen, Tablet-Apps, Software, Simulationen und Websites einzusetzen und somit eine Übersicht über die aktuellen digitalen Möglichkeiten einer Tabletschule zu geben.

Gemäß (*Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der dreijährigen Aufbauform* 26.08.2003, 5) ist für die Lehrplaneinheit 3 (Arbeit, Energie) ein Zeitrichtwert von 14 Stunden vorgesehen, zu denen 6 Stunden zur Leistungsfeststellung und möglichen Vertiefung hinzukommen können. Dadurch ergibt sich ein Zeithorizont von insgesamt 18–20 Unterrichtsstunden, die für die Themen der Seite 9, LPE 3 des

Lehrplanheftes zur Verfügung stehen. Unter diesen Randbedingungen wurde eine entsprechende Themenauswahl getroffen, die in einen Stoffverteilungsplan für diese Unterrichtseinheit mündete. Eine Übersicht hierzu kann der Tabelle A.1 des Anhangs A entnommen werden und entspricht der Gliederung des Kapitels 3.

## **2.2 Schülerkohorte**

Gegenstand der Betrachtung ist sowohl eine Eingangsklasse des Technischen Gymnasiums mit Profilfach Mechatronik (TGME11) als auch deren Parallelklasse mit dem Profilfach Informatik (TGI11). Beide Klassen befinden sich im gleichen Unterrichtszyklus. Durch die Betrachtung zweier Parallelklassen ergibt sich ein bedeutender Mehrwert zu der Analyse der Unterrichtseinheit. Es kann beobachtet werden, ob und wie unterschiedlich die eingesetzten Methoden und Medien von den Schülergruppen angenommen werden. Dies gibt zu ihrer generellen Eignung Aufschlüsse.

## **2.3 Anthropogene und soziokulturelle Voraussetzungen**

Nachdem die Schülerkohorte und die Grobstruktur der Unterrichtseinheit, also die Lernsituation, festgelegt sind, gilt es nun, das Augenmerk auf die Schüler selbst zu legen, um dann die Feinstruktur der einzelnen Stunden, also das Lernarrangement, zu planen und auf die Vorkenntnisse und Interessen der Klasse abzustimmen.

In der Einleitung (siehe Kapitel 1) wurde der Kompetenztest (siehe Hinze und Probst 2011) erwähnt, der in beiden Klassen zu Beginn des Schuljahres durchgeführt wurde. Hierin wurde nicht nur die schulische Herkunft der Schüler ermittelt, sondern zudem und insbesondere ihr mathematisches Rüstzeug analysiert. Dies wurde in verschiedene Teilgebiete aufgeschlüsselt und mit einem erwarteten mittleren Anforderungsprofil abgeglichen.

Anschließend konnte der durch den Kompetenztest entstandene Ersteindruck über mehr als ein halbes Unterrichtsjahr sowie jeweils drei Physikklausuren präzisiert und modifiziert werden. Nicht zu verachten sind auch die zahlreichen Gespräche mit den Schülern, die einen tiefen Einblick in ihren Kenntnisstand, ihre Einstellungen und Interessen ergaben.

Abschließend wurde zu Beginn der Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung in beiden Klassen eine Umfrage durchgeführt, in der die Schüler eine Selbstdiagnose durchführen sollten bzgl. ihres Lerntyps, ihres Interesses am Fach Physik sowie zur bevorzugten Wahl ihres Lernmediums.

Die Analyse der Klasse TGME11 hat insgesamt Folgendes ergeben:

- Die Klasse besteht aus 19 Schülern, Schülerinnen sind nicht vorhanden. Elf Schüler besuchten zuvor verschiedene Realschulen des Umkreises von Heidenheim. Fünf Schüler sind von der 9. Klasse des Gymnasiums zur Heid-Tech gewechselt, drei weitere kamen von der Werksrealschule.
- Im Kompetenztest erzielte die Klasse 64 % der erreichbaren Punkte und ist damit kongruent zur Referenzgruppe.
- Im Kompetenztest sowie den drei folgenden Klassenarbeiten zeigte sich, dass es sich um eine homogene Schülergruppe handelt, deren Leistungsspektrum nahezu gaußverteilt ist.
- Die am Anfang der Unterrichtseinheit durchgeführte Umfrage bestätigte den zuvor gewonnenen Eindruck, dass die Schüler dem Experimentieren sehr zugeneigt sind und gerne in Partnerarbeit oder Teamarbeit arbeiten.

Die Analyse der Klasse TGI11 hat insgesamt Folgendes ergeben:

- Die Klasse besteht ebenfalls aus 19 Schülern, Schülerinnen sind nicht vorhanden. 15 Schüler besuchten zuvor verschiedene Realschulen der näheren und weiteren Umgebung Heidenheims. Drei Schüler besuchten zuvor eine Werksrealschule und einer absolvierte eine Ausbildung im IT-Bereich.
- Im Kompetenztest erzielte die Klasse 53 % der erreichbaren Punkte und ist damit schwächer als die Referenzgruppe und ihre Parallelklasse.
- Im Kompetenztest zeigte und bestätigte sich in den drei folgenden Klassenarbeiten, dass das Leistungsspektrum recht inhomogen verteilt ist. Im Wesentlichen ist eine Dreiteilung zu erkennen, also eine starke Schülergruppe, eine mittelstarke Schülergruppe sowie eine sehr schwache Schülergruppe.
- Die Umfrage zur Unterrichtseinheit ergab, dass sich die Schüler eher als Theoretiker sehen, die sich Dinge gerne anhand von Simulationen und Lehrervorträgen erarbeiten (siehe Anhang A.1). Sie bevorzugen Frontalunterricht und sind der Gruppenarbeit eher abgeneigt.

## 2.4 Organisatorischer Rahmen

In beiden Klassen hat jeder Schüler zu Beginn des Schuljahres ein Tablet der Marke Samsung GALAXY Note 10.1 2014 erhalten. Das Tablet wird mit Android Ver. 5.1.1 betrieben. Es darf von den Schülern zu Hause auch für private Zwecke genutzt werden.

Neben dem Tablet stellt die Schule mithilfe von CTL Computertechnik Michael Lang auch eine entsprechende Infrastruktur zur Verfügung, d. h. in allen Räumlichkeiten ist WLAN vorhanden. Neben dem ZENWorks AppStore wird eine weitere schulinterne Softwareinfrastruktur zur Verfügung gestellt, bestehend aus:

- Micro Focus Groupwise, dem E-Mail-Client zur unterrichtsübergreifenden Kommunikation,
- Micro Focus Filr, dem Cloudspeicher zur Bereitstellung und Austausch von Dokumenten,
- Moodle, der Schulinternen Lernplattform,
- Webuntis zum Stundenplan- und Raummanagement
- Novell Vibe als Team Collaboration Platform exklusiv für Lehrer.

Des Weiteren sind die Räumlichkeiten jeweils mit einem Windows-Lehrer-PC, einer Dokumentenkamera sowie einem Beamer ausgestattet. Als Taschenrechner ist der TI-30X Plus MultiView von Texas Instruments eingeführt. Bei Bedarf kann zusätzlich auf einen Klassensatz Laptops mit Windows-Betriebssystemen zurückgegriffen werden, z. B. zum Einsatz Windows-spezifischer oder besonders ressourcenintensiver Software. Als Physikbuch ist der Metzler Physik eingeführt (Grehn und Krause 2007), der neben der klassischen Buchform auch digital bereitgestellt wird.

Als räumliche Besonderheit stehen neben den eigentlichen Physikräumen Laborräume und EULE<sup>1</sup>-Räume zur Verfügung, die nach Bedarf zusätzlich genutzt werden können.

Beide Klassen erhalten jeweils im Wechsel zwei und eine Doppelstunde Physik pro Woche, sodass im Mittel dreistündig pro Woche unterrichtet wird, jedoch immer in Doppelstunden. Die gemäß Studentenfamilie eigentlich vorgesehene Laborstunde muss aufgrund des Mangels an Physiklehrern entfallen.

---

<sup>1</sup>Die Abkürzung EULE steht für Eigenverantwortliches Ueben, Lernen und Erarbeiten und ist Teil eines umfangreicheren Lernkonzeptes, das an der Heid-Tech durchgeführt wird.

## 2.5 Binnendifferenzierung

In Kapitel 2.3 wurde die mehr oder weniger stark ausgeprägte Heterogenität der beiden Klassenverbände schon ersichtlich. So gibt es Unterschiede in der fachlichen, persönlichen, kulturellen und sozialen Kompetenz der einzelnen Schüler, die sich in Ausdrucksvermögen, Arbeits- und Lernverhalten, dem Umgang mit eigenen Emotionen und anderen Schülern zeigen.

Dieser Heterogenität soll nun mit didaktischen, methodischen und organisatorischen Maßnahmen begegnet werden, um innerhalb einer Lerngruppe über einen bestimmten Zeitraum hinweg kleinere homogener Gruppen von Lernenden gezielt zu fordern und zu fördern.

Grundsätzlich kann auf allen didaktischen und methodischen Ebenen differenziert werden. Aspekte der Differenzierung können sein:

- Eine Differenzierung nach Medium. Dieser Aspekt soll in der vorliegenden Arbeit besondere Berücksichtigung finden.
- Unterrichtsorganisation.
- Unterrichtsinhalte gemäß den individuellen Interessen der einzelnen Schüler.
- Unterrichtsziele.

Die Aspekte werden in der Literatur näher diskutiert (siehe Scholz 2007, 7 ff.). Im Sinne dieser Arbeit kann auch eine Definition des Begriffs „Binnendifferenzierung“ abgeleitet werden.

Binnendifferenzierung ist demnach die individuelle Förderung einzelner Schüler innerhalb der bestehenden Lerngruppe. Dabei ist es keineswegs das Ziel, Heterogenität aufzulösen, sondern sie beschreibt den produktiven Umgang mit ihr. So werden die individuelle Begabung und das spezielle Interesse jedes Individuums innerhalb einer Lerngruppe im Sinne eines gegenseitigen fruchtbaren Austausches verstärkt als Chance aufgefasst (vgl. Scholz 2007).

Der Begriff „Binnendifferenzierung“ wird im Übrigen oft synonym zur „inneren Differenzierung“ verwendet.

Diese Differenzierung geschieht durch eine Themendifferenzierung, einem unterschiedlichen Komplexitätsgrad der Lerninhalte, der gewählten Unterrichtsmethode und, hier ganz besonders im Fokus, die Wahl des Mediums zur Vermittlung der Inhalte.

Dabei ist es sinnvoll, nur einzelne oder auch nur einen Aspekt in einer Unterrichtsstunde herauszugreifen. Wie die Differenzierung konkret stattfand, wird in Kapitel 3 zur Besprechung der einzelnen Stunden genauer erörtert.

Ziel war es, in der Dokumentationsphase ein möglichst großes Spektrum an Aspekten der Differenzierung zu erproben. Ideen und Anregungen hierzu wurden der einschlägigen Literatur entnommen. Insbesondere wurden die Erörterungen zur Binnendifferenzierung von (Scholz 2007), (Fiebig 2014) und (Boller und Lau 2010) in dieser Dokumentation kondensiert.

## 2.6 Diagnose

Eine gründliche Diagnose ist eine wichtige Komponente zur Verwirklichung einer zielgerichteten und schülergerechten Binnendifferenzierung und ist zur Wahl geeigneter Unterrichtsmedien und -methoden unabdingbar. Eine umfangreiche Übersicht zur pädagogischen Diagnostik findet sich in (Jürgens und Lissmann 2015) und (Heinrichs 2014).

In dieser Arbeit wird die Diagnose in folgender Weise ausfasst: „Neue Formen der Leistungsbeurteilung erfassen Leistungen von Schülerinnen und Schülern, die über den fachlich-inhaltlichen Lernbereich hinausgehen. Sie überprüfen und beurteilen Elemente aus allen Lernbereichen des erweiterten Lernbegriffs: methodisch-strategische Leistungen, sozial-kommunikative Leistungen, persönliche Lernleistungen“ (siehe Bohl und Grunder 2004, 19).

Zur Diagnose werden im Rahmen dieser Dokumentation sowohl moderne, digitale Instrumente als auch althergebrachte, aber bewährte Methoden angewendet.

Zur Vorbereitung der Unterrichtseinheit wurden der in Kapitel 2.3 erwähnte Kompetenztest (Hinze und Probst 2011) sowie die vorangegangenen Klassenarbeiten als klassisches Fremddiagnose-Instrument herangezogen.

Weiterhin wurde mit der Onlineplattform Q-Set (<http://www.q-set.de/>) eine Schülerselbstdiagnose erstellt. Die Ergebnisse wurden in Kapitel 2.3 verarbeitet.

Im Verlauf der Unterrichtseinheit kamen weitere Diagnoseinstrumente zum Einsatz.

- Moodle dient zur Abgabe der Hausaufgaben. So kann die Lehrkraft den Lernfortschritt auch außerhalb der Unterrichtszeiten überprüfen und die Folgestunden darauf anpassen.

- GeoGebra-Worksheets wurden ebenfalls zur Einreichung der Hausaufgaben verwendet. Im Unterschied zu Moodle können hier interaktive Worksheets verwendet werden.
- Socrative fand als Kurztest am Stundenende Verwendung. Es gibt auf einzelne Schüler heruntergebrochen einen interessanten Einblick darüber, welche Stundeninhalte durch die Schüler aufgenommen wurden.
- Bezug nehmend auf die Ergebnisse der Hattie-Studie (Hattie 2008) wurde konsequent zu jeder Doppelstunde ein kurzes Schülerfeedback mit Q-Set eingeholt. Zur detaillierten Analyse wurden die Schüler zusätzlich gebeten, Fragebögen auszufüllen. Hierdurch hat die Lehrkraft die Möglichkeit, ihren Eindruck zur Stunde mit denen der Schüler abzuleichen und ggf. die Folgestunde daran anzupassen.

Am Ende der Unterrichtseinheit wurde zur Selbstdiagnose eine „Ich kann“-Liste angeboten und als klassisches Diagnoseelement eine Klausur angesetzt, die das Thema „Arbeit, Energie, Leistung“ beinhaltete, in die aber weitere Lerninhalte des gesamten Schuljahres einflossen, um ihr den Charakter einer Jahresabschlussklausur zu verleihen.

## 2.7 Unterrichtsmethoden und Medien

Ergänzend zu den Diagnoseinstrumenten, die in Kapitel 2.6 vorgestellt wurden, kamen im Unterrichtsverlauf verschiedene Medien, Plattformen und Apps zum Einsatz.

- QRCodeGen ist ein Java-Programm, das zur Erstellung von QR-Codes genutzt wurde. Diese Codes konnten von den Schülern mit der Android-App NeoReader gelesen werden. Die QR-Codes wurden auf Arbeits- und Aufgabenblättern positioniert und beinhalteten in der Regel zusätzliche Hinweise und Tipps. Zusammen mit einem Punktesystem, das der Schüler zur Selbsteinschätzung verwenden konnte, wurde hiermit eine leistungsorientierte Binnendifferenzierung realisiert.
- Phet (<https://phet.colorado.edu/>) ist eine Onlineplattform. Zu den dort bereitgestellten Physiksimulationen wurden Arbeitsaufträge erdacht. Hiermit ist nicht nur eine Methodendifferenzierung zum klassischen Experiment möglich, sondern der Schwierigkeitsgrad kann ebenfalls angepasst werden.

- Phyphox, SmartMeasure und Vidanalysis sind Apps für das Tablet oder Smartphone, die die Sensoren oder den Bildspeicher des Gerätes auslesen und verarbeiten. Hierdurch ist ein alternativer Zugang zur klassischen Messapparatur bzw. den Experimentierkästen gegeben.
- YouTube (<https://www.youtube.com/>) bietet z. B. mit TheSimplePhysics einen Kanal, auf dem Lernvideos zum Energiethema zu finden sind, und somit eine Alternative zum Lehrervortrag bieten.
- Die Heid-Tech-Energie-App ist eine im Rahmen dieser Dokumentation entstandene Learning-App, mit der binnendifferenzierte Aufgaben zum Unterrichtsthema bearbeitet werden können.

Zu den konkreten Details, wie die einzelnen Medien im Hinblick auf die Binnendifferenzierung eingesetzt wurden, wird auf Kapitel 3 verwiesen.

Im Laufe der Unterrichtseinheit wurden verschiedene Sozialformen angewendet. Es gab Phasen der Einzel-, Team- und Gruppenarbeit sowie Lehrervorträge. Zum Einsatz kamen zudem Unterrichtsmethoden wie Gruppenpuzzle, Placemat, Think-Pair-Share, Referate und E-Learning.

## 2.8 Zielsetzung

Zur Unterrichtseinheit insgesamt wurden Grobziele formuliert sowie zu jeder einzelnen Unterrichtsstunde Feinziele. Unter dieser Maßgabe wurden anschließend die einzelnen Stunden geplant.

Folgende Ziele wurden angestrebt:

- In erster Linie waren die fachlichen Ziele zu erfüllen, die in Kapitel 3 zu den einzelnen Stunden aufgeführt werden.
- Gezielte Förderung der Medienkompetenz durch aktives Anwenden verschiedener digitaler Medien.
- Verlagerung von extrinsischer zu intrinsischer Motivation durch einen variantenreichen und ansprechenden Unterricht, bei dem jeder Schüler auf seinem Wissensstand gefördert wird und niemand das Gefühl hat, unter- oder überfordert zu sein.
- Stärkung der Eigenverantwortung für den Lernerfolg.
- Stärkung der Sozialkompetenz durch Teamwork und Gruppenarbeit.

## Kapitel 3

# Umsetzung der Konzeption

### 3.1 Die Lehrplaneinheit 3 in der Übersicht

In der Tabelle A.1 des Anhangs A ist der Stoffverteilungsplan der Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung für die Eingangsklasse des Technischen Gymnasiums dargestellt, wie er aus dem Lehrplanheft für die Lehrplaneinheit 3 abgeleitet wurde (*Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der dreijährigen Aufbauform 26.08.2003*, 9).

In der hier dokumentierten Unterrichtseinheit lernt der Schüler die Erhaltungsgröße Energie kennen, die es gestattet, mechanische Probleme elegant zu lösen. Es wird ihm ersichtlich, dass es sich hierbei um eine physikalische Größe handelt, die alle Teilgebiete der Physik verbindet. Er versteht, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur umgewandelt werden kann. Dennoch erkennt er, dass Energie eine kostbare Ressource ist, mit der möglichst sparsam umgegangen wird (vgl. *Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der dreijährigen Aufbauform 26.08.2003*, 9).

Inspirierungen zur Umsetzung des Unterrichtskonzeptes kamen aus dem in der Klasse eingeführten Lehrbuch Metzler Physik (Grehn und Krause 2007) sowie dessen Vorgänger (Bader und Dorn 2006) und weiteren, wie z. B. Duden Physik (*Lehrbuch Physik Gymnasiale Oberstufe* 2016), (*Impulse Physik – Experimente* 2012), (*Impulse Physik – Oberstufe Eingangsklasse* 2017), Physikalische Schülerexperimente (Wilke 1997), Physik als Abenteuer (Kramer 2015) sowie aus der Pars-Gruppe (Weiler und Dimopoulos 11.02.2014).

Die Unterrichtseinheit wird mit dem Begriff der Arbeit und verschiedenen Arbeitsformen eingeleitet.

Die Folgestunde ist nicht Teil der Dokumentation, da in dieser Stunde ein Unterrichtsbesuch des Fachdidakten stattfand. Sie wird nur zur Vollständigkeit aufgeführt. In dieser Stunde wird die goldenen Regel der Mechanik eingeführt. Zwar wird hier

der physikalische Begriff der Arbeit vertieft, das Thema selbst steht jedoch nicht in direktem Lehrplanbezug.

In der darauffolgenden Unterrichtssequenz werden verschiedene Energieformen eingeführt, um anschließend die Umwandlung dieser Energieformen ineinander zu betrachten. Hierbei verstehen die Schüler, dass die Gesamtenergie stets erhalten bleibt.

Anschließend werden die Begriffe Leistung und Wirkungsgrad in einer Doppelstunde eingeführt. Als Besonderheit ist einer der Schülerversuche dabei so konzipiert, dass er einen Leistungsmessstand im Labormaßstab nachbildet. Dies geschieht im Vorgriff auf eine zu einem späteren Zeitpunkt angesetzte Besichtigung eines solchen Messstandes.

Nachdem alle wichtigen physikalischen Beobachtungen gemacht und die wesentlichen Unterrichtsinhalte zum Thema Arbeit, Energie, Leistung gemäß Lehrplan gesammelt wurden, ist die durch Erarbeitung geprägte Unterrichtssequenz beendet. Es beginnt nun ein Abschnitt, der von Wiederholung und Vertiefung geprägt ist.

Ausgangspunkt ist hierbei eine Übungsstunde, in der die von mir programmierte App zum binnendifferenzierten Lernen Anwendung findet.

Die folgende Doppelstunde teilte sich in zwei Teile auf. Im ersten Teil halten die Schüler Referate, in denen sie jeweils einen Aspekt zum Thema Energie vertiefen. Im zweiten Teil wird der schon angesprochene Leistungsmessstand besichtigt.

Die anschließende Doppelstunde dient zur Klausurvorbereitung. In ihr werden binnendifferenzierte Hausaufgaben auf Basis von GeoGebra-Worksheets besprochen und Fragen geklärt werden.

Die Unterrichtseinheit wird mit einer Klausur und ihrer Besprechung abgeschlossen.

## **3.2 1. Doppelstunde: Einführung der Arbeit**

### **3.2.1 Thema und Ziele der Stunde**

Die erste Doppelstunde der Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung stand unter dem Thema „Einführung der Arbeit“ als physikalische Größe. Es wurden vier Teilziele formuliert, die es in dieser Sequenz zu erreichen gilt:

1. Die Schüler erlernen die Formel für die Arbeit.
2. Sie wissen, dass Arbeit nur in Kraftrichtung verrichtet wird.

3. Die Formel für die potenzielle Energie ist bekannt und kann hergeleitet werden.
4. Der Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie wird verstanden.

### 3.2.2 Methodik und Stundenplanung

Die Stunde beginnt mit der Aufgabe, bei einem Umzug die zu verrichtende Arbeit möglichst gleichmäßig auf die Helfer zu verteilen. Hierdurch sollen die Schüler an die Definition der Arbeit  $W = F \cdot s$  herangeführt werden. Außerdem sollen sie erkennen, dass Arbeit nur in Kraftrichtung wirkt. Binnendifferenzierung dient zur Stärkung der Vorstellung des Sachverhaltes und des physikalischen Vorgangs bei Bedarf wahlweise eine Simulation der Website Leifi Physik oder ein GeoGebra-Worksheet.

Nach Besprechung der Aufgabe leitet der Lehrer die potenzielle Energie her und erläutert anhand eines Handouts den Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie.

Abschließend findet eine Übungsphase statt, in der die Schüler Aufgaben rechnen. Die leistungsschwachen Schüler können sich über QR-Codes Hilfestellungen zu den Aufgaben holen, während starke Schüler eine etwas schwerere Zusatzaufgabe erhalten. Zum Schluss der Stunde werden die Ergebnisse besprochen.

### 3.2.3 Reflexion

Binnendifferenzierung wird in dieser Stunde durch folgende Komponenten realisiert:

- Zwei zusätzliche Simulationen zur Visualisierung der physikalischen Abläufe.
- Hilfestellungen durch QR-Codes, die mit dem Java-Programm QRCodegen erstellt wurden und mit der Android-App NeoReader gelesen werden können.
- Eine Expertenaufgabe, die an starke Schüler adressiert ist. Hierbei wird jedoch auf die Verwendung neuer Medien verzichtet.

Die Stunde verlief wie geplant. Technische Schwierigkeiten traten lediglich bei der Flash-Simulation der Seite Leifi Physik auf, da Flash nicht ohne Weiteres von den Android-Tablets der Schüler unterstützt wird. Abhilfe schafft hier der Puffin Web Browser.

Inhaltlich gab es Schwierigkeiten, zu verstehen, dass Arbeit nur in Kraftrichtung und nicht unbedingt in Wegrichtung geleistet wird. Dies spiegelte sich auch in der Übungsaufgabe 2 wider.

### 3.3 2. Doppelstunde: Kinetische Energie

#### 3.3.1 Thema und Ziele der Stunde

In dieser Doppelstunde wird die kinetische Energie mit den Schülern entdeckend eingeführt. Dazu wurden drei Teilziele definiert, die zu erreichen sind.

1. Die Schüler können die Beschleunigungsarbeit mithilfe von  $W = F \cdot s$  berechnen.
2. Die Schüler wissen, dass die kinetische Energie proportional zur Masse und zum Quadrat der Geschwindigkeit ist.
3. Die Schüler kennen die Formel für die Bewegungsenergie und können sie in Aufgaben anwenden.

#### 3.3.2 Methodik und Stundenplanung

Als motivierender Aufhänger wird zu Beginn der Unterrichtsstunde ein Ausschnitt aus dem Film Armageddon gezeigt. Anschließend wird die Frage gestellt, ob der Protagonist die Erde retten kann, indem er den Asteroiden mit einer Atombombe in zwei Hälften sprengt, die jeweils an der Erde vorbeifliegen.

Die Schüler sind aufgefordert, den Vorgang zu skizzieren und sich zu überlegen, welche physikalischen Größen eine Rolle spielen. Ziel ist es, ein Problem aus der „alltäglichen“ Welt auf eine physikalische Fragestellung zu reduzieren. Zur Ergebnissicherung werden die möglichen Einflussgrößen an der Tafel gesammelt.

Danach beginnt die eigentliche Erarbeitungsphase, in der sich die Schüler die kinetische Energie in Gruppen erarbeiten. Die Schüler können sich ihrem Lerntypus entsprechend eine Gruppe aussuchen; es stehen folgende Gruppen zur Verfügung:

,Gruppe 1: der Wagen (klassisches Experiment) Gruppe 2: das Fahrrad (Experiment mit dem Einsatz von Smartphone-Apps), Gruppe 3: die Theorie (Zugang mit Lernvideos).

In dieser Stunde wird Binnendifferenzierung während der Gruppenphase realisiert, in der die Schüler ihrem Lerntypus entsprechend eine Gruppe wählen können. Es gibt eine rein experimentelle Gruppe, eine Gruppe, in der sie Messungen via Smartphone-App realisieren, und eine Theoriegruppe, in der sie mit Lernvideos die Formel für die kinetische Energie herleiten.

Beim klassischen Experiment wird die Geschwindigkeit eines Laborwagens in Abhängigkeit von der Zugkraft bestimmt. Hierbei lässt sich das Gesetz der Bewegungsenergie herleiten.

Das Fahrradexperiment findet im Freien statt. Ein Radfahrer bremst aus unterschiedlichen Geschwindigkeiten sein Fahrrad bis zum Stillstand ab. Die Beschleunigung wird dabei mit der Smartphone-App „Phyphox“ gemessen. Der Bremsweg wird anschließend mit „SmartMeasure“ gemessen. Eine dritte Person verwendet „Video-Analysis“ zur Überwachung des Versuches. SmartMeasure verwendet dabei eine besondere Methode zur Abstandsmessung, die durch die Winkelbestimmung mit den Lagesensoren des Handys realisiert wird.

Die Theoriegruppe erarbeitet sich den Sachverhalt mithilfe von Lernvideos von „TheSimplePhysics“.

Die Ergebnisse der Gruppenarbeiten werden im Anschluss im Plenum diskutiert und die exakte Formel für die kinetische Energie wird an der Tafel hergeleitet.

In der folgenden Transfer- und Übungsphase berechnen die Schüler zur Lernzielkontrolle, ob die Energie der Atombombe ausreicht, um die zwei Bruchstücke an der Erde „vorbeizulenken“. Abschließend präsentiert ein Schüler seine Ergebnisse unter der Dokumentenkamera.

Ein Übungsblatt mit Hausaufgaben ist bis zur kommenden Stunde mit Moodle einzureichen. Auf dem Übungsblatt ist durch die vorhandenen QR-Codes ebenfalls eine Binnendifferenzierung gegeben.

### 3.3.3 Reflexion

Die Auswertung der Schülerbefragung zeigt, dass diese Unterrichtsform überwiegend positiv aufgenommen wurde (Zusammenfassung der Auswertung siehe Anhang A.2). Der Umfang war genau richtig. Die detaillierte Auswertung zeigt jedoch, dass der Schwierigkeitsgrad in der Theoriegruppe teilweise als zu leicht empfunden wurde. Dies kann durch das Auslassen einiger Hilfestellungen in Zukunft optimiert werden.

Während Phyphox sich bei anderen Versuchen schon bewährt hat, gab es beim Fahrradversuch messtechnische Schwierigkeiten, denn die Abbremsverzögerung wurde durch Vibrationen während der Fahrt stark überlagert. SmartMeasure und Video-Analysis können hier jedoch bestens eingesetzt werden.

## 3.4 3. Doppelstunde: Spannenergie

### 3.4.1 Thema und Ziele der Stunde

Ziel dieser Doppelstunde ist die Einführung der Spannenergie. Dazu wurden drei Teilziele definiert, die zu erreichen sind:

1. Die Schüler kennen die Formel für die Spannenergie.
2. Die Schüler können die Spannenergie aus der Grundgleichung für die Arbeit herleiten.
3. Die Schüler können die Spannenergie mithilfe der Messergebnisse bestimmen.

Außerdem werden in dieser Stunde weitere Kompetenzen der Schüler gefördert. Im Experiment identifizieren und entwickeln sie ein Verständnis der Einflussgrößen und gegebenen Vorgänge. Weiterhin schärfen sie ihr experimentelles Geschick. In der Konsolidierungsphase üben die Schüler, vor einer kleinen Gruppe zu sprechen und physikalische Sachverhalte zu präsentieren.

### 3.4.2 Methodik und Stundenplanung

Der Einstieg beginnt mit einer kurzen Einleitung, in der der weitere Ablauf erklärt wird. Die Stunde gliedert sich in 3 Abschnitte:

- Abschnitt 1: Herleitung der Formel für die Spannenergie.
- Abschnitt 2: Bestimmung der Spannenergie an einem Experiment.
- Abschnitt 3: Betrachtung und Diskussion der anderen Experimente.

In Abschnitt 1 kann der Schüler frei zwischen vier Zugängen wählen, wobei jeder Zugang die Herleitung der Formel für die Spannenergie zum Ziel hat. Im Einzelnen sind dies:

- Zugang 1: Der Lehrervortrag. Die Spannenergie wird in einem lehrerzentrierten Vortrag eingeführt.
- Zugang 2: Der Autodidakt und Bücherwurm. Der Bücherwurm erarbeitet sich eigenständig anhand gegebener Bücher die Spannenergie.
- Zugang 3: Der Autodidakt und Internetsurfer. Der Internetsurfer erarbeitet sich anhand einiger Internetseiten und Lernvideos die Spannenergie.
- Zugang 4: Der Praktiker. Der Praktiker führt Versuche durch, anhand derer er sich die Gesetzmäßigkeiten der Spannenergie verdeutlicht.

Im Anschluss an diese Erarbeitungsphase wird ein Schüler gebeten, die Spannenergie an der Tafel herzuleiten. In Abschnitt 2 hat der Schüler die Möglichkeit, sich eines von fünf Experimenten auszusuchen. Die Experimente haben einen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad und unterscheiden sich auch in der Art der zu verwendenden neuen Medien. Der Schwierigkeitsgrad ist zur Orientierung auf dem Arbeitsblatt angegeben.

- Experiment 1: Das Spielzeugauto. Schwierigkeit: +++. Bestimmung der Spannenergie eines Spielzeugautos unter Zuhilfenahme der App SmartMeasure.
- Experiment 2: Die Kugelschreiberfeder. Schwierigkeit: ++. Freihandexperiment zur Bestimmung der Spannenergie einer Kugelschreiberfeder unter Zuhilfenahme der App VidAnalysis.
- Experiment 3: Die Luftkissenfahrbahn. Schwierigkeit: ++. Bestimmung der Spannenergie von zwei Federn an einer Luftkissenfahrbahn mit der App Phyphox.
- Experiment 4: Die Gummibänder. Schwierigkeit: +. Bestimmung der Spannenergie verschiedener ungleichmäßiger Gummibänder mit dem klassischen Messsystem von Cassy.
- Experiment 5: Die Feder. Schwierigkeit: +. Bestimmung der Spannenergie einer Feder mit dem klassischen Messsystem von Phywe.

Details zur genauen Durchführung der Experimente können den Übungsblättern im Anhang A.3 entnommen werden.

Zu Beginn des 2. Abschnitts wird jedem Schüler der Gruppe ein Buchstabe zugeordnet. In Stundenabschnitt 3, der Konsolidierungsphase, werden dann Schüler mit gleichem Buchstaben zusammengeführt. Hier wird die Unterrichtsmethode „Gruppenpuzzle“ angewendet. Jeder Schüler ist nun Experte für sein Experiment und reihum erklären sich die Schüler gegenseitig ihre Ergebnisse.

Abschließend wird den Schülern noch ein Handout mit der Herleitung verschiedener Energieformen gereicht.

### 3.4.3 Reflexion

Binnendifferenzierung wurde in dieser Stunde durch die unterschiedlichen Vermittlungsformen der Stoffinhalte gewährleistet. Durch die große Varianz konnte jeder Schüler die für ihn optimal geeignete Zugangsform wählen. Variation entsteht hierbei auch dadurch, dass ein Zugang die Verwendung neuer Medien beinhaltet.

Der Komplexitätsgrad der Experimente variiert ebenfalls. Durch den Einsatz neuer Medien werden manche Versuche erst ermöglicht bzw. die Messung erleichtert.

Die Bestimmung der Spannenergie des Spielzeugautos war mit Abstand die schwierigste Aufgabe, sodass sich aus der Klasse TGI11 niemand an dieses Experiment herangewagt hat. Die Auswertung der Fragebögen (Anhang A.3) zeigt ansonsten, dass die Schüler mit ihrer Wahl des Themenzugangs und des gewählten Experimentes zufrieden waren. Sie zeigt außerdem, dass sie sich selbst bzgl. ihres Lerntypus gut einschätzen können. Der vom Lehrer eingeschätzte Schwierigkeitsgrad der Experimente wurde von den Schülern vollkommen bestätigt. Technische Schwierigkeiten mit den neuen Medien sind in dieser Stunde nicht aufgetreten, die Schüler sind mit vielen Apps und Medien aus dem Unterricht schon vertraut.

## **3.5 4. Doppelstunde: Energieerhaltung**

### **3.5.1 Thema und Ziele der Stunde**

In dieser Stunde steht die Entdeckung der Energieerhaltung im Mittelpunkt. Zum Ende der Stunde sollen die Schüler das folgende Wissen erworben haben:

1. Sie wissen, dass Energie erhalten ist, und erkennen, dass Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann.
2. Sie können verschiedene Energieformen korrekt ineinander umwandeln.

Zudem stärken sie entweder ihr experimentelles Geschick oder ihre Medienkompetenz im Umgang mit Computersimulationen.

### **3.5.2 Methodik und Stundenplanung**

Die Stunde ist darauf ausgelegt, dass zu jedem klassischen Experiment eine korrespondierende Computersimulation zur Verfügung gestellt wird. Der Schüler darf sich zuerst entscheiden, ob er in dieser Stunde simulieren oder an einem Experiment teilnehmen möchte.

Die Simulationen wurden in diesem Fall der Website „Phet - Interactive Simulations“ (<https://phet.colorado.edu>) entnommen. Nach einer kurzen Einführungsphase und Vorstellung der Versuche und Simulationen dürfen die Schüler sich schließlich für eine der Möglichkeiten entscheiden und diese gemäß Anleitung durchführen (Arbeitsblätter siehe Anhang A.4).

Nach Durchführung der Experimente und Simulationen werden die Ergebnisse an der Tafel gesichert und besprochen. Die Schüler vertiefen dadurch ihr soeben entdecktes Wissen und haben die Möglichkeit, Fehlvorstellungen zu korrigieren.

Anschließend bildet der Lehrer Gruppen, in denen sich die Schüler reihum die Experimente anschauen und der jeweilige Versuchsexperte seine Vorgehensweise sowie die Spezifika seines Experimentes kurz rekapituliert. Die Schüler erhalten in diesem Gruppenpuzzle die Möglichkeit, vor einer Gruppe sprechen zu üben und physikalische Sachverhalte zu präsentieren.

### 3.5.3 Reflexion

Die beiden Klassen zeigten bei ihrer Wahl das schon beobachtete Verhalten. Während die Schüler der TGME11 zum überwiegenden Teil das Experiment bevorzugten, entschied sich die Mehrheit der Schüler der TGI11 für die Computersimulation. Dies steht in Kongruenz zu ihren Profilfächern Mechatronik bzw. Informatik.

Die Durchführung der Simulationen ist leichter als das Experiment, da hier weniger experimentelles Geschick gefordert ist. Durch die gegebene Darstellung ist die Messwerterfassung erleichtert und die Daten werden besser visualisiert. Zudem können mögliche unerwünschte Nebeneffekte wie z. B. Reibung ausgeschlossen werden. Der Einsatz neuer Medien ermöglicht hier also eine Variation des Schwierigkeitsgrades.

Es kann bei der Simulation jedoch als Nachteil angesehen werden, dass die Bedienung der Programme erst erlernt werden muss, was je nach Programmkomplexität und Ergonomie einen unterschiedlichen Stellenwert einnimmt. Dieser Zusatzaufwand wurde für hiesige Simulationen als vertretbar erachtet, da das physikalische Thema eindeutig im Vordergrund steht.

Da die Java-Anwendungen momentan auf den Schüler-Tablets nicht lauffähig sind, wurde für diese Simulationen auf einen Satz Windows Laptops zurückgegriffen, die von der Physikfachschaft vorgehalten werden.

Insgesamt wurden sowohl die Simulationen als auch die Experimente von den Schülern als gut geeignet angesehen, das Stoffverständnis näherzubringen.

Abschließend ist zu bemerken, dass in der Simulation der Energieskatepark und im Experiment die Darda-Bahn bzw. das Pendel am besten angenommen wurde. Aus Schülersicht entsprachen die Schwierigkeitsgrade im Wesentlichen der Einschätzung des Lehrers. Die Frage zum Stoffverständnis zeigte bei manchen Schülern jedoch

noch Unsicherheiten (siehe Umfrageauswertung in Anhang A.4), die in einer zeitnah geplanten Übungsstunde gelöst werden sollen.

## **3.6 5. Doppelstunde: Leistung und Wirkungsgrad**

### **3.6.1 Thema und Ziele der Stunde**

Thema dieser Stunde ist die Einführung der Leistung und des Wirkungsgrades. Die drei folgenden Ziele sollen in dieser Stunde erreicht werden:

1. Die Schüler wissen, wie mechanische Leistung definiert ist.
2. Die Schüler wissen, wie der Wirkungsgrad definiert ist.
3. Die Schüler können den Wirkungsgrad einer Maschine berechnen.

### **3.6.2 Methodik und Stundenplanung**

Zu Beginn der Stunde erhalten die Schüler ein Arbeitsblatt. In der Erarbeitungsphase ist es die Aufgabe, die physikalischen Begriffe „mechanische Leistung“ und „Wirkungsgrad“ in Einzelarbeit und eigenständig im Internet zu recherchieren. Hierdurch wird die anschließende Beantwortung der Fragen des Arbeitsblattes ermöglicht.

In der Ergebnissicherungsphase präsentiert ein Schüler seine Ergebnisse unter der Dokumentenkamera. Nach einer kurzen Besprechung werden die Schüler gebeten, sich zu entscheiden, ob sie einen körperlich oder physikalisch anspruchsvollen Versuch durchführen möchten, ohne jedoch Einzelheiten zum Versuchsablauf zu kennen.

Danach sehen die Schüler einen Videoausschnitt des Empire State Building Run-Ups und die Aufgabenstellungen werden enthüllt. Hierbei handelt es sich um die Folgenden:

- Leistungsmessung einer Bohrmaschine,
- Leistung bei einem Heid-Tech Run-Up.

Im ersten Fall bestimmen die Schüler die Leistung, die eine Bohrmaschine auf einen Holzblock bei verschiedenen Anpresskräften überträgt. Die Drehzahl der Bohrmaschine wird dabei mit einem Stroboskop gemessen. Dieser Versuch ist als schwierig einzuschätzen, da auf bekanntes Wissen wie Reibungskraft und Hebelgesetze zurückgegriffen wird und dies mit dem neu erworbenen Wissen zu verknüpfen ist.

Der Heid-Tech Run-Up gestaltet sich hingegen einfacher. Es ist in diesem Fall ein Wettbewerb, bei dem nicht der schnellste Läufer gewinnt, sondern derjenige, der die

höchste Leistung erbringt. In der Regel schlagen die schwereren, langsamen Schüler hierbei die leichteren, schnelleren.

Nach Beendigung dieser Erarbeitungsphase schließt sich eine Ergebnissicherungsphase an, in der von jeder Gruppe ein Schüler seine Ergebnisse präsentiert.

Anschließend präsentiert die Lehrkraft in einem Demonstrationsversuch, wie die mechanische Leistung der Bohrmaschine in Verbindung mit einem Leistungsmessgerät gemessen werden kann. Daraufhin berechnen die Schüler den Wirkungsgrad der Bohrmaschine mit den Messwerten des ersten Experimentes.

Zum Stundenschluss gibt es binnendifferenzierte Hausaufgaben, die der Webseite Leifi-Physik (<https://www.leifiphysik.de>) entnommen wurden. Die Aufgaben sind in leicht, mittel und schwer aufgeteilt. Jeder Schüler muss drei Aufgaben auswählen und sie mit Moodle einreichen.

### 3.6.3 Reflexion

In der Recherche phase werden neue Medien zur Erarbeitung des neuen Stoffes eingesetzt. Hier wie auch im Bohrmaschinenexperiment gibt es Tipps, die mit QR-Codes ausgelesen werden können. Die Hausaufgaben wurden ebenfalls binnendifferenziert gestaltet.

Das Einreichen der Hausaufgaben mit Moodle hat indes den entscheidenden Vorteil, dass die Lehrkraft sich die Schülerergebnisse in Ruhe in der Vorbereitungsphase zur Folgestunde anschauen und ggf. ergänzende Erklärungen einplanen kann.

Bei dem Bohrmaschinenexperiment benötigte insbesondere die Klasse TGI11 über die gegebenen Hilfestellungen hinaus weitere Erklärungen der Lehrperson, um in dem gegebenen Zeitrahmen zur Lösung zu gelangen. Die House-Run-Up Gruppen konnten ihre Aufgabenstellung hingegen leicht und selbstständig bewältigen.

Die Auswertung der Umfrage zeigte, dass der erste Stundenteil gemäß der Schülerselbstschätzung allgemein gut bis sehr gut verstanden wurde (für Details siehe Anhang A.5). Im 2. Teil, der Berechnung des Wirkungsgrades, traten jedoch teilweise noch Unsicherheiten auf. Aus der Detailanalyse geht hervor, dass die Bewertung in beiden Gruppen des ersten Unterrichtsabschnittes schlechter ausfiel. Es wäre zu erwarten gewesen, dass diejenigen Schüler, die zuvor das Bohrmaschinenexperiment durchgeführt haben, hier einen Vorteil hätten.

Da dieser Versuch als Demonstrationsexperiment von der Lehrperson vorgeführt wurde, lässt dies den Schluss zu, dass die Schüler ein größeres Gefühl des sicherer

Verständnisses bekommen, wenn sie, wie im ersten Teil der Stunde, selbst Hand anlegen dürfen. Daraus lässt sich ableiten, dass ein auf Handlungsorientierung ausgerichteter Unterricht verstärkt zum Schülerverständnis beiträgt.

## **3.7 6. Doppelstunde: Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App**

### **3.7.1 Thema und Ziele der Stunde**

Die Stunde ist als reine Übungsstunde angelegt, in der die Schüler ihr bisher erlerntes Wissen der Unterrichtsreihe „Arbeit, Energie, Leistung“ rekapitulieren und vertiefen.

### **3.7.2 Methodik und Stundenplanung**

In der Vorbereitung zur Unterrichtsreihe zeigte sich, dass es verschiedene Websites gibt, die binnendifferenziertes Üben ermöglichen. Genannt seien hier z. B. Pittys Physikseite (<https://physikaufgaben.de/index.php>) und der schon genannte Webauftritt von Leif Physik (<https://www.leiphysik.de/>). Es stellte sich allerdings auch heraus, dass aktuell keine ausgereifte Learning-App für das Fach Physik existiert, die z. B. den Umfang der mittlerweile weit verbreiteten Sprach-Apps hat (siehe Babbel, Duolingo oder Mondly).

Deshalb habe ich mich dazu entschieden, selbst eine App zu schreiben, die binnendifferenziertes Lernen in der Unterrichtseinheit „Arbeit, Energie, Leistung“ ermöglicht.

Die App ist unterteilt in zwei Abschnitte. Im ersten Abschnitt sind von allen Schülern die gleichen sechs Aufgaben zu lösen, wobei der Schwierigkeitsgrad je nach Aufgabe variiert. Pro richtig gelöste Aufgabe gibt es einen Punkt.

Je nach Punktestand bekommt der Schüler im zweiten Abschnitt dann leichte, mittelschwere oder schwere Aufgaben präsentiert. Hat ein Schüler alle Aufgaben richtig gelöst, gibt es ein Upgrade auf den nächsthöheren Schwierigkeitsgrad. Hat ein Schüler alle Aufgaben richtig gelöst, gibt es eine kleine Überraschung.

Zu einigen Aufgaben können die Schüler sich einen Tipp zur Lösung innerhalb der App anschauen. Für den Tipp gibt es keinen Punktabzug. Nach richtiger oder falscher Lösung kann sich die Musterlösung angeschaut werden. Die App bietet die Möglichkeit, Videos und Animationen einzubinden.

Es wurden die folgenden vier Aufgabenarten implementiert:

- Die Methode „Drag“ eignet sich für einfache Aufgaben. Diese kann z. B. genutzt werden, um Formeln korrekt zuzuordnen.
- Die Methode „Radio“ ist eine Multiple-Choice-Fragevariante, bei der der Schüler eine Aufgabe berechnet und dann den richtigen Radiobutton auswählt.
- Bei der Methode „Calculate“ muss der Schüler einen Wert eingeben, der nach seiner Eingabe geprüft wird. Hier habe ich zusätzlich Wertebereiche definiert, damit z. B. Rundungsfehler nicht zu falschen Ergebnissen führen. Diese Bereiche können bei der Aufgabenerstellung beliebig angepasst werden.
- Die Methode „Random“ ist eine Abwandlung der Methode „Calculate“, bei der ein Parameter in einem frei wählbaren Zufallsbereich variiert. Als Beispiel sei die Höhe eines Sprungturms genannt, die sich bei der Berechnung der potentiellen Energie in jedem Durchgang ändert. Dadurch muss natürlich die jeweilige Rechnung in den Code implementiert werden, was den Aufwand erhöht, allerdings den Mehrwert der Wiederverwendung und damit den Übungseffekt erhöht. Ein Codebeispiel hierzu findet sich in Anhang A.6.

Ich habe mich entschieden, die App mit dem MIT App Inventor 2 zu schreiben. So hat der interessierte Schüler (insbesondere des Profilfachs Informatik), der den Einstieg in die App-Programmierung sucht, die Möglichkeit, die Programmstruktur leicht nachvollziehen zu können. Es sei jedoch betont, dass dies nicht Gegenstand des Physikunterrichtes ist. Anregungen und Ideen zu den Aufgaben stammen von Leifi Physik (<https://www.leifiphysik.de>) und Pittys Physikseite (<https://physikaufgaben.de>). Die Materialien und Grafiken für die App wurden von mir jedoch vollständig selbst erstellt. Hierdurch wird möglichen Copyright-Fragen aus dem Weg gegangen und es besteht die Möglichkeit, die App in den Google Play Store zu laden und sie somit einem größeren Schülerkreis zugänglich zu machen. Nebenher erweist sich dies auch als Werbung für die Technische Schule Heidenheim.

### 3.7.3 Reflexion

Die Programmierung der App bedeutete natürlich einen erheblichen Zeitaufwand, der für eine einzige Doppelstunde nicht zu rechtfertigen ist. Jedoch kann die bestehende Programmstruktur leicht mit Aufgaben zu anderen Unterrichtseinheiten gefüllt werden, sodass der Aufwand eher einem langfristigen Mehrwert gegenübersteht. Die Stunde selbst hingegen erwies sich für die Lehrperson als überaus angenehm, da

jeder Schüler auf seinem Niveau Aufgaben bearbeiten und sich aus der App entsprechende Hilfestellungen holen konnte. Nur vereinzelt wurde die Lehrkraft zu weiteren Erläuterungen befragt. Die anschließende Schülerbefragung zeigte, dass diese Form der Gestaltung einer Übungsstunde überaus positiv aufgenommen wurde. Die detaillierte Auswertung findet sich in Anhang A.6. Die Aufgaben waren insgesamt weder zu schwer noch zu leicht und bei der Einschätzung der Schwierigkeitsgrade stimmten Lehrer und Schüler überein. Einige Schüler sahen es jedoch als Herausforderung, die Aufgaben ohne Verwendung von Tipps zu lösen, sodass diese nur teilweise genutzt wurden.

### **3.8 7. Doppelstunde: Schülerreferate zum Thema Energie sowie Leistungsmessstandsbesichtigung**

Diese Doppelstunde wird hier nur kurz der Vollständigkeit halber mit aufgeführt, da Binnendifferenzierung mit neuen Medien hier nicht im Vordergrund steht.

Sie ist zweigeteilt. In der ersten Stunde wird den Schülern die Möglichkeit gegeben, Themen aus dem Bereich Energie zu diskutieren, die ihnen besonders am Herzen liegen. Im Vorfeld wurden die Schüler gebeten, diese Themen zu sammeln und dann als Referat, z. B. in Form einer PowerPoint-Präsentation, vorzustellen. Eines der Schülerreferate vertieft den Aspekt der Muskelleistung beim Radfahren, während sich ein zweites auf die Energiedichte und -menge von Nahrung bezieht. Ein drittes Referat hat das Thema Energie in der Relativitätstheorie zum Inhalt und bietet somit eine Vertiefung sowohl des Themas Energie als auch des Themas Relativität. Ein weiteres Referat beschäftigt sich mit der Energieerzeugung mittels Fusionsenergie.

In der zweiten Stunde wird der Leistungsmessstand der Kfz-Abteilung der Technischen Schule Heidenheim besichtigt. Hiermit wird die mechanische Leistung eines Autos gemessen und dessen Wirkungsgrad berechnet. Der Versuch entspricht dem Laborversuch zu Leistung und Wirkungsgrad einer Bohrmaschine des Kapitels 3.6.

Ziel der ersten Stunde ist es, den besonders interessierten Schülern die Möglichkeit zu geben, sich in ein Energiethema ihrer Wahl tiefer einzuarbeiten und dies dann im Plenum zu besprechen.

Die Besichtigung des Leistungsmessstandes dient dazu, den Anwendungsbezug

zur Physik herzustellen und das Thema Leistung und Wirkungsgrad weiter zu veranschaulichen. Außerdem führt es den Schülern die Alltagsrelevanz der Themen dieser Unterrichtseinheit vor Augen und fördert ihre Motivation.

## 3.9 8. Doppelstunde: Klausurvorbereitung mit GeoGebra-Worksheets

### 3.9.1 Thema und Ziele der Stunde

Bei dieser Doppelstunde handelt es sich um die zweite klausurvorbereitende Übungsstunde, in der binnendifferenzierte Aufgaben mit GeoGebra-Worksheets besprochen werden. Die Ziele sind:

1. Die Schüler erhalten einen Gesamtüberblick über die Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung.
2. Sie üben und vertiefen durch Aufgaben ihr Wissen zum Thema.
3. Sie haben die Möglichkeit, Verständnisfragen zu stellen.
4. Die Schüler erkennen ihre Wissenslücken und haben die Möglichkeit, diese gezielt bis zur Klausur zu schließen.

### 3.9.2 Methodik und Stundenplanung

Am Ende der vorletzten Doppelstunde (Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App) wurden Hausaufgaben in Form von GeoGebra-Worksheets aufgegeben, die bis zu dieser Stunde bearbeitet werden sollten.

GeoGebra stellt auf <https://www.geogebra.org> neben dem bekannten Geometrie- und Algebra-Programm eine Lernplattform zur Verfügung. Diese funktioniert genauso wie Moodle, d. h. man kann Lerngruppen anlegen, Aufgaben erstellen und Abgabetermine festlegen. Die Lehrkraft hat somit durch beide Plattformen den Vorteil, die Hausaufgaben im Vorfeld zu sichten. Dies bedeutet neben der Zeitsparnis im Unterricht die Möglichkeit die Ergebnisse der Sichtung in die Unterrichtsplanung einfließen zu lassen und auf bestimmte Themen besonders einzugehen.

Der Vorteil gegenüber Moodle ist, dass bei GeoGebra Animationen eingesetzt werden können und zudem eine breite Animationsbasis von der Community zur Verfügung gestellt wird, was den Aufwand zur Aufgabenerstellung erheblich erleichtert. Eine Übersicht brauchbarer GeoGebra-Worksheets findet sich im Anhang A.8.

Der Nachteil gegenüber Moodle ist, dass GeoGebra nicht von der eigenen Schule angeboten wird, sondern von einem Fremdanbieter, sodass sich jeder Schüler einen Account anlegen muss.

Den hier besprochenen Lerngruppen kann mit dem Schlüssel „JGKPU“ (TGI11) bzw. „XTMFG (TGME11)“ unter [www.geogebra.org/groups](http://www.geogebra.org/groups) beigewohnt werden.

Zu jedem der fünf Worksheets werden drei Fragestellungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades erstellt. Die Schüler werden in den Hausaufgaben gebeten, zu jedem Worksheet mindestens eine Frage zu beantworten, wobei ihnen der Schwierigkeitsgrad freigestellt ist.

In der Stunde selbst bittet der Lehrer die Schüler, ihre Lösungen vorzustellen, geht auf einige Themen detaillierter ein und beantwortet Schülerfragen.

Anschließend wird mit Socrative (<https://www.socrative.com/>) ein Quiz durchgeführt, durch das die Schüler ihren Wissensstand widergespiegelt bekommen. Durch einen abschließenden „Ich kann“-Bogen erkennen die Schüler ihre Wissenslücken und bekommen somit eine Anleitung, um diese bis zur Klausur zu schließen.

„Ich kann“-Bögen leiten sich aus den Zielen der bisherigen Unterrichtseinheit her.

### **3.9.3 Reflexion**

Es stellte sich heraus, dass die meisten offenen Fragen die Feder- sowie der Bungee-Aufgabe betrafen, weshalb hierauf besonders eingegangen wurde. Sicher spielt dabei eine Rolle, dass sich hier drei unterschiedliche Energieformen im Wechselspiel befinden. Die Skifahrer-Aufgabe sowie die Kiste wurden von den Schülern hingegen zum großen Teil sicher beherrscht. Die Schülerbefragung zu den GeoGebra-Worksheets (Details siehe Anhang A.8 fiel durchwachsen aus. Die Animationen überschreiten teilweise das Leistungsvermögen der Schülertablets, sodass es zu Aussetzern kommt. Die Touch-Bedienung der Tablets gestaltet sich offenbar ebenfalls schwieriger als eine Bedienung mit Computermaus. Zudem hatten die Schüler, die teilweise aus dem dörflichen Umland kommen, technische Schwierigkeiten, ihre Lösungen hochzuladen. So bleibt als Fazit zu dieser Unterrichtsstunde zu bemerken, dass GeoGebra-Worksheets sich als bereichernde Komponenten für Präsentationen im Unterricht eignen, eine Hausaufgabenverarbeitung hiermit vorerst jedoch noch Zukunftsmusik bleibt.

## Kapitel 4

### Zusammenfassung

In den Vorbereitungen zu dieser Unterrichtseinheit stellte sich schnell heraus, dass mittlerweile eine große Fülle an digitalen Medien, wie Apps, Simulationen, Lernplattformen und sonstigen Websites mit wertvollem Stoffinhalt, existiert. Auch wenn hier von der Möglichkeit der neuen Prüfungsordnung Gebrauch gemacht wurde und der Einsatz moderner Medien mit dem Fokus auf die Binnendifferenzierung auf eine ganze Unterrichtseinheit ausgedehnt wurde, war es dennoch geboten, eine nur kleine Auswahl aus den gegebenen Angeboten zu treffen. Schließlich war es das oberste Ziel, den Unterricht dosiert und gezielt zu bereichern und ansprechender sowie abwechslungsreicher zu gestalten.

Viele Angebote blieben daher an dieser Stelle ungenutzt. Auszugsweise zu nennen wären beispielsweise

- GoConqr, eine Lernplattform mit weiteren Diagnoseinstrumenten,
- Kahoot!, einer Alternative zu Socrative,
- LearningApps, eine Website mit interaktiven Lernbausteinen,
- Padlet, eine Onlinepinnwand zur Erstellung einer Collage,
- PHYWE Measure, eine App die mit verschiedenen Messinstrumenten gekoppelt werden kann,
- SPARKvue, eine App, zur Messdatenerfassung

und vieles mehr.

Dennoch stellen die Recherche zu den gegebenen Möglichkeiten sowie die Erprobung verschiedener Komponenten während der Dokumentationsphase eine unglaubliche Bereicherung für den Unterricht dar und schaffen einen langfristigen Mehrwert, der die Qualität des Unterrichtes positiv beeinflusst. Das Schülerfeedback, das konsequent eingeholt wurde, spiegelt diese Einschätzung wider.

In der Zwischenzeit nehmen Ideen Gestalt an, in welcher Form diese Möglichkeiten auf weitere Unterrichtseinheiten angewendet werden können. So ist es geplant, die Energie-App für weitere Unterrichtseinheiten einzusetzen und hierfür zu modifizieren. So könnten die Punktestände gespeichert und eine Highscore eingeführt werden. Außerdem ist ein Modus geplant, in dem zu jeder Aufgabe ein unterschiedlicher Schwierigkeitsgrad gewählt wird und damit unterschiedlich viele Punkte gesammelt werden können. Dies erhöht weiter die Motivation, sich vermehrt an die schwierigeren Aufgaben heranzuwagen. Auch soll der Einsatz weiterer Medien erprobt und verglichen werden, um schließlich langfristig die für den Physikunterricht am besten geeigneten Medien zu finden und einzusetzen.

Mit „GeoGebraExam“ existiert inzwischen eine Möglichkeit, Klausuren digital zu erstellen und auswerten zu lassen. Dies würde für die Lehrkraft natürlich eine erhebliche Arbeitserleichterung bedeuten. Doch bevor GeoGebraExam im Prüfungsumfeld eingesetzt wird, bedarf es noch einer gründlichen Erprobung, sodass an dieser Stelle von dessen Einsatz abgesehen wurde und eine klassische Klausur gestellt wurde. In dieser Klausur gibt es insgesamt 5 Aufgaben zu jedem Leistungsniveau.

Beide Klassen erhielten eine inhaltlich identische Arbeit. Da die Klausuren direkt hintereinander stattfanden, kann ein zwischenzeitlicher wesentlicher Wissenstransfer weitestgehend ausgeschlossen werden. Die hier vorliegende vierte Klausur entspricht in Gesamtumfang und Schwierigkeitsgrad der dritten Klausur. Die Auswertung zeigt allerdings, dass sich der Notendurchschnitt in der TGI11 um 0,31 Notenpunkte von Ø4,17 auf Ø3,86 verbesserte, während sich der Schnitt in der TGME11 sogar um 0,57 Notenpunkte von Ø3,79 auf Ø3,22 hob. Es ist positiv, zu beobachten, dass in beiden Fällen der Notenbereich der leistungsschwachen Schüler ausgedünnt werden konnte, während sich die Ergebnisse der starken Schüler vermehrt in den oberen Bereich der Notenskala entwickelten. Die leistungsschwachen Schüler haben nun offenbar eine Lernstrategie gefunden, um zum Mittelfeld aufzuschließen, und die leistungsstarken Schüler konnten ihre Kompetenzen weiter ausbauen.

Abschließend sei bemerkt, dass ich in Sequenzen der Binnendifferenzierung durchgängig Wert darauf gelegt habe, jedem Schüler stets die freie Wahl des von ihm bevorzugten Experiments oder Lernmediums zu ermöglichen und keine Vorgaben diesbezüglich gemacht habe. Ich bin der Überzeugung, dass sich die Schüler in hohem Maße reflektieren und selbst einschätzen können. Durch die Möglichkeit einer freien Wahl wird ihre Fähigkeit weiter gefördert, die für sie richtige Lernstrategie zu erkennen und zu verfolgen.

# Literatur

- Bader, Dr. Franz und Professor Friedrich Dorn 2006, *Physik in einem Band*, Schrödel, ISBN: 3-507-86210-7.
- Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der dreijährigen Aufbauform 26.08.2003*, Band 1 Allgemeine Fächer, Aufgabenfeld III, Heft 4, Physik (TG), NECKAR-VERLAG.
- Bohl, Thorsten und Hans U. Grunder 2004, *Neue Formen der Leistungsbeurteilung in den Sekundarstufen I und II*, Schneider Hohengehre, ISBN: 978-3896768711.
- Boller, Sebastian und Ramona Lau 2010, *Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II: Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen*, Beltz Verlag, ISBN: 978-3407255327.
- Dokumentation – Hinweise und Erläuterungen Stand 12.11.2015*, Staatliche Seminare für Didaktik und Lehrerbildung (Berufliche Schulen).
- Fiebig, Edda 2014, *Individuelle Förderung –Leitfaden für berufliche Schulen*, Cornelsen Verlag, ISBN: 978-3-06-151026-8.
- Grehn, Joachim und Joachim Krause 2007, *Metzler Physik SII – 4. Auflage 2007: Schülerband SII*, Schroedel Verlag GmbH, ISBN: 978-3507107106.
- Hattie, John 2008, *Visible Learning*, Routledge, ISBN: 978-0415476188.
- Heinrichs, Hannah 2014, *Diagnostische Kompetenz von Mathematik-Lehramtsstudierenden – Messung und Förderung*, Springer Spektrum, ISBN: 978-3-658-09889-6.
- Hinze, Robert und Holger Probst 2011, *Mathematik Kompetenztest. Basiskenntnisse in der beruflichen Bildung*, Cornelsen Verlag, ISBN: 978-3-06-450602-2.
- Impulse Physik – Experimente* 2012, Klett Verlag, ISBN: 978-3-12-772409-7.
- Impulse Physik – Oberstufe Eingangsklasse* 2017, Klett Verlag, ISBN: 978-3-12-772700-5.
- Jürgens, Eiko und Urban Lissmann 2015, *Pädagogische Diagnostik –Grundlagen und Methoden der Leistungsbeurteilung in der Schule*, Beltz Verlag, ISBN: 978-3-407-25708-6.
- Kramer, Martin 2015, *Physik als Abenteuer, Band 2 Wärmelehre, Mechanik, Großprojekte*, Aulis Verlag, ISBN: 978-3-7614-2839-9.

*Lehrbuch Physik Gymnasiale Oberstufe* 2016, Duden Schulbuchverlag, ISBN: 978-3-8355-3311-0.

Schindler, Steffen 2013, *Öffnungsprozesse im Sekundarschulbereich und die Entwicklung von Bildungsungleichheit*, online erhältlich unter [https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Gastbeitraege/Bil\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}dungs\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}un\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}gleich\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}heit\\_022013.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.destatis.de/DE/Publikationen/WirtschaftStatistik/Gastbeitraege/Bil\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}dungs\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}un\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}gleich\protect\discretionary{\char\hyphenchar\font}{}{}heit_022013.pdf?__blob=publicationFile); abgerufen am 17. Juli 2017.

Scholz, Ingvelde 2007, *Der Spagat zwischen Fördern und Fordern*, Vandenhoeck & Ruprecht, ISBN: 978-3525315392.

Warning, Anja und Enzo Weber 2017, *Digitalisierung verändert die betriebliche Personalpolitik*, online erhältlich unter <http://doku.iab.de/kurzber/2017/kb1217.pdf>; abgerufen am 17. Juli 2017.

Weiler, Dr. Elisabeth und Evangelos Dimopoulos 11.02.2014, *Physik in der Eingangsklasse am BG - Modul „Energie und Arbeit“*, Berufliches Schulzentrum Bietigheim-Bissingen, Vortrag unveröffentlicht bzw. intern über die PARS-Gruppe erhältlich <http://www.pars-physik.de/>.

Wilke, Hans-Joachim 1997, *Physikalische Schulexperimente, Band 1 Mechanik/Thermodynamik*, Volk und Wissen, ISBN: 978-3-06-022297-1.

## Anhang A

# Anhang

Unter den Randbedingungen der Lehrplaneinheit 3 (Arbeit, Energie) des Lehrplanheftes (*Bildungsplan für das berufliche Gymnasium der dreijährigen Aufbauform* 26.08.2003: 5) wurde der in Tabelle A.1 dargestellte Stoffverteilungsplan für diese Unterrichtseinheit erstellt.

TABELLE A.1 Stoffverteilungsplan der Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung, Eingangsklasse Technisches Gymnasium

Doppelstunde	Unterrichtseinheit
1	Einführung der Arbeit
-	(Die Goldene Regel der Mechanik) <sup>1</sup>
2	Kinetische Energie
3	Spannenergie
4	Energieerhaltung
5	Leistung und Wirkungsgrad
6	Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App
7	Schülerreferate zum Thema Energie sowie Besichtigung des Heid-Tech Leistungsmessstandes
8	Klausurvorbereitung mit Geogebra-Worksheets
9	Klausur
10	Besprechung der Klausur (einstündig)

<sup>1</sup>Diese Stunde wird hier der Vollständigkeit halber aufgeführt, ist aber nicht Gegenstand der Betrachtung, da hier ein Unterrichtsbesuch des Fachdidakten stattfand

## A.1 Materialien zur 1. Doppelstunde: Einführung der Arbeit

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Arbeitsblatt zur Einführung der Arbeit
- Screenshot der Leifi-Simulation und des Geogebra Worksheets
- Arbeitsblatt zum Zusammenhang Arbeit-Energie
- Übungsaufgaben
- Umfrageergebnisse der TGI11 zur Physik allgemein
- Umfrageergebnisse der TGME11 zur Physik allgemein

**08.05.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Arbeit und potenzielle Energie“**

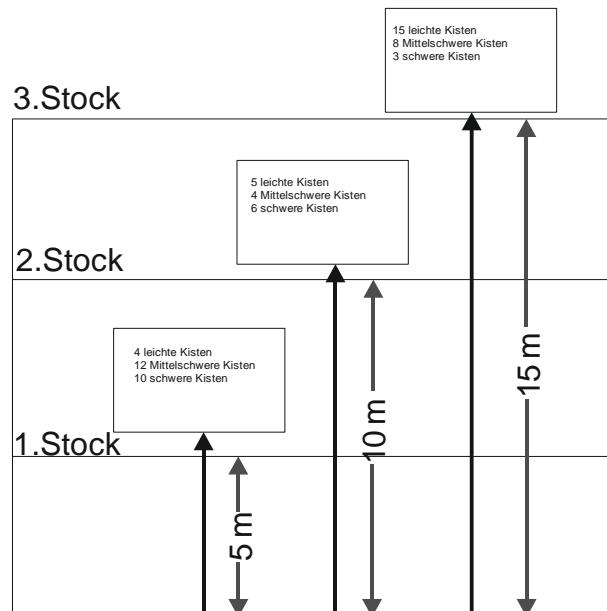
<b>Zeit</b>	<b>Unterrichtsphase, Inhalt</b>	<b>Methode Medien</b>	<b>Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten</b>
13:45 15 (Σ15)	1. Unterrichtsphase: Übersicht zur Unterrichtseinheit <ul style="list-style-type: none"> <li>Der Lehrer informiert seine Schüler über die nun anstehende Dokumentationsphase, die Teil seiner eigenen Ausbildung ist.</li> <li>Der Lehrer gibt einen Überblick über die nun anstehende Unterrichtseinheit „Arbeit, Energie und Leistung“.</li> </ul>	Lehrvortrag  -	Die Schüler bekommen eine Orientierung zum Ablauf und Umfang der Unterrichtseinheit.  Die Schüler sind über die besondere Situation dieser Unterrichtseinheit informiert.
14:00 5 (Σ20)	2. Unterrichtsphase: Umfrage <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schüler beantworten einen Online-Fragebogen. Dieser dient dem Lehrer zur genaueren Justierung der folgenden Unterrichtsstunden.</li> </ul>	Einzelarbeit  Webseite <a href="http://www.q-set.de">www.q-set.de</a>	Die Schüler füllen die Fragen wahrheitsgemäß aus, da die Umfrage anonym stattfindet
14:05 20 (Σ40)	3. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>Anhand des Beispiels eines Umzuges sollen die Schüler die zu verrichtende Arbeit möglichst gleichmäßig auf die Helfer verteilen.</li> <li>Die Schüler können sich bei Bedarf den Vorgang mit einer Flash-Animation visualisieren.</li> </ul>	Einzelarbeit, bzw. Teamarbeit  Arbeitsblatt Tablet-PC	Teilziel 1: Die Schüler kennen die Formel für die Arbeit.  Teilziel 2: Die Schüler wissen, dass Arbeit nur in Kraftrichtung verrichtet wird.  Schwache Schüler erhalten durch eine optionale Simulation eine Unterstützung, die dabei hilft, sich den physikalischen Vorgang zu visualisieren.
14:25 5 (Σ45)	4. Unterrichtsphase: Ergebnissicherungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>Der Lehrer bespricht mit den Schülern ihre Ergebnisse.</li> <li>Ein Schüler wird gebeten seine Berechnung auf die Dokumentenkamera aufzulegen.</li> </ul>	Lehrer-Schüler-Gespräch  Beamer Arbeitsblatt	Durch die Ergebnissicherungsphase wird das Erreichen der Teilziele 1 und 2 unterstützt.  Die Schüler korrigieren ggf. ihre Ergebnisse und festigen durch die Besprechung ihr Verständnis des Sachverhaltes.
14:30 10 (Σ55)	5. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>Der Lehrer leitet die Formel der potenziellen Energie her.</li> <li>Der Lehrer grenzt Arbeit von Energie ab. Er verwendet dazu das Beispiel einer Kontobewegung</li> </ul>	Lehrvortrag  Beamer Arbeitsblatt	Teilziel 3: Die Schüler kennen die Formel für die potenzielle Energie.  Teilziel 4: Die Schüler kennen den Zusammenhang zwischen Arbeit und Energie.
14:50 35 (Σ90)	6. Unterrichtsphase: Transfer- und Übungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schüler berechnen die Aufgaben des Arbeitsblattes.</li> <li>Die QR-Codes unterstützen die leistungsschwachen Schüler bei ihrer Berechnung</li> <li>Die Schüler, die den Sachverhalt besonders gut verstanden haben, bekommen eine zusätzliche, besonders herausfordernde Zusatzaufgabe.</li> </ul>	Einzelarbeit, bzw. Teamarbeit  Arbeitsblatt  Neo-Reader zur Verarbeitung der QR-Codes	Die Aufgabe dient zur weiteren Festigung der Lerninhalte der Teilziele 1 – 4.

## Einführung in das Thema Arbeit

Jonas hat sich nun ein Haus gekauft, da ihm das  $12 \text{ m}^2$  Zimmer in seiner WG einfach zu klein geworden ist. Er hat sein Hab und Gut in Kisten verstaut. Es gibt leichte, mittelschwere und schwere Kisten. Das Gewicht der Kisten ist in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Leichte Kisten	10 kg je Kiste
Mittelschwere Kisten	20 kg je Kiste
Schwere Kisten	30 kg je Kiste

Das Haus hat 3 Etagen. Die Kisten müssen in folgender Weise auf die Etagen verteilt werden:



Mit Richard, Dennis und Hermann hat Jonas 3 Freunde gefunden, die ihm bei der Arbeit helfen möchten.

**Aufgabe:**

Teilen Sie die Arbeit so auf, dass die 4 Freunde jeweils gleich viel zu schleppen haben und möglichst gleichzeitig fertig werden, um sich so zusammen das wohlverdiente Feierabendbier zu gönnen.

Hinweis und Hilfestellung:

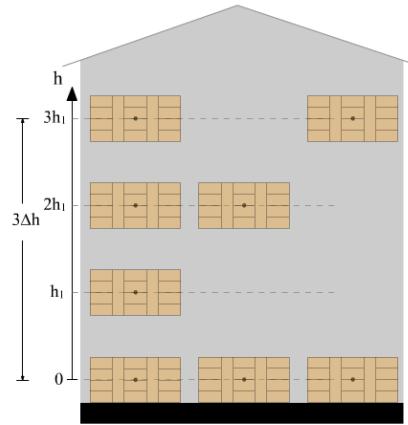
Auf der folgenden Webseite finden Sie eine Animation, mit der Sie den Sachverhalt simulieren können:

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/hoehenenergie-einer-kiste>

Die Datei kann auch in der Lernbibliothek zum Datum von heute unter „Simulation-Umzug.swf“ gefunden werden.

**1. Screenshot der Simulation von Leifi-Physik**

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/hoehenenergie-einer-kiste>



Zunahme der potentiellen Energie um Energieportionen (EP):



**2. Screenshot der Geogebra-Simulation „Potentielle Energie und Potential eines Koffers“**

<https://www.geogebra.org/m/ugCaSqG3>

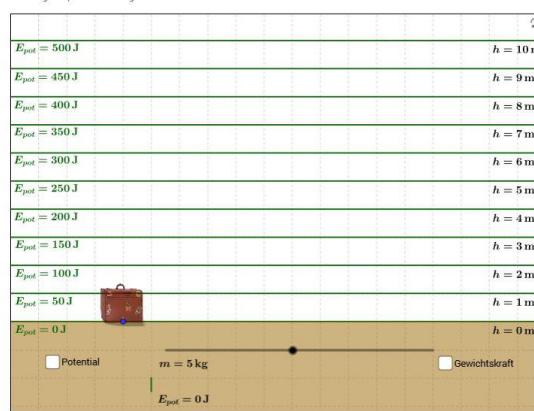
Entnommen vom Profil Schulphysikwiki <https://www.geogebra.org/schulphysikwiki>

Potentielle Energie und Potential eines Koffers

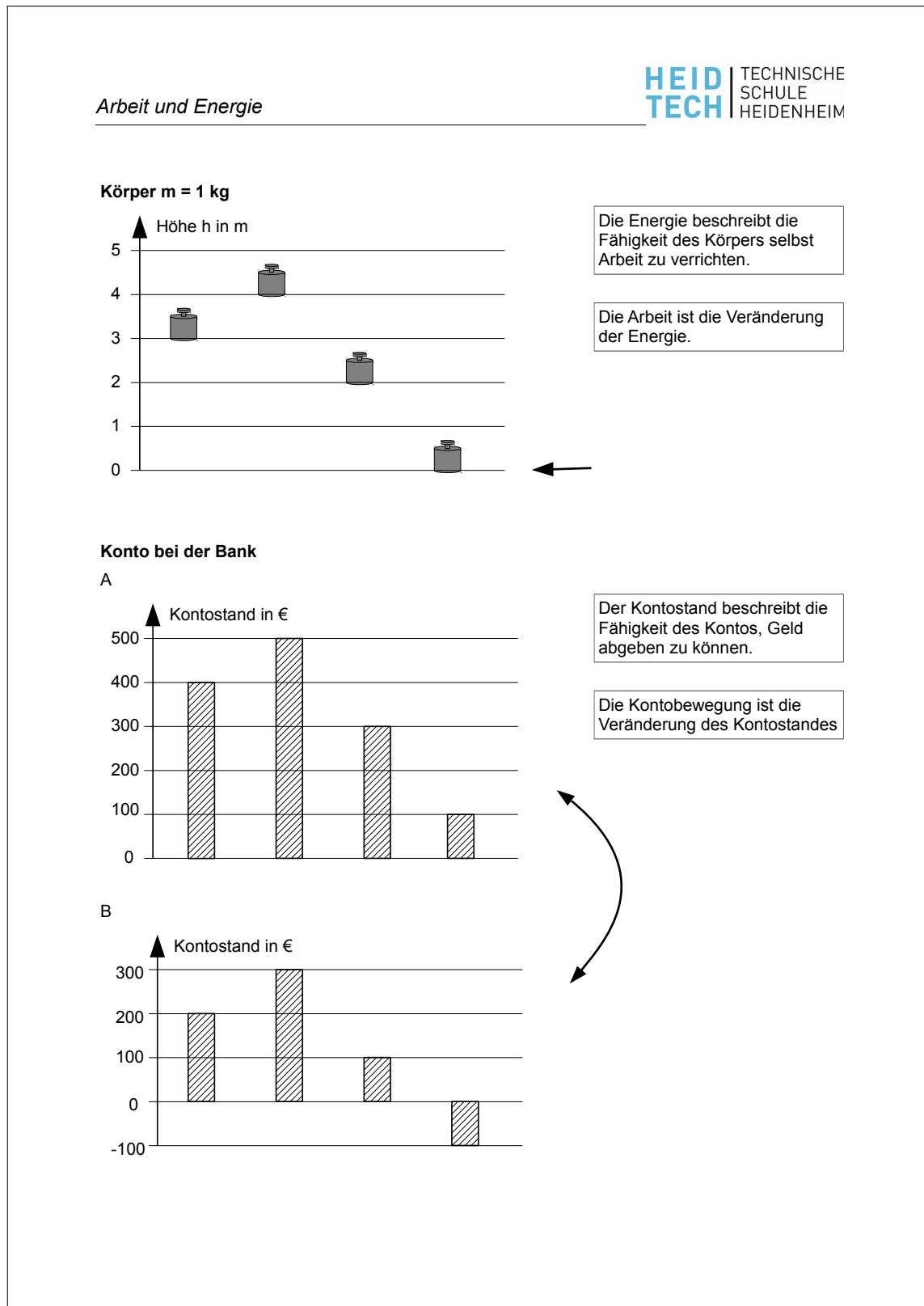
Um einen Koffer hochzuheben braucht man Energie. Diese steckt nach dem Hochheben als potentielle Energie des Koffers im Gravitationsfeld.

Am blauen Punkt kann man den Koffer hochheben. Mit dem Schieberegler seine Masse verändern.

Wie hängt die potentielle Energie mit dem Höhenunterschied und der Masse zusammen?



(Der Ortsfaktor ist auf 10 N/kg gerundet.)



Übungsaufgaben zur Hubarbeit und potenzieller Energie

**HEID TECH** | TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM

**Aufgabe 1: Stangen klettern im Sportunterricht**

Fred wiegt 35 kg und klettert 5 m hoch. Paul wiegt 43 kg und schafft nur 4. Wer verrichtet mehr Arbeit? Berechnen Sie!



**Aufgabe 2: Der Einkauf**



Sie waren bei Aldi einkaufen und haben 3 kg Gemüse eingekauft. Berechnen Sie die physikalische Arbeit beim Tragen einer Tasche in der Ebene (keine Reibung;  $s = 1000 \text{ m}$ ; Gewicht der Tasche 30 N).



**Aufgabe 3: Die Bergbesteigung**

Wie groß ist die Arbeit, die ein Schüler ( $m = 60 \text{ kg}$ ) verrichtet, wenn er

- a) Auf einen Turm von 80 m Höhe steigt?
- b) Auf einen 1,2 km hohen Berg steigt?



**Aufgabe 4: Der Gewichtheber**

Ein Gewichtheber „reißt“ 175 kg zur Hochstrecke (2,1 m) und hält sie dort 3 s lang.

- a) Überlegen Sie, in welcher Phase er Arbeit im Sinne der Physik, bzw. im umgangssprachlichen Sinne verrichtet.
- b) Berechnen Sie die Arbeit.



Übungsaufgaben zur Hubarbeit und potenzieller Energie

**HEID  
TECH** | TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

**Aufgabe 5: Arbeit an der Schleuse**

In einer Schleuse wird ein Lastkahn ( $m = 1200 \text{ t}$ ) um 8 m gehoben.

- a) Wie groß ist die Arbeit?
- b) Wer verrichtet sie?



**Aufgabe 6: Höhenenergie**

Welche Höhenenergie hat ein Eisenträger ( $m = 50 \text{ t}$ ) im 4. Stock eines Hauses ( $h = 12 \text{ m}$ ) gegenüber dem Erdboden?

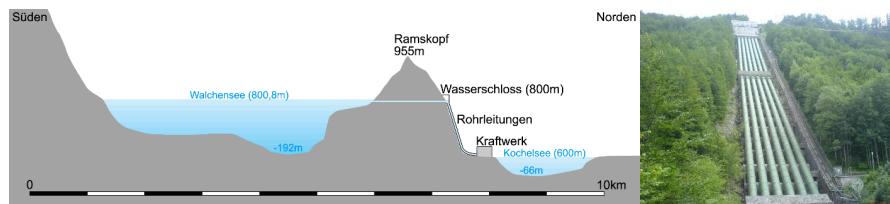


=====Zusatzaufgabe=====

Diese Aufgabe ist besonders knifflig und richtet sich an die Physikexperten.

**Aufgabe 7: Wasserkraftwerk Walchensee**

Der Walchensee hat die Fläche  $16,4 \text{ km}^2$ . Das ausströmende Wasser fließt durch Rohre in den 200 m tiefer liegenden Kochelsee. Um welche Höhe  $d$  senkt sich der Wasserspiegel des Walchensees, wenn durch das Ausströmen des Wassers in den Kochelsee die Energie  $5,1 \cdot 10^8 \text{ kJ}$  frei wird?



## TGI11 Physik Allgemein

Seite 1, Frage 1: Theoretiker oder Praktiker?

Ich bin eher ein...

15 Teilnehmer

Theoretiker, d.h. ich erarbeite mir Dinge lieber anhand von Buch und Computer	7
Praktiker, d.h. ich bevorzuge das Experimentieren	5
Ich habe keine Präferenzen, beides ist für mich okay.	3

Seite 1, Frage 2: Lerntyp

Ich bin folgender Lerntyp

14 Teilnehmer

Autodidakt, d.h. ich eigne mir Dinge am liebsten selbst an	2
Zuhörer, d.h. ich verstehe am meisten, wenn ein Lehrer die Dinge an der Tafel erklärt	7
Partnerarbeiter, d.h. ich erarbeite am liebsten im Zweierteam den Stoff	5
Teamworker, d.h. ich lerne am liebsten in einer Gruppe	-

Seite 1, Frage 3: Medienwahl

Ich bevorzuge folgendes Lernmedium:

15 Teilnehmer

Das Lehrbuch	1
Die Computersimulation	3
Das Lernvideo	3
Den Lehrervortrag	5
Das Experiment	3

Seite 1, Frage 4: Interesse an der Physik

Mein Interesse an Physik ist(1=groß, 6=klein)

15 Teilnehmer

1	3
2	5
3	4
4	2
5	1
6	-

Seite 1, Frage 5: Im kommenden Schuljahr habe ich Physik

15 Teilnehmer

gewählt	8
abgewählt	7

Seite 1, Frage 6: Aktuelle Physiknote

15 Teilnehmer

1	1
2	4
3	4
4	5
5	1

## TGME11 Physik Allgemein

Seite 1, Frage 1: Theoretiker oder Praktiker?

Ich bin eher ein...

17 Teilnehmer

Theoretiker, d.h. ich erarbeite mir Dinge lieber anhand von Buch und Computer	2
Praktiker, d.h. ich bevorzuge das Experimentieren	8
Ich habe keine Präferenzen, beides ist für mich okay.	7

Seite 1, Frage 2: Lerntyp

Ich bin folgender Lerntyp

17 Teilnehmer

Autodidakt, d.h. ich eigne mir Dinge am liebsten selbst an	3
Zuhörer, d.h. ich verstehe am meisten, wenn ein Lehrer die Dinge an der Tafel erklärt	5
Partnerarbeiter, d.h. ich erarbeite am liebsten im Zweierteam den Stoff	5
Teamworker, d.h. ich lerne am liebsten in einer Gruppe	4

Seite 1, Frage 3: Medienwahl

Ich bevorzuge folgendes Lernmedium:

17 Teilnehmer

Das Lehrbuch	2
Die Computersimulation	1
Das Lernvideo	2
Den Lehrervortrag	5
Das Experiment	7

Seite 1, Frage 4: Interesse an der Physik

Mein Interesse an Physik ist(1=groß, 6=klein)

17 Teilnehmer

1	4
2	6
3	6
4	1
5	-
6	-

Seite 1, Frage 5: Im kommenden Schuljahr habe ich Physik

17 Teilnehmer

gewählt	12
abgewählt	5

Seite 1, Frage 6: Aktuelle Physiknote

17 Teilnehmer

1	3
2	3
3	7
4	4
5	-

## A.2 Materialien zur 2. Doppelstunde: Kinetische Energie

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Arbeitsblatt zu Armageddon
- Arbeitsblatt Gruppe 1: Der Wagen (Klassisches Experiment)
- Arbeitsblatt Gruppe 2: Das Fahrrad (Experimenteller Versuch mit Einsatz von Smartphoneapps)
- Arbeitsblatt Gruppe 3: Die Theorie (Zugang zum Thema mit Lernvideos)
- Webseitenausschnitt Leifi-Physik
- Übungsaufgaben zur Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie
- Fotodokumentation der Versuche
- Umfrageergebnisse der TGI11 zur Kinetischen Energie
- Umfrageergebnisse der TGME11 zur Kinetischen Energie

**17.05.2017                    Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Kinetische Energie“**

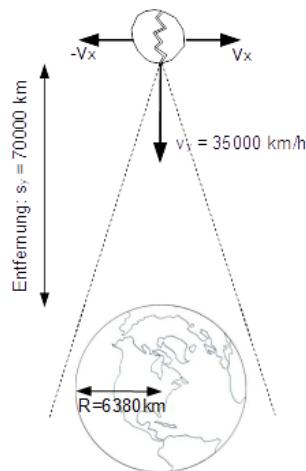
<b>Zeit</b>	<b>Unterrichtsphase, Inhalt</b>	<b>Methode Medien</b>	<b>Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten</b>
9:45 5 (Σ5)	1. Unterrichtsphase: Motivationsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es wird ein Ausschnitt aus dem Film „Armageddon“ gezeigt</li> <li>• Anschließend wird die Frage gestellt, ob Bruce Willis die Erde retten kann, indem er den Asteroiden mit einer Atombombe in zwei Hälften sprengt, die an der Erde vorbeifliegen.</li> </ul>	Unterrichtsgespräch	Die Schüler werden für das Thema motiviert.
		Videobeamer	
9:50 5 (Σ10)	2. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schüler sind gebeten, den Vorgang zu skizzieren und sich überlegen, welche physikalischen Größen eine Rolle spielen.</li> </ul>	Einzelarbeit	Die Schüler reduzieren ein Problem aus der „alltäglichen“ Welt auf eine physikalische Fragestellung.
		-	
9:55 10 (Σ20)	3. Unterrichtsphase: Ergebnissicherungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sammlung der Größen an der Tafel (Energie der Bombe, Masse des Asteroiden, Entfernung von der Erde, Geschwindigkeit in Richtung Erde und quer dazu, ...)</li> <li>• Anschließend wird diskutiert, wie man den Zusammenhang zwischen Energie, Masse und Geschwindigkeit experimentell herausfinden kann.</li> </ul>	Gruppenarbeit	Sammlung möglicher Einflussgrößen.
		Klassisches Experiment Phyphox Smartmeasure VidAnalysis Lernvideos	
10:05 35 (Σ55)	4. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase <p>Die Schüler dürfen sich für einen von drei Versuchen entscheiden, um sich den Zusammenhang zu erarbeiten.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppe 1: Der Wagen (klassisches Experiment)</li> <li>• Gruppe 2: Das Fahrrad (Experiment mit dem Einsatz von Smartphone-Apps)</li> <li>• Gruppe 3: Die Theorie (Zugang mit Lernvideos)</li> </ul>	Lehrer-Schüler-Gespräch	Die Schüler wählen die Gruppe, die ihrem Lerntypen entspricht. Teilziel 1: Die Schüler können die Beschleunigungsarbeit mit Hilfe von „W=F*s“ berechnen. Teilziel 2: Die Schüler wissen, dass die kinetische Energie proportional zur Masse und zum Quadrat der Geschwindigkeit ist.
		Beamer Arbeitsblatt	
10:40 15 (Σ70)	5. Unterrichtsphase: Ergebnissicherungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Ergebnisse der Gruppenarbeit werden im Plenum diskutiert.</li> <li>• Die exakte Formel für die kinetische Energie wird an der Tafel hergeleitet</li> </ul>	Unterrichtsgespräch	Teilziel 3: Die Schüler kennen die Formel für die Bewegungsenergie und können sie in Aufgaben anwenden
		Visualizer	
10:55 20 (Σ90)	6. Unterrichtsphase: Transfer- und Übungsphase <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Schüler berechnen, ob die Energie der Atombombe ausreicht, um die zwei Bruchstücke an der Erde „vorbei zu lenken“. (Annahme: keine Gravitationskraft, Energie der Bombe wird vollständig in Bewegungsenergie der Bruchstücke umgewandelt)</li> <li>• Abschließend präsentiert ein Schüler seine Ergebnisse unter dem Visualizer</li> <li>• Zur weiteren Vertiefung gibt es binnendifferenzierte Hausaufgaben.</li> </ul>	Einzelarbeit, bzw. Teamarbeit und Schülerpräsentation	Lernzielkontrolle Konsolidierung Gesamtwiederholung
		Arbeitsblatt Neo-Reader zur Verarbeitung der QR-Codes Visualizer	

## Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie

**Armageddon: Kann der Einschlag des Asteroiden verhindert werden?****Annahmen:**

- Die gesamte Energie einer Atombombe mit einer Sprengraft von 100 Mt wird in kinetische Energie der Bruchteile umgewandelt
- Es wirken keine Gravitationskräfte

➤ Best Case Abschätzung



...hoffentlich haben die Jungs von der NASA sich nicht verrechnet.

Die folgenden Daten sind dem Film „Armageddon“ entnommen:

Masse des Asteroiden	$m = 5,5 \cdot 10^{21} \text{ kg}$
Energie der Atombombe	$E = 4,2 \cdot 10^{17} \text{ J}$
Geschwindigkeit in Richtung Erde	$v_y = 35000 \text{ km/h}$
Entfernung von der Erde bei der Sprengung	$s_y = 70000 \text{ km/h}$
Radius der Erde	$R = 6380 \text{ km}$

**Aufgabe:** Berechnen Sie, ob ein Einschlag mit Hilfe der Sprengung verhindert werden kann.

Tipp 1



Tipp 2



Tipp 3



Tipp 4



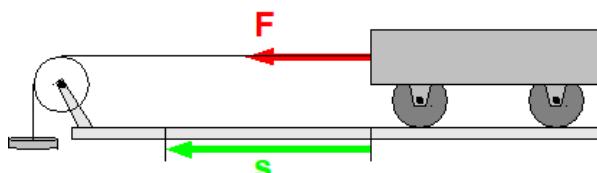
## Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie

**Gruppe 1: Der Wagen (Klassisches Experiment)**

Ein Wagen soll von der konstanten Gewichtskraft eines Schlitzgewichts beschleunigt werden. Bauen Sie mit den gegebenen Hilfsmitteln einen Versuch auf und messen Sie die beschleunigte Masse, die Beschleunigungsstrecke sowie die Blendenlänge.

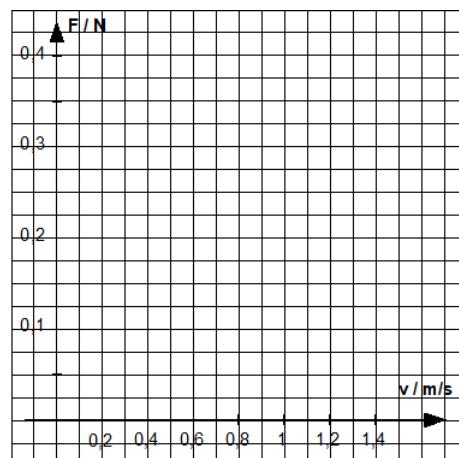
Beschleunigte Masse:

(Wagen + Schlitzgewichte)

  $m =$ Beschleunigungsstrecke:  $s =$ Länge der Blende  $b =$ Die Formel für Arbeit lautet  $W = \underline{\hspace{1cm}} : \underline{\hspace{1cm}}$ 

Tragen Sie Ihre Messwerte nun in die folgende Tabelle ein und berechnen Sie die Arbeit  $W$ . Anschließend zeichnen Sie den Kraft-Geschwindigkeits-Graphen.

Dunkelzeit $t$ in s	Geschwindigkeit $v$ in m/s	Kraft $F$ in N	Arbeit $W$ in J
		0	
		0,1	
		0,2	
		0,3	
		0,4	



Welche Kurvenform ergibt sich?

---

Welchen funktionalen Zusammenhang vermuten Sie zwischen Geschwindigkeit  $v$  und Bewegungsenergie  $W_{kin}$ ?

---



---

Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie

**HEID TECH** | TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

**Gruppe 2: Das Fahrrad (Experimenteller Versuch mit Einsatz von Smartphoneapps)**

- Zu Beginn des Experimentes wird die Masse des Fahrrades, sowie die Masse der Fahrradfahrer gemessen.
- Person A fährt nun mit einer Anfangsgeschwindigkeit  $v$ . Dabei hat sie am Lenker ein Smartphone befestigt, auf dem die App *phyphox* die Abbremsbeschleunigung misst.
- Person B hat ihr Tablet mit dem Smartphone gekoppelt und überwacht die Messung mit *phyphox*.
- Sobald Person A Person C passiert, bremst sie die Fahrt konstant bis zum Stillstand ab. Person C misst nun mit dem Programm *Smart Measure* den Bremsweg (eine Erklärung zu *Smart Measure* findet sich auf der Rückseite dieses Arbeitsblattes).
- Person D analysiert die Messung mit *VidAnalysis*.

Beschleunigte Masse:  
(Fahrradfahrer + Fahrrad)

$$m =$$

Formel für Kraft:

$$F =$$

Formel für Arbeit

$$W =$$

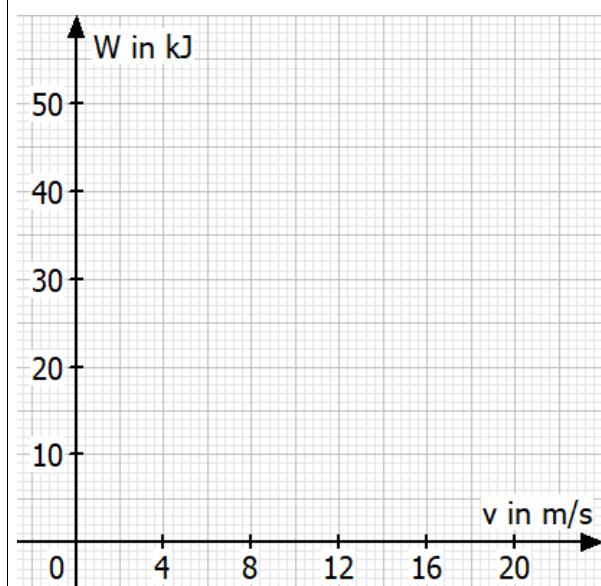


Tragen Sie Ihre Messwerte nun in die folgende Tabelle ein und berechnen Sie die Arbeit  $W$ .

Bremsweg $s$ in m	Startgeschwindigkeit $v$ in m/s	Beschleunigung $a$ in $m/s^2$	Berechne Kraft $F$ in N	Berechne Arbeit $W$ in J

- Wiederholen Sie den Versuch ggf. mit einer schwereren/leichteren Person

Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie



Welche Kurvenform ergibt sich?

---

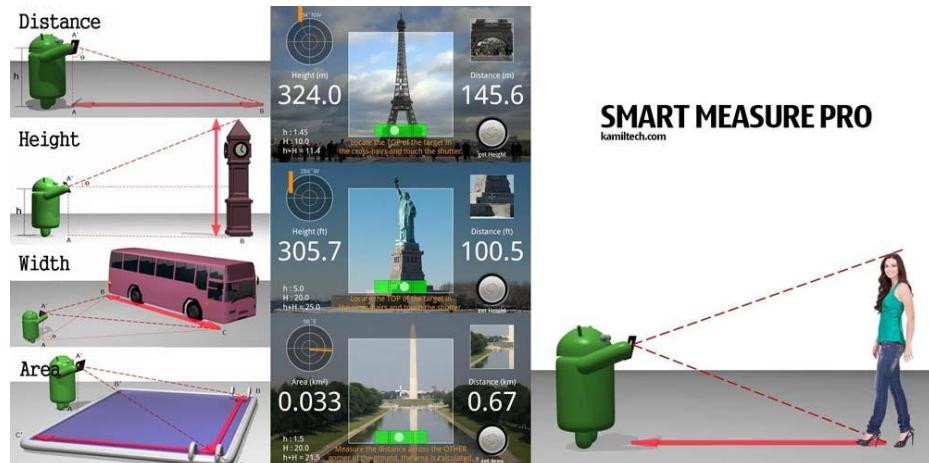
Welchen funktionalen Zusammenhang vermuten Sie zwischen Geschwindigkeit  $v$  und Bewegungsenergie  $W_{kin}$ ?

---



---

- Machen Sie sich Gedanken darüber, wie *Smart Measure* funktioniert. Im Folgenden die Herstellerbeschreibung



*Smart Measure Pro is the 2nd set of Smart Tools® collection (distance, height, width, area). This range-finder (telemeter) can measure the Distance, Height, Width and Area of a target with your device by trigonometry. Are you ready to measure? Just stand up and press the shutter. The important point is aiming your camera at the GROUND, NOT the object. (i.e In order to measure the distance from someone, aim at his shoes.)*

Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie



### Gruppe 3: Die Theorie (Zugang zum Thema mit Lernvideos)

Im Folgenden soll eine weitere Energieform hergeleitet werden, die *kinetische Energie*  $E_{kin}$ . Dazu gibt es nun ein paar Vorüberlegungen.

- Wie wurde „Energie“ in der ersten Unterrichtseinheit zu diesem Thema definiert?

---

- Wie lautet die Formel für die Arbeit  $W$ ?

---

- Drücken Sie diese Formel in Abhängigkeit der Höhe aus

---

Die kinetische Energie wird in Abhängigkeit der Geschwindigkeit ausgedrückt. Gehen sie auf die folgende Seite und finden sie heraus, wie die kinetische Energie von der Geschwindigkeit abhängt:

<http://www.leifphysik.de/mechanik/arbeits-energie-und-leistung/#Wo von%20h%C3%A4ngt%20die%20Energie%20ab?>

Die Seite findet sich hier auch als QR-Code:



- Schreiben Sie nun Ihre Formelidee nieder:\_\_\_\_\_

Gehen Sie nun auf die folgende Seite und schauen sich das Video dort an:

<https://www.youtube.com/watch?v=nMkShHUV5y8>



#### Aufgabe 1:

- Fassen Sie die Ergebnisse des Videos so zusammen, dass Sie die wesentlichen Inhalte den anderen Gruppen darstellen können.
- Berechnen Sie die im Video gestellte Aufgabe.

**Aufgabe 2:**

- Leiten Sie die Formel der kinetischen Energie aus der Gleichung  $E = F \cdot s$  ab.

Die folgenden Hinweise können Ihnen bei der Herleitung helfen:

1. Initierende Frage 	Die korrespondierende Antwort: 
2. Leitfrage 	Die Antwort zu Frage 2 
3. Leitfrage 	Antwort zu Frage 3 

- Sie sollen die Herleitung im Anschluss dem Plenum vorstellen. Falls Sie dazu noch weitergehende Erklärungen sowie die Herleitung selbst benötigen (z.B. zur Verifikation), finden sie diese auch hier:



**Zusatzaufgabe:** Falls Sie noch Zeit haben, finden Sie im folgenden Video weitere Informationen zur kinetischen und potenziellen Energie, die Ihnen auch bei der Lösung des anschließenden Aufgabenblattes weiterhelfen werden. Besprechen Sie das Video im Anschluss in Ihrer Gruppe.

<https://www.youtube.com/watch?v=ubK1nVt38U>



**Webseitenausschnitt zu Arbeit, Energie, Leistung von LEIFI Physik**

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung#Wovon%20h%C3%A4ngt%20die%20Energie%20ab?>

Abgerufen am 16.05.2017

The screenshot shows a web page from the LEIFI Physik website. At the top, there's a green header bar with the LEIFI logo, a search bar, and a login link. Below the header, the main navigation menu includes 'Startseite', 'Mechanik', 'Arbeit, Energie und Leistung' (which is highlighted in green), 'Experimente', 'Aufgaben', 'Ausblick', 'Geschichte', 'Downloads', and 'Weblinks'. The central content area has a green sidebar on the left containing three questions: 'Was ist der Unterschied zwischen Arbeit und Kraft?', 'Woher kommt und wohin geht eigentlich die ganze Energie?' and 'Kann man mit einem Fahrrad einen Liter Wasser zum Kochen bringen?'. To the right of the sidebar is a large image of a wooden cart wheel. At the bottom of the page, there's a horizontal menu with links like '> Energieformen', '> Wovon hängt die Energie ab?', '> Energiequantitativ', etc.

Übungsaufgaben zur Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie

**HEID  
TECH** TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

**Aufgabe 1: Geschwindigkeit eines PKW**

Bei welcher Geschwindigkeit hat ein PKW ( $m = 1200 \text{ kg}$ ) die Bewegungsenergie  $E_{bew} = 1 \text{ MJ}$ ?



*Hinweis:* Hinter den QR-Codes verbergen sich Tipps. Diese können Sie z.B. mit dem NeoReader entschlüsseln.

**Aufgabe 2: Der Meteorit von Steinheim**

Vor ca. 15 Millionen Jahren schlug ein Meteorit auf der Stelle auf der heute der Ort Steinheim steht ein. Aufgrund der Größe des Kraters konnte die freigesetzte Energie beim Einschlag auf  $E_{bew} = 10^{18} \text{ J}$  bestimmt werden. Die Geschwindigkeit lässt sich aufgrund der Herkunft des Gesteinsbrockens auf 72000 km/h abschätzen.

- a) Welche Masse hatte der Meteorit?



- b) Welchem Durchmesser entspricht das, wenn Sie annehmen, dass seine Gestalt kugelförmig war und die mittlere Dichte seines Gesteins  $\rho = 5500 \text{ kg/m}^3$  beträgt?

Hinweis zur Dichte:



Definition des Kugelvolumens:



**Aufgabe 3: Die Autofahrt bergauf**

Während ein Auto mit der Geschwindigkeit 72 km/h eine Straße mit  $5^\circ$  Steigung aufwärts fährt, kuppelt der Fahrer den Motor aus. Wie weit kommt das Auto dann noch (ohne Reibung)?

Hinweis zum Ansatz:



Tipp 2 (weiterführend)



Tipp 3 (nahezu gelöst)



**Aufgabe 4: Der Beschleunigungsvorgang**

Ein Auto ( $m = 1000 \text{ kg}$ ) wird von null auf 36 km/h, dann von 36 km/h auf 72 km/h beschleunigt. Wird jeweils die gleiche Menge an Energie aus Benzin in Bewegungsenergie umgesetzt?

Tipp 1



Tipp 2 (weiterführend)



Tipp 3 (nahezu gelöst)



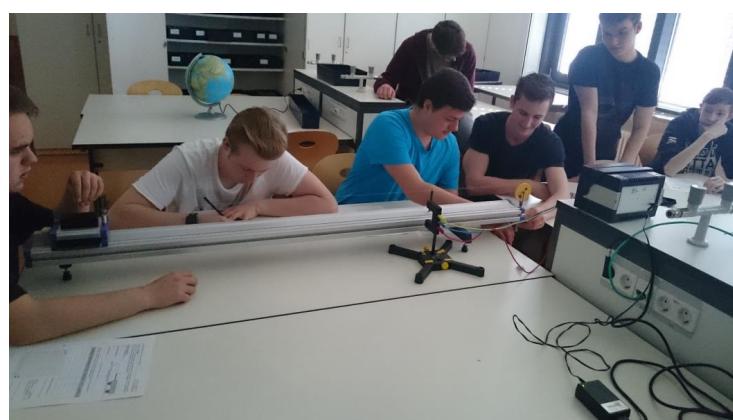
**Bilder des Fahrradexperimentes**



**Bremsweg des Fahrrades**



**Versuch mit Laborwagen**



## TGI11 Kinetische Energie

Seite 1, Frage 1: Ich war Teilnehmer der Gruppe (Pflichtfrage)

18 Teilnehmer

1	7
2	5
3	6

Seite 1, Frage 2: Rückblickend betrachtet (Pflichtfrage)

18 Teilnehmer

war ich in meiner Gruppe absolut richtig aufgehoben	18
wäre ich lieber in Gruppe 1 gewesen	-
wäre ich lieber in Gruppe 2 gewesen	-
wäre ich lieber in Gruppe 3 gewesen	-

Seite 1, Frage 3: Ich finde den binnendifferenzierten Unterricht in dieser Form (Pflichtfrage)

18 Teilnehmer

besser als andere Unterrichtsformen	9
gut	8
kann man gelegentlich machen	1
schlecht	-

Seite 1, Frage 4: QR-Codes in Aufgaben (Pflichtfrage)

18 Teilnehmer

helfen mir sehr bei der Bearbeitung	7
nutze ich gelegentlich	9
benötige ich nicht zur Lösung der Aufgabe	1
könnte man besser gestalten	1

Seite 1, Frage 5: Der Schwierigkeitsgrad war heute (Pflichtfrage)

18 Teilnehmer

zu schwer	1
genau richtig	16
zu leicht	1

Seite 1, Frage 6: Der Stoffumfang war heute

18 Teilnehmer

zu viel	1
genau richtig	16
zu wenig	1

## TGME11 Kinetische Energie

Seite 1, Frage 1: Ich war Teilnehmer der Gruppe (Pflichtfrage)  
12 Teilnehmer

1	3
2	4
3	5

Seite 1, Frage 2: Rückblickend betrachtet (Pflichtfrage)  
12 Teilnehmer

war ich in meiner Gruppe absolut richtig aufgehoben	12
wäre ich lieber in Gruppe 1 gewesen	-
wär ich lieber in Gruppe 2 gewesen	-
wäre ich lieber in Gruppe 3 gewesen	-

Seite 1, Frage 3: Ich finde den binnendifferenzierten Unterricht in dieser Form (Pflichtfrage)  
12 Teilnehmer

besser als andere Unterrichtsformen	9
gut	3
kann man gelegentlich machen	-
schlecht	-

Seite 1, Frage 4: QR-Codes in Aufgaben (Pflichtfrage)  
12 Teilnehmer

helfen mir sehr bei der Bearbeitung	1
nutze ich gelegentlich	8
benötige ich nicht zur Lösung der Aufgabe	3
könnte man besser gestalten	-

Seite 1, Frage 5: Der Schwierigkeitsgrad war heute (Pflichtfrage)  
12 Teilnehmer

zu schwer	-
genau richtig	10
zu leicht	2

Seite 1, Frage 6: Der Stoffumfang war heute  
12 Teilnehmer

zu viel	-
genau richtig	11
zu wenig	1

### A.3 Materialien zur 3. Doppelstunde: Spannenergie

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Arbeitsblatt zur Spannenergie
- Fotodokumentation der Versuche
- Herleitungen der Energieformen
- Umfrageergebnisse der TGI11 zur Spannenergie
- Umfrageergebnisse der TGME11 zur Spannenergie

29.05.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Spannenergie“

Zeit	Unterrichtsphase, Inhalt	Methode Medien	Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten
9:45 5 (Σ5)	1. Unterrichtsphase: Motivationsphase  Der Lehrer erklärt den Stundenablauf. Die Stundegliedert sich in 3 Blöcke:  Block 1: Herleitung der Formel für die Spannenergie Block 2: Bestimmung der Spannenergie an einem Experiment Block 3: Betrachtung und Diskussion der anderen Experimente	Unterrichtsgespräch  -	Die Schüler werden für das Thema motiviert und erhalten eine Orientierung zur Stunde.
9:50 25 (Σ30)	2. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase, Block 1  Die Schüler wählen einen der gegebenen 4 Zugänge  Zugang 1: Der Lehrervortrag Die Spannenergie wird in einem Lehrerzentrierten Vortrag eingeführt.  Zugang 2: Der Autodidakt und Bücherwurm Der Bücherwurm erarbeitet sich eigenständig anhand gegebener Bücher die Spannenergie.  Zugang 3: Der Autodidakt und Internetsurfer Der Internetsurfer erarbeitet sich anhand der folgenden Internetseiten die Spannenergie.  Zugang 4: Der Praktiker Der Praktiker führt Versuche durch, anhand derer er sich die Gesetzmäßigkeiten der Spannenergie verdeutlicht.	1. Lehrvortrag 2. Einzelarbeit 3. Teamarbeit 4. Gruppenarbeit  1. Tafel 2. Lehrbuch 3. TabletPC 4. Experiment	Die Schüler gehen Ihrer Wahl entsprechend in den jeweiligen Unterrichtsraum und erarbeiten sich die Formel für die Spannenergie.  Sie erarbeiten sich die Formel der Spannenergie ihrem Lerntypus entsprechend.  Teilziel 1: Die Schüler kennen die Formel für die Spannenergie.  Teilziel 2: Die Schüler können die Spannenergie aus der Grundgleichung für die Arbeit herleiten.
10:15 40 (Σ70)	3. Unterrichtsphase: Experimentierphase  Die Schüler bearbeiten das von ihnen gewählte Experiment.  Experiment 1: Das Spielzeugauto (Einsatz der App Smart Measure) Schwierigkeit: +++ Bestimmen Sie die Spannenergie eines Spielzeugautos unter Zuhilfenahme der App Smartmeasure  Experiment 2: Die Kugelschreiberfeder (Einsatz der App VidAnalysis) Schwierigkeit: ++ Bestimmen Sie die Spannenergie einer Kugelschreiberfeder unter Zuhilfenahme der App VidAnalysis  Experiment 3: Die Luftkissenfahrbahn (Einsatz der App Phyphox) Schwierigkeit: ++ Bestimmen Sie die Spannenergie von zwei Federn an der Luftkissenfahrbahn mit der App Phyphox.  Experiment 4: Die Gummibänder (Einsatz des Messsystems Cassy) Schwierigkeit: + Bestimmen Sie die Spannenergie verschiedener ungleichmäßiger Gummibänder mit dem klassischen Messsystem von Cassy.  Experiment 5: Die Feder (Einsatz des Messaufbaus von Phwe) Schwierigkeit: + Bestimmen Sie die Spannenergie einer Feder mit dem klassischen Messsystem von Phwe.	Gruppenarbeit  1. Smartmeasure 2. Vidanalysis 3. Phyphox 4. Cassy 5. Klassisches experiment	Die Schüler finden sich in Expertengruppen zu je 3-4 Personen zusammen und führen die Experimente durch.  Teilziel 3: Die Schüler können die Spannenergie mit Hilfe der Messergebnisse bestimmen.  Im Experiment vertiefen sie des weiteren bekanntes Wissen. Sie identifizieren und entwickeln ein Verständnis der Einflussgrößen und gegebenen Vorgänge. Außerdem schärfen sie ihr experimentelles Geschick.
10:55 20 (Σ90)	4. Unterrichtsphase: Konsolidierungsphase  Block 3 ist ein Gruppenpuzzle, in dem die Ergebnisse diskutiert werden.	Gruppengespräch  Siehe Phase 3	Die Schüler üben, vor einer Gruppe zu sprechen und physikalische Sachverhalte zu präsentieren. Zusätzlich vertiefen sie dabei ihr Wissen.

Spannenergie



#### WELCHE ENERGIE STECKT IN EINER GESPANNNTEN FEDER?

Die heutige Stunde gliedert sich in drei Blöcke. Jeder Schüler durchläuft diese Blöcke:

Block 1: Herleitung der Formel für die Spannenergie

Block 2: Bestimmung der Spannenergie an einem Experiment

Block 3: Betrachtung und Diskussion der anderen Experimente

#### Block 1: Herleitung der Formel für die Spannenergie

Dieser Block unterteilt sich in vier Zugänge zum Thema. Je nach Neigung darf sich jeder Schüler für einen Zugang entscheiden:

- Zugang 1: *Der Lehrervortrag*  
Die Spannenergie wird in einem Lehrerzentrierten Vortrag eingeführt.
- Zugang 2: *Der Autodidakt und Bücherwurm*  
Der Bücherwurm erarbeitet sich eigenständig anhand gegebener Bücher die Spannenergie.
- Zugang 3: *Der Autodidakt und Internetsurfer*  
Der Internetsurfer erarbeitet sich anhand der folgenden Internetseiten die Spannenergie.
- Zugang 4: *Der Praktiker*  
Der Praktiker führt Versuche durch, anhand derer er sich die Gesetzmäßigkeiten der Spannenergie verdeutlicht.

Ich entscheide mich für Zugang \_\_\_\_\_

#### Block 2: Bestimmung der Spannenergie an einem Experiment

Dieser Block unterteilt sich in fünf Experimente. Jeder Schüler wählt genau ein Experiment, dass er im Team mit den anderen ausführt, die sich für dieses Experiment entschieden haben. Die Experimente unterscheiden sich im Aufbau, aber auch in der Art, wie die Messwerte erhoben werden. Auf der einen Seite werden klassische Schülerversuche durchgeführt, auf der anderen Seite werden verschiedene Apps eingesetzt, mit denen die Messung durchgeführt und ausgewertet wird.

- Experiment 1: *Das Spielzeugauto* (Einsatz der App *Smart Measure*) Schwierigkeit: +++  
Bestimmen Sie die Spannenergie eines Spielzeugautos unter Zuhilfenahme der App *Smart Measure*
- Experiment 2: *Die Kugelschreiberfeder* (klassische Messung ohne App) Schwierigkeit: ++  
Bestimmen Sie die Spannenergie einer Kugelschreiberfeder mit dem klassischen Messsystem von *Phywe*.
- Experiment 3: *Die Luftkissenfahrbahn* (Einsatz der App *Phyphox*) Schwierigkeit: ++  
Bestimmen Sie die Spannenergie von zwei Federn an der Luftkissenfahrbahn mit der App *Phyphox*.
- Experiment 4: *Die Gummibänder* (Einsatz des Messsystems *Cassy*) Schwierigkeit: +  
Bestimmen Sie die Spannenergie verschiedener ungleichmäßiger Gummibänder mit dem klassischen Messsystem von *Cassy*.
- Experiment 5: *Die Feder* (Einsatz der App *VidAnalysis*) Schwierigkeit: +  
Bestimmen Sie die Spannenergie einer Feder unter Zuhilfenahme der App *VidAnalysis*

Ich entscheide mich für Experiment \_\_\_\_\_

## Spannenergie

**Zugang 1: Der Lehrervortrag (25 Minuten, Raum A314)**

Schüler, die diesen Zugang gewählt haben, begeben sich in Raum A314. Es handelt sich hierbei um einen lehrerzentrierten Vortrag. Die Schüler sind gebeten, einen Tafelmitschrieb anzufertigen und Verständnisfragen zum Thema zu stellen.

Die Schüler müssen im Stande sein, im Anschluss des Lehrervortrages folgende Fragen zu beantworten:

- Leiten Sie die Spannenergie aus der gegebenen Grundgleichung zur Definition der Energie ab.
  - Wie verändert sich die Spannenergie einer Feder mit zunehmender Auslenkung?
  - Welchen Einfluss hat die Federkonstante auf die Spannenergie?
- Notieren Sie Ihre Herleitung und Ergebnisse, sodass Sie es den anderen im Anschluss präsentieren können.

**Zugang 2: Der Bücherwurm (25 Minuten, Raum Eule oder Pausenraum)**

Schüler, die diesen Zugang gewählt haben, begeben sich in Raum Eule oder den Pausenraum. Dort finden sie Bücher vor, in denen sie die zur Bearbeitung der Aufgabe benötigten Informationen finden. Dabei sind folgende Aufgaben zu beantworten:

- Leiten Sie die Spannenergie aus der gegebenen Grundgleichung  $W = F \cdot s$  ab. Nutzen Sie dazu das Hooke'sche Gesetz und gehen Sie analog zur Herleitung der kinetischen und potenziellen Energie vor.
  - Wie verändert sich die Spannenergie einer Feder mit zunehmender Auslenkung?
  - Welchen Einfluss hat die Federkonstante auf die Spannenergie?
- Notieren Sie Ihre Herleitung und Ergebnisse, sodass Sie es den anderen im Anschluss präsentieren können.

**Zugang 3: Der Internetsurfer (25 Minuten, Raum A313)**

Schüler, die diesen Zugang gewählt haben, begeben sich in Raum A313 und nehmen ihr Tablet mit. Besuchen Sie die aufgeführten Webseiten und schauen sich das entsprechende Video dazu an. Beantworten Sie danach die folgenden Fragen. Gerne dürfen Sie weitere Webseiten (z.B. Wikipedia) zum Thema besuchen.

- Leiten Sie die Spannenergie aus der Grunddefinition der Energie ab. Im Folgenden sind ein paar Tipps hinter QR-Codes versteckt, die sie mit dem NeoReader abrufen können:



- Wie verändert sich die Spannenergie einer Feder mit zunehmender Auslenkung?
  - Welchen Einfluss hat die Federkonstante auf die Spannenergie?
- Notieren Sie Ihre Herleitung und Ergebnisse, sodass Sie es den anderen im Anschluss präsentieren können.

Spannenergie

**HEID  
TECH** TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

Hier finden Sie die beiden Webseiten:

Spannenergie, ein Video von Marcus von Amsberg  
<https://www.youtube.com/watch?v=kxE51XPFmjU>



Die Spannenergie, ein Video von TheSimplePhysics  
<https://www.youtube.com/watch?v=ml318jeunbA>



Arbeit, Energie und Leistung, eine Webseite von Leifi Physik  
<http://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/energie-quantitativ>



#### Zugang 4: Der Praktiker (25 Minuten, Raum A313)

Schüler, die diesen Zugang gewählt haben, begeben sich in Raum A313. Dort finden sie Experimente vor, durch die sich die Lösung der Aufgabe erschließt.

Die Aufgabe lautet wie folgt: Finden sie eine Formel zur Bestimmung der Spannenergie einer Feder.

Lassen Sie sich von folgenden Fragen leiten:

- Von welchen physikalischen Größen hängt die Spannenergie ab?
  - Wie verändert sich die Spannenergie einer Feder mit zunehmender Auslenkung?
  - Welchen Einfluss hat die Federkonstante auf die Spannenergie?
- Notieren Sie Ihre Herleitung und Ergebnisse, sodass Sie es den anderen im Anschluss präsentieren können.

Hinweise:

- Beobachten Sie, welche Kraft zum Heben einer Masse und welche Kraft zum Spannen einer Feder erforderlich ist.
- Hängen Sie eine Masse an eine Schraubenfeder. Lassen Sie die Masse fallen und beschreiben Sie den Vorgang. Der Versuch ist am tiefsten Punkt beendet. Das Zurückschwingen wird hier nicht betrachtet.

Nach 25 Minuten kommen alle Schüler wieder in Raum A314 zusammen um die Ergebnisse zu besprechen.

## Spannenergie

**HEID TECH** | TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM

**Experiment 1: Das Spielzeugauto (Einsatz der App Smart Measure) Schwierigkeit: +++**

Im Anschluss des Experimentes werden Sie Ihren Mitschülern in einer Kleingruppe Ihr Experiment vorstellen. Jeder Teilnehmer dieses Experimentes muss sich daher für eine der Kleingruppen A, B, C, D entscheiden. Verteilen Sie sich gleichmäßig auf die Gruppen. Sie haben sich für die folgende Gruppe entschieden: \_\_\_\_\_

Machen Sie sich mit der Funktionsweise eines Frikitions- oder Schwungmotors vertraut. Beschränken Sie sich jedoch stark auf den hier zu betrachtenden Aspekt der Spannenergie.



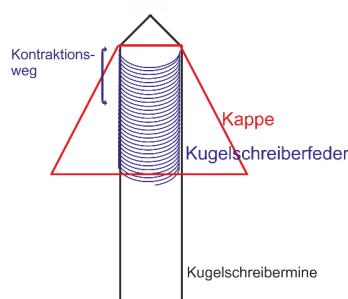
Beantworten Sie folgende Fragen:

- Bestimmen Sie die Federstärke eines Spielzeugautos.
- Welche Energie kann in dem Spielzeugauto gespeichert werden?

Hinweise verbergen sich hinter den folgenden QR-Codes

**Experiment 2: Die Kugelschreiberfeder (klassische Messung ohne App) Schwierigkeit: ++**

Im Anschluss des Experimentes werden Sie Ihren Mitschülern in einer Kleingruppe Ihr Experiment vorstellen. Jeder Teilnehmer dieses Experimentes muss sich daher für eine der Kleingruppen A, B, C, D entscheiden. Verteilen Sie sich gleichmäßig auf die Gruppen. Sie haben sich für die folgende Gruppe entschieden: \_\_\_\_\_



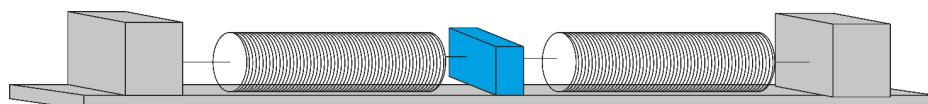
- Verwenden Sie einen ausrangierten Kugelschreiber und schrauben Sie ihn auseinander
- Messen sie den Kontraktionsweg, also den Weg  $s$ , den sich die Feder zusammendrücken lässt.
- Messen sie die Masse  $m$  der Kappe.
- Lassen sie die Kappe bei maximaler Federkontraktion los.
- Lesen Sie an der Messskala ab, wie hoch die Kappe fliegt. Evtl. können Sie ein Video aufnehmen. In Zeitlupe lässt sich die Höhe besser bestimmen.
- Bestimmen Sie die Spannenergie der Feder.

Spannenergie

**HEID  
TECH** TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

**Experiment 3: Die Luftkissenfahrbahn (Einsatz der App Phyphox) Schwierigkeit: ++**

Im Anschluss des Experimentes werden Sie Ihren Mitschülern in einer Kleingruppe Ihr Experiment vorstellen. Jeder Teilnehmer dieses Experimentes muss sich daher für eine der Kleingruppen A, B, C, D entscheiden. Verteilen Sie sich gleichmäßig auf die Gruppen. Sie haben sich für die folgende Gruppe entschieden: \_\_\_\_\_



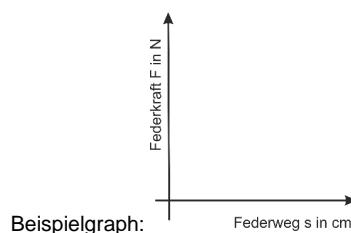
- Stellen Sie allgemein die Formel für die Spannkraft jeder Feder einzelnen Feder auf.
- Wie lautet die Spannkraft für jede Feder einzeln bei gegebener Auslenkung in einer Richtung?
- Berechnen Sie die auf den Körper wirkende Kraft.
- Messen Sie die auf den Körper wirkende Kraft mit Phyphox.
- Bestimmen Sie mit der Masse  $m$  des Probekörpers und seiner Beschleunigung  $a$  die Federkonstante  $D$ .
- Berechnen Sie die Spannenergie des Körpers bei einer von Ihnen festgelegten Auslenkung.

Hinweise verbergen sich hinter den folgenden QR-Codes

**Experiment 4: Die Gummibänder (Einsatz des Messsystems Cassy) Schwierigkeit: +**

Im Anschluss des Experimentes werden Sie Ihren Mitschülern in einer Kleingruppe Ihr Experiment vorstellen. Jeder Teilnehmer dieses Experimentes muss sich daher für eine der Kleingruppen A, B, C, D entscheiden. Verteilen Sie sich gleichmäßig auf die Gruppen. Sie haben sich für die folgende Gruppe entschieden: \_\_\_\_\_

- Nehmen Sie verschiedene Gummibänder und untersuchen Sie die Federkraft die diese Bänder für verschiedene Auslenkungen erzeugen.
- Tragen Sie Ihre Ergebnisse für jedes Band in eine Tabelle ein und zeichnen Sie den Graphen des Federweges zur Federkraft.
- Wie verhält sich die Federkraft in Bezug auf den Federweg? Schauen Sie sich zur Erklärung auch den Wikipedia-Link [https://de.wikipedia.org/wiki/Feder\\_\(Technik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Feder_(Technik)) an (unten auch als QR-Code).
- Bestimmen Sie die Spannenergie jedes Gummis an zwei Punkten



Wikipedia-Link:

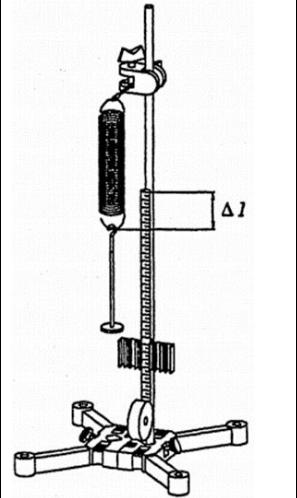


## Spannenergie

**Experiment 5: Die Feder (Einsatz der App VidAnalysis) Schwierigkeit: +**

Im Anschluss des Experimentes werden Sie Ihren Mitschülern in einer Kleingruppe Ihr Experiment vorstellen. Jeder Teilnehmer dieses Experimentes muss sich daher für eine der Kleingruppen A, B, C, D entscheiden. Verteilen Sie sich gleichmäßig auf die Gruppen. Sie haben sich für die folgende Gruppe entschieden: \_\_\_\_\_

Nutzen Sie den abgebildeten Phywe-Messaufbau.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bestimmen Sie die Masse Ihres Probekörpers.</li> <li>Hängen Sie den Probekörper an die Feder. Die Feder wird durch die Masse des Probekörpers um die Länge <math>l</math> ausgelenkt.</li> <li>Lenken Sie den Probekörper nun um <math>\Delta l</math> weiter aus und lassen Sie sie dann los. Die Gesamtauslenkung der Feder entspricht nun <math>s = l + \Delta l</math>.</li> <li>Beobachten Sie, welche Höhe <math>h</math> die Masse überwindet.</li> <li>Nutzen Sie VidAnalysis zur Auswertung des Versuches.</li> <li>Berechnen Sie hiermit die Spannenergie zu Beginn des Versuches.</li> <li>Wiederholen Sie den Versuch für verschiedene Auslenkungen und tragen Sie Ihre Ergebnisse in eine Tabelle ein.</li> </ul>
--	---

**Allgemeine Werte:**

Masse des Probekörpers: \_\_\_\_\_

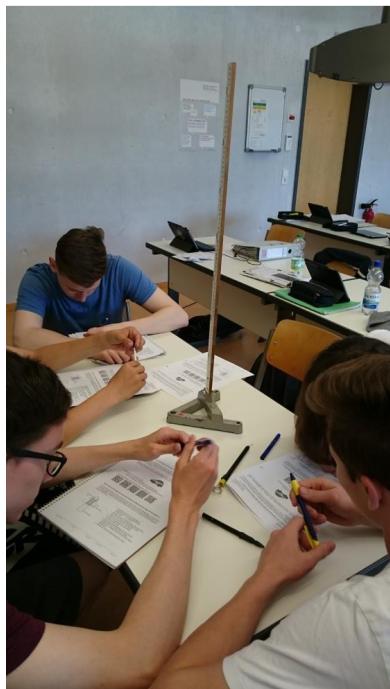
Ruheauslenkung  $l$ : \_\_\_\_\_

Berechnete Federkonstante  $D$ : \_\_\_\_\_

**Beispieltabelle:**

Auslenkung aus der Ruhelage	Überwundene Höhe	Federkraft	Spannenergie
$\Delta l_1 =$	$h_1 =$	$F_1 =$	$W_1 =$
$\Delta l_2 =$	$h_2 =$	$F_2 =$	$W_2 =$
...	...	...	...

**Bild zum Experiment 2: Die Kugelschreiberfeder**



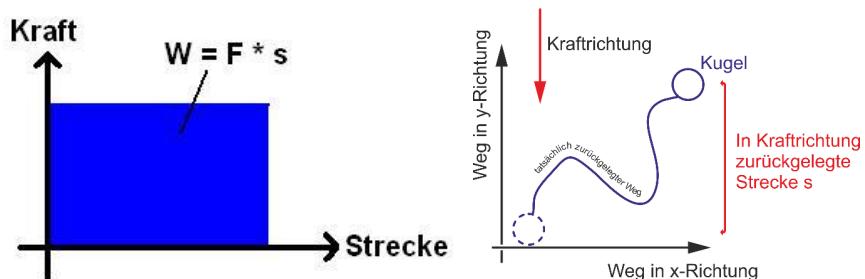
**Bild zum Experiment 3: Die Luftkissenfahrbahn**



## Herleitungen

**1. Definition der Arbeit**Definition der Arbeit  $W$ :Arbeit ist die Kraft  $F$  die längs eines Weges  $s$  auf ihn einwirkt.*Anm.:* Es handelt sich bei dem Weg immer um den Weg in Kraftrichtung und damit nicht unbedingt um die tatsächlich zurückgelegte Strecke.

$$W = F \cdot s$$



Einheit der Arbeit:

$$[W] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ Joule}$$

**2. Definition der Energie**

Im Weiteren wird folgende Definition der Energie verwendet:

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Einheit der Energie (identisch zur Arbeit):

$$[E] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ Joule}$$

**2.1 Herleitung der Potenziellen Energie**

Ausgangspunkt:

$$E = F \cdot s$$

Nutze zur Berechnung der potenziellen Energie die Gewichtskraft  $F_g$ :

$$E_{\text{pot}} = F_g \cdot s$$

Die relevante zurückgelegte Strecke entspricht der Höhe  $h$ 

$$E_{\text{pot}} = F_g \cdot h$$

Mit  $F_g = m \cdot g$  folgt die Formel der potenziellen Energie

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

## Herleitungen

**2.2 Herleitung der Kinetischen Energie**

Ausgangspunkt:

$$E = F \cdot s$$

Zur Herleitung der kinetischen Energie setze allgemein  $F = m \cdot a$ 

$$E_{\text{kin}} = m \cdot a \cdot s$$

Nun muss  $a$  eliminiert werden, da  $E_{\text{kin}}$  in Abhängigkeit der Geschwindigkeit  $v$  definiert ist.  
Nutze hierzu

$$v = a \cdot t \rightarrow a = \frac{v}{t}$$

Als Zwischenschritt erhalten wir

$$E_{\text{kin}} = m \cdot \frac{v}{t} \cdot s$$

In dieser Formel gibt es noch sehr viele Variablen (nämlich  $s$  und  $t$ ) die folgendermaßen eliminiert werden können. Nutze

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t \rightarrow \frac{s}{t} = \frac{1}{2} v$$

Setzt man dies in  $E_{\text{kin}}$  ein, erhält man

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

**2.3 Herleitung der Rollreibzahl  $\mu$  aus der Rollreibung**I. Herleitung aus der verrichteten ReibarbeitZu Beginn wurden Anfangsgeschwindigkeit  $v$  und Bremsweg  $s$  gemessen. Die Formel

$$W = F_R \cdot s.$$

soll so dargestellt werden, dass sich  $\mu$  aus diesen Größen ergibt. Die kinetische Energie kann bestimmt werden zu

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Die Reibungskraft, auf der Ausrollstrecke ist  $F_R = \mu \cdot F_N$ . Weiterhin ist hier  $F_N = F_G = m \cdot g$  gegeben, da das Auto über eine waagerechte Ebene ausrollt. Wir können dies nacheinander in die Ausgangsformel einsetzen und erhalten

$$W = F_R \cdot s$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = F_R \cdot s$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \mu \cdot F_N \cdot s$$

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \mu \cdot m \cdot g \cdot s$$

$$\rightarrow \frac{v^2}{2g \cdot s} = \mu$$

## Herleitungen

II. Herleitung über die Bewegungsgesetze

Zu Beginn wurden Anfangsgeschwindigkeit  $v$  und Bremsweg  $s$  gemessen. Die Formel

$$F = m \cdot a$$

soll so dargestellt werden, dass sich die Rollreibzahl  $\mu$  aus diesen Größen ergibt.  
Beschleunigung  $a$  ergibt sich aus

$$v = a \cdot t \rightarrow a = \frac{v}{t}$$

$t$  kann wiederum mit

$$s = \frac{1}{2} v \cdot t$$

eliminiert werden

$$\rightarrow t = \frac{2 \cdot s}{v}$$

Also ist

$$F = m \cdot \frac{v^2}{2s}$$

Mit  $F_R = \mu \cdot F_N$  und  $F_N = F_G = m \cdot g$  folgt somit

$$\mu \cdot m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{2s}$$

$$\rightarrow \frac{v^2}{2g \cdot s} = \mu$$

Die Ergebnisse aus Herleitung I. und II. sind natürlich identisch.

## TGI11 Spannenergie

Seite 1, Frage 1: Ich habe mich für folgenden Zugang entschieden  
17 Teilnehmer

1 Der Lehrervortrag	8
2 Der Autodidakt und Bücherwurm	-
3 Der Autodidakt und Internetsurfer	6
4 Der Praktiker	3

Seite 1, Frage 2: Beim nächsten mal würde ich...  
17 Teilnehmer

den gleichen Zugang wählen	14
Zugang 1 wählen (Lehrervortrag)	-
Zugang 2 wählen (Autodidakt und Bücherwurm)	1
Zugang 3 wählen (Autodidakt und Internetsurfer)	1
Zugang 4 wählen (Der Praktiker)	1

Seite 1, Frage 3: Ich habe mich für Experiment  
17 Teilnehmer

Experiment 1 - Das Spielzeugauto - entschieden	-
Experiment 2 - Die Kugelschreiberfeder - entschieden	5
Experiment 3 - Die Luftkissenfahrbahn - entschieden	5
Experiment 4 - Die Gummibänder - entschieden	7
Experiment 5 - Die Feder - entschieden	-

Seite 1, Frage 4: Beim nächsten Mal würde ich  
17 Teilnehmer

das gleiche Experiment wählen	13
Experiment 1 (Das Spielzeugauto) wählen	3
Experiment 2 (Die Kugelschreiberfeder) wählen	-
Experiment 3 (Die Luftkissenfahrbahn) wählen	1
Experiment 4 (Die Gummibänder) wählen	-
Experiment 5 (Die Feder) wählen	-

Seite 1, Frage 5: Die Einstufung des Schwierigkeitsgrades war  
17 Teilnehmer

zu leicht. Es war schwerer, auf die Lösung zu kommen.	-
genau richtig.	17
zu schwer. Das Experiment stellte sich als leichter heraus als gedacht.	-

## TGME11 Spannenergie

Seite 1, Frage 1: Ich habe mich für folgenden Zugang entschieden  
19 Teilnehmer

1 Der Lehrervortrag	7
2 Der Autodidakt und Bücherwurm	2
3 Der Autodidakt und Internetsurfer	10
4 Der Praktiker	-

Seite 1, Frage 2: Beim nächsten mal würde ich...  
18 Teilnehmer

den gleichen Zugang wählen	16
Zugang 1 wählen (Lehrervortrag)	2
Zugang 2 wählen (Autodidakt und Bücherwurm)	-
Zugang 3 wählen (Autodidakt und Internetsurfer)	-
Zugang 4 wählen (Der Praktiker)	-

Seite 1, Frage 3: Ich habe mich für Experiment  
19 Teilnehmer

Experiment 1 - Das Spielzeugauto - entschieden	6
Experiment 2 - Die Kugelschreiberfeder - entschieden	2
Experiment 3 - Die Luftkissenfahrbahn - entschieden	4
Experiment 4 - Die Gummibänder - entschieden	3
Experiment 5 - Die Feder - entschieden	4

Seite 1, Frage 4: Beim nächsten Mal würde ich  
19 Teilnehmer

das gleiche Experiment wählen	17
Experiment 1 (Das Spielzeugauto) wählen	1
Experiment 2 (Die Kugelschreiberfeder) wählen	-
Experiment 3 (Die Luftkissenfahrbahn) wählen	1
Experiment 4 (Die Gummibänder) wählen	-
Experiment 5 (Die Feder) wählen	-

Seite 1, Frage 5: Die Einstufung des Schwierigkeitsgrades war  
18 Teilnehmer

zu leicht. Es war schwerer, auf die Lösung zu kommen.	3
genau richtig.	14
zu schwer. Das Experiment stellte sich als leichter heraus als gedacht.	1

## A.4 Materialien zur 4. Doppelstunde: Energieerhaltung

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Arbeitsblatt zur Energieerhaltung
- Webseitenausschnitt Phet - Interactive Simulations
- Fotodokumentation Unterrichtsstunde
- Umfrageergebnisse der TGI11 zur Spannenergie
- Umfrageergebnisse der TGME11 zur Spannenergie

19.06.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Energieerhaltung“

Zeit	Unterrichtsphase, Inhalt	Methode Medien	Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten
9:45 10 (Σ10)	<p>1. Unterrichtsphase: Einführungsphase</p> <p>Die Schüler dürfen sich von eines von vier Experimenten entscheiden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieskatepark</li> <li>• Energieumwandlung bei der Feder</li> <li>• Energieumwandlung an der schießen Ebene</li> <li>• Pendellabor</li> </ul> <p>Das Besondere der heutigen Stunde ist, dass jeder Versuch wahlweise als klassisches Experiment sowie in Form einer Computersimulation durchgeführt werden kann.</p> <p>Der Lehrer stellt die Versuche vor und anschließend dürfen die Schüler frei wählen.</p>	Unterrichtsgespräch  -	Die Schüler werden für das Thema motiviert und erhalten eine Orientierung zur Stunde.
9:55 45 (Σ55)	<p>2. Unterrichtsphase: Experimentierphase</p> <p>Die Schüler suchen sich ein Experiment bzw. eine Simulation aus.</p> <p>Bei der Computersimulation bilden sich Zweipersonenteams, da Laptops in beliebigem Maße zur Verfügung stehen. Die Experimente werden in Gruppenarbeit durchgeführt.</p>	<p>Gruppenarbeit beim Experiment</p> <p>Teamarbeit bei der Computersimulation</p> <p>1. Laptop 2. Experiment</p>	<p>Die Schüler führend das Experiment oder die Simulation ihrer Wahl durch.</p> <p>Teilziel 1: Die Schüler wissen, dass Energie erhalten ist und erkennen, dass sich Energieformen ineinander umwandeln lassen.</p> <p>Teilziel 2: Die Schüler können Energieformen ineinander umwandeln.</p>
10:40 10 (Σ65)	<p>3. Unterrichtsphase: Ergebnissicherung</p> <p>Im Anschluss an die Experimentierphase werden die Ergebnisse an der Tafel gesichert und besprochen.</p>	<p>Unterrichtsgespräch</p> <p>Tafel</p>	<p>Die Schüler vertiefen ihr soeben entdecktes Wissen und haben die Möglichkeit, Fehlvorstellungen zu korrigieren.</p>
10:50 20 (Σ90)	<p>4. Unterrichtsphase: Konsolidierungsphase</p> <p>Der Lehrer bildet Gruppen, die sich reihum die Experimente anschauen und ihre Vorgehensweise sowie die Spezifika ihres Experiments kurz rezkapitulieren.</p>	<p>Gruppengespräch</p> <p>1. Laptop 2. Experiment</p>	<p>Die Schüler üben, vor einer Gruppe zu sprechen und physikalische Sachverhalte zu präsentieren. Zusätzlich vertiefen sie dabei ihr Wissen</p>

Der Energieerhaltungssatz

**HEID  
TECH** TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

Die heutige Stunde  
behandelt das Thema



insbesondere um die Erhaltung der  
Energie.

Ziel ist es, die Energieerhaltung und Umwandlung verschiedener Energieformen ineinander für eine physikalische Situation zu untersuchen.

Jedes Experiment kann

- als klassisches Experiment, oder
- in Form einer Computersimulation an Ihrem Tablet PC

durchgeführt werden.

Folgende Experimente stehen zur Verfügung:

Die Computersimulation	Das korrespondierende Experiment
<input type="checkbox"/> 1. Energieskatepark +	<input type="checkbox"/> 1. Die Darda-Bahn ++
<input type="checkbox"/> 2. Massen und Spiralfedern +	<input type="checkbox"/> 2. Energieumwandlung bei der Feder ++
<input type="checkbox"/> 3. Schiefe Ebene +	<input type="checkbox"/> 3. Energieumwandlung an der schießen Ebene ++
<input type="checkbox"/> 4. Pendel-Labor +	<input type="checkbox"/> 4. Energie und Kinematik beim Pendel +++

Bedeutung der Symbole: + leicht ++ mittel +++ schwer

Die Simulationen wurden allesamt als „leicht“ eingestuft, weil

- hier kein experimentelles Geschick gefordert ist
- durch die gegebene Darstellung die Messwerterfassung erleichtert und die Daten besser visualisiert werden
- mögliche unerwünschte Nebeneffekte ausgeschlossen sind.

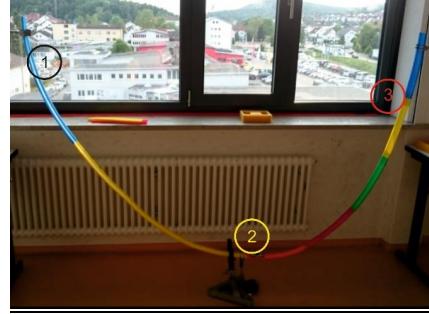
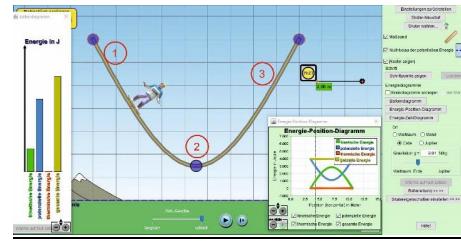
Die Experimente sind diesbezüglich schwerer und dauern länger. Das Stundenziel wird jedoch durch beide Ansätze erreicht. Das Pendel-Experiment wird als besonders schwer eingestuft, da zur Lösung der Aufgabe Stundenübergreifend auf Unterrichtsinhalte der Vergangenheit zurückgegriffen werden muss.

Bitte entscheiden Sie sich, wie Sie den Versuch durchführen wollen und kreuzen Sie entsprechendes an.

**Der Energieerhaltungssatz**

**HEID TECH | TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM**

**1. Versuch zur Energieumwandlung bei der Darda-Bahn und beim Energieskatepark**

Abfahrtshöhe (Position 1): $h = \underline{\hspace{2cm}}$	<b>Energieumwandlung bei der Darda-Bahn</b>	
Masse des Körpers: $m = \underline{\hspace{2cm}}$		
Breite der Papierfahne: $b = \underline{\hspace{2cm}}$		
Position 1: Maximale Höhe Position 2: Maximale Geschwindigkeit Position 3: Erreichte Höhe		
maximale Erreichte Höhe (Position 3): $s = \underline{\hspace{2cm}}$		
Lageenergie in Position 1: $E_{pot1} = \underline{\hspace{2cm}}$	<b>Energieskatepark</b>	
Dunkelzeit $\Delta t$ in Position 2: $\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$		
Geschwindigkeit: $v = \frac{b}{\Delta t} = \underline{\hspace{2cm}}$		
Kinetische Energie in Position 2: $E_{kin2} = \underline{\hspace{2cm}}$		
Lageenergie Energie in Position 3: $E_{pot3} = \underline{\hspace{2cm}}$	<a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/energy-skate-park">https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/energy-skate-park</a> <a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/energy-skate-park-basics">https://phet.colorado.edu/de/simulation/energy-skate-park-basics</a>	
Wo ist der Rest? $E_{reib3} = \underline{\hspace{2cm}}$	 	

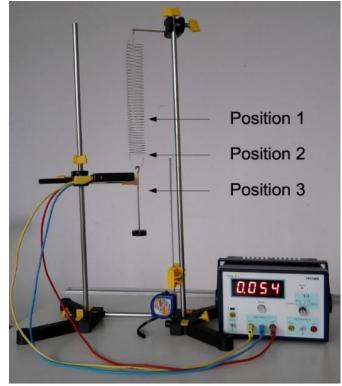
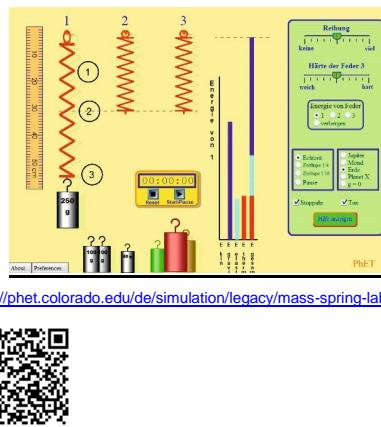
**Energietabelle**

	<u>Position 1</u>	<u>Position 2</u>	<u>Position 3</u>
<u>Lageenergie <math>E_{pot}</math></u>			
<u>Bewegungsenergie <math>E_{kin}</math></u>			
<u>Wärmemenge</u>			
<u>Energiesumme</u>			

Name: Dr. Ferling      Fach: Physik      Klasse TG11      Datum 19.06.17      Seite 2 von 6

## Der Energieerhaltungssatz

**2. Versuch zur Energieumwandlung beim Federpendel und zur Massen und Spiralfeder App**

Federkonstante: $D = \underline{\hspace{2cm}}$	<u>Energieumwandlung bei der Feder</u> 
Masse des Gewichtstellers: $m = \underline{\hspace{2cm}}$	
Breite des Gewichtes: $b = \underline{\hspace{2cm}}$	
Position 1: Nullniveau der Spannenergie	
Position 2: Gleichgewichtslage	
Position 3: Nullniveau der Lageenergie	
maximale Auslenkung (Position 3):	
$s = \underline{\hspace{2cm}}$	
Spannenergie in Position 3: $E_{Spann3} = \underline{\hspace{2cm}}$	<u>Massen und Spiralfedern</u>  <a href="https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/mass-spring-lab">https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/mass-spring-lab</a>
Lageenergie in Position 1: $E_{pot1} = \underline{\hspace{2cm}}$	
Dunkelzeit $\Delta t$ in Position 2: $\Delta t = \underline{\hspace{2cm}}$	
Geschwindigkeit: $v = \frac{b}{\Delta t} = \underline{\hspace{2cm}}$	
kinetische Energie in Position 2: $E_{kin2} = \underline{\hspace{2cm}}$	

**Energietabelle**

	Position 1	Position 2	Position 3
<u>Lageenergie <math>E_{pot}</math></u>			
<u>Bewegungsenergie <math>E_{kin}</math></u>			
<u>Spannenergie <math>E_{spann}</math></u>			
<u>Energiesumme</u>			

## Der Energieerhaltungssatz

**3. Energieumwandlung an der schießen Ebene und mit der App zur schießen Ebene**Winkel der Ebene:  $\alpha = \underline{\hspace{2cm}}$ Masse des Autos:  $m = \underline{\hspace{2cm}}$ Dunkelzeit Lichtschranke 1:  $t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ Dunkelzeit Lichtschranke 2:  $t_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ 

Position 1: Startgeschwindigkeit

Position 2: Maximal erreichte Höhe

Position 3: Nullniveau der Lageenergie

Dunkelzeit  $\Delta t$  in Position 1:  $\Delta t_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ Geschwindigkeit an Position 1:  $v_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ Dunkelzeit  $\Delta t$  in Position 3:  $\Delta t_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ Geschwindigkeit an Position 3:  $v_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ 

Kinetische Energie in Position 1:

 $E_{kin1} = \underline{\hspace{2cm}}$ 

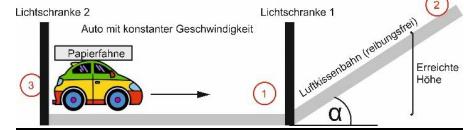
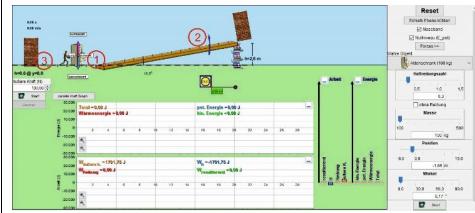
Potenzielle Energie in Position 2:

 $E_{pot2} = \underline{\hspace{2cm}}$ 

Kinetic Energy in Position 3:

 $E_{kin3} = \underline{\hspace{2cm}}$ 

Reibungsarbeit zwischen Position 1 und 3:

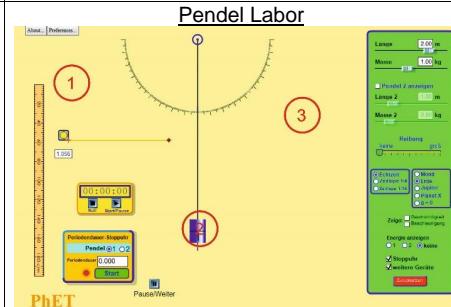
 $W_{reib} = \underline{\hspace{2cm}}$ **Zusatzaufgabe beim Experiment:**Berechnen Sie den Reibungskoeffizienten  $\mu$  zwischen Position 1 und Position 3: $\mu_{13} = \underline{\hspace{2cm}}$ Berechnen Sie  $\mu_{12}$  auf der schiefen Ebene $\mu_{12} = \underline{\hspace{2cm}}$ **Energieumwandlung an der schießen Ebene****Schiefe Ebene**<https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/the-ramp>**Energietabelle**

	<u>Position 1</u>	<u>Position 2</u>	<u>Position 3</u>
<u>Lageenergie <math>E_{pot}</math></u>			
<u>Bewegungsenergie <math>E_{kin}</math></u>			
<u>Wärmemenge</u>			
<u>Energiesumme</u>			

## Der Energieerhaltungssatz

**4. Versuch zur Energie und Kinematik beim Pendel und bei der Pendel-Labor App**

Pendellänge: $l =$ _____	<p><u>Energie und Kinematik beim Pendel</u></p>
Masse des Gewichtstellers: $m =$ _____	
Durchmesser des Pendelkörpers: $b =$ _____	
Position 1: Maximale Auslenkung	
Position 2: Schnittpunkt	
Position 3: Nullniveau der Lageenergie	
maximale Auslenkung (Position 1):	
$s =$ _____	
Potenzielle Energie in Position 1: $E_{pot1} =$ _____	
Dunkelzeit $\Delta t$ in Position 2: $\Delta t =$ _____	
Geschwindigkeit in Position 2: $v =$ _____	
Kinetische Energie in Position 2: $E_{kin2} =$ _____	
Potenzielle Energie in Position 3: $E_{pot3} =$ _____	
Zusatzaufgabe zum klassischen Pendel:	
Berechne kinetische Energie in Position 3: $E_{kin3} =$ _____	
Berechne Wurfweite: $s =$ _____	
Vergleiche mit dem Experiment.	



<https://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/pendulum-lab>

**Energietabelle**

	<u>Position 1</u>	<u>Position 2</u>	<u>Position 3</u>
<u>Lageenergie</u> $E_{pot}$			
<u>Bewegungsenergie</u> $E_{kin-x}$			
<u>Bewegungsenergie</u> $E_{kin-y}$			
<u>Bewegungsenergie</u> $E_{kin}$			
<b>Energiesumme</b>			

## Der Energieerhaltungssatz

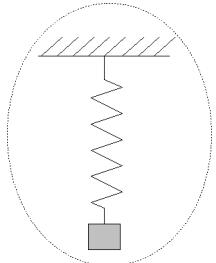
**Zusammenfassung****Energieerhaltungssatz:**

In einem abgeschlossenen System ist die \_\_\_\_\_ aus \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, und \_\_\_\_\_ bei reibungsfrei verlaufenden Vorgängen \_\_\_\_\_.

$$E_{kin} + E_{pot} + E_{spann} =$$

**Abgeschlossenes System:**

Man nennt ein System energetisch \_\_\_\_\_,  
wenn es mit seiner Umgebung \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

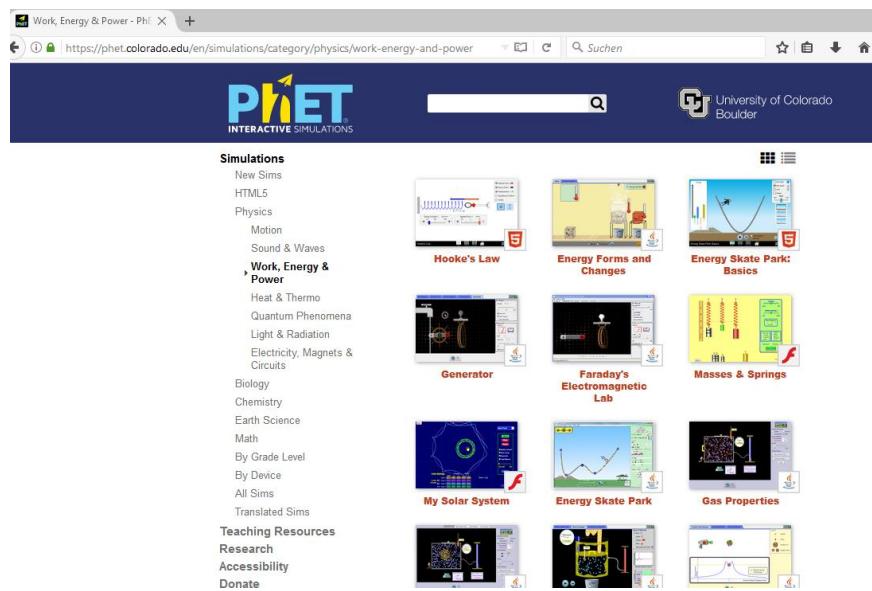
**Merke:**

Mit dem Energieerhaltungssatz können auch ohne Kenntnis der Bewegungsgleichungen physikalische Größen der Bewegung bestimmt werden.

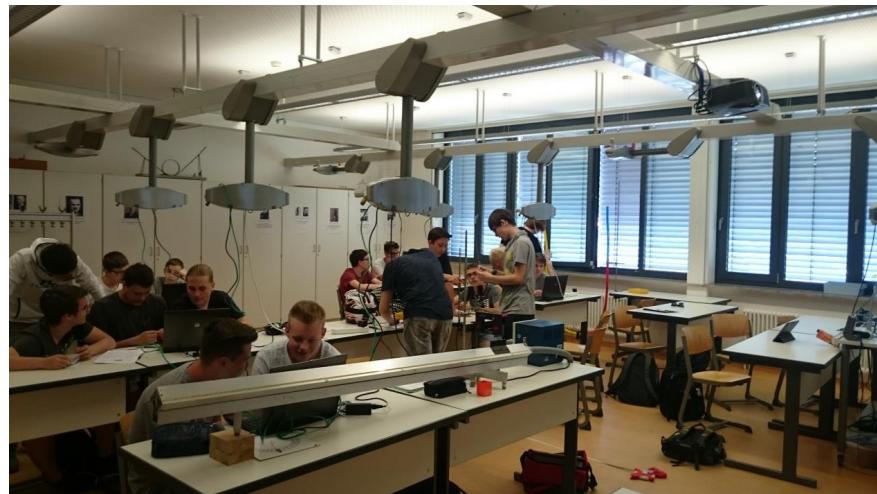
**Webseitenauszug der Quelle der verwendeten Simulationen von Phet - Interactive Simulation**

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/work-energy-and-power>

abgerufen am 18.08.17



**Bilder aus der Experimentierphase**



### TGI11 Energieerhaltung

#### Seite 1, Frage 1: Ich habe mich für

18 Teilnehmer

das klassische Experiment entschieden.	6
die Computersimulation entschieden.	12

#### Seite 1, Frage 2: Folgendes Experiment habe ich gewählt

18 Teilnehmer

Computersimulation 1. Energieskatepark (+)	6
Computersimulation 2. Massen und Spiralfedern (+)	-
Computersimulation 3. Schiefe Ebene (+)	1
Computersimulation 4. Pendel-Labor (+)	2
Experiment 1. Die Darda-Bahn (++)	2
Experiment 2. Energieumwandlung bei der Feder (++)	-
Experiment 3. Energieumwandlung an der schiefen Ebene (++)	1
Experiment 4. Energie und Kinematik beim Pendel (+++)	6

#### Seite 1, Frage 3: Der Versuch war

18 Teilnehmer

leichter als vermutet.	4
so schwer, wie vom Lehrer eingeschätzt.	11
schwerer als gedacht.	3

#### Seite 1, Frage 4: Haben Sie den Unterrichtsinhalt der heutigen Stunde verstanden?

18 Teilnehmer

ja	5
eher ja	4
so ungefähr / ich bin mir noch nicht sicher	8
eher nein	1
...wie war die Frage nochmal?	-

#### Seite 1, Frage 5: Eignung des Versuches

Der Versuch eignet sich

18 Teilnehmer

bestens zum Verständnis des Stoffs.	2
gut zum Verständnis des Stoffs.	15
weniger gut zum Verständnis des Stoffs.	1
nicht zum Stoffverständnis.	-

**TGME11 Energieerhaltung**

**Seite 1, Frage 1: Ich habe mich für**  
17 Teilnehmer

das klassische Experiment entschieden.	11
die Computersimulation entschieden.	6

**Seite 1, Frage 2: Folgendes Experiment habe ich gewählt**  
16 Teilnehmer

Computersimulation 1. Energieskatepark (+)	3
Computersimulation 2. Massen und Spiralfedern (+)	-
Computersimulation 3. Schiefe Ebene (+)	-
Computersimulation 4. Pendel-Labor (+)	2
Experiment 1. Die Darda-Bahn (++)	6
Experiment 2. Energieumwandlung bei der Feder (++)	-
Experiment 3. Energieumwandlung an der schiefen Ebene (++)	3
Experiment 4. Energie und Kinematik beim Pendel (+++)	2

**Seite 1, Frage 3: Der Versuch war**  
17 Teilnehmer

leichter als vermutet.	4
so schwer, wie vom Lehrer eingeschätzt.	11
schwerer als gedacht.	2

**Seite 1, Frage 4: Haben Sie den Unterrichtsinhalt der heutigen Stunde verstanden?**  
17 Teilnehmer

ja	7
eher ja	5
so ungefähr / ich bin mir noch nicht sicher	5
eher nein	-
...wie war die Frage nochmal?	-

**Seite 1, Frage 5: Eignung des Versuches**  
Der Versuch eignet sich  
17 Teilnehmer

bestens zum Verständnis des Stoffs.	3
gut zum Verständnis des Stoffs.	13
weniger gut zum Verständnis des Stoffs.	1
nicht zum Stoffverständnis.	-

## A.5 Materialien zur 5. Doppelstunde: Leistung und Wirkungsgrad

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Arbeitsblatt zu Leistung und Wirkungsgrad
- Unterlagen zum Kurzvortrag „Leistung eines Autos“
- Binnendifferenzierte Übungsaufgaben
- Ausschnitt der Webseite Leifi Physik, von der die Übungsaufgaben entnommen wurden
- Umfrageergebnisse der TGI11 zu Leistung und Wirkungsgrad
- Umfrageergebnisse der TGME11 zu Leistung und Wirkungsgrad

21.06.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Leistung und Wirkungsgrad“

Zeit	Unterrichtsphase, Inhalt	Methode Medien	Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten
9:45 15 (Σ15)	<p>1. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase</p> <p>Zu Beginn der Stunde erhalten die Schüler ein Arbeitsblatt. Ihre Aufgabe ist es, die physikalischen Begriffe „mechanische Leistung“ und „Wirkungsgrad“ im Internet zu recherchieren.</p> <p>Anschließend sollen sie die auf dem Arbeitsblatt gegebenen Fragen beantworten.</p>	<p>Einzelarbeit</p> <p>Tablet PC Internet</p>	<p>Die Schüler führen eine selbständige Recherche durch.</p> <p>Als Hilfestellung dienen die auf dem Arbeitsblatt enthaltenen QR-Codes.</p>
10:00 8 (Σ25)	<p>2. Unterrichtsphase: Ergebnissicherungsphase</p> <p>Ein Schüler zeigt seine Ergebnisse mit Hilfe der Dokumentenkamera. Es findet eine kurze Besprechung statt und die wichtigsten Formeln werden nochmals an der Tafel gesichert.</p> <p>Danach entscheiden sich die Schüler, ob sie einen körperlich oder physikalisch anspruchsvollen Versuch durchführen möchten, ohne jedoch Einzelheiten zum Versuchsablauf zu kennen.</p>	<p>Unterrichtsgespräch</p> <p>Tafel Dokumentenkamera Arbeitsblatt</p>	<p>Die Schüler vertiefen ihr soeben erworbenes Wissen und haben die Möglichkeit, Fehlvorstellungen zu korrigieren.</p> <p>Teilziel 1: Die Schüler wissen, wie mechanische Leistung definiert ist.</p> <p>Teilziel 2: Die Schüler wissen, wie der Wirkungsgrad definiert ist.</p>
10:08 2 (Σ25)	<p>3. Unterrichtsphase: Motivationsphase</p> <p>Ein kurzes Video des Empire State Building Run-Ups dient als Motivation für den folgenden Heid-Tech Run-Up.</p>	<p>-</p> <p>Videobeamer</p>	<p>Die Schüler werden für die folgende Unterrichtsphase motiviert.</p>
10:10 40 (Σ65)	<p>4. Unterrichtsphase: Erarbeitungsphase</p> <p>Die Schüler führen den von ihnen gewählten Versuch durch. Dabei stehen zur Wahl</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Leistungsmessung einer Bohrmaschine</li> <li>Leistung bei einem House Run-Up</li> </ol>	<p>Gruppengespräch</p> <p>1. Laptop 2. Experiment</p>	<p>Durch das Experiment vertiefen die Schüler das soeben erlernte Wissen. Bei der Leistungsmessung an der Bohrmaschine wird zudem das experimentelle Geschick trainiert.</p>
10:50 5 (Σ70)	<p>5. Unterrichtsphase: Ergebnissicherungsphase</p> <p>Ein Schüler jeder Gruppe legt seine Ergebnisse unter die Dokumentenkamera. Anschließend findet eine kurze Besprechung statt.</p>	<p>Unterrichtsgespräch</p> <p>Dokumentenkamera</p>	<p>Die Schüler haben die Möglichkeit, ihre Ergebnisse zu vergleichen und mögliche Fehler zu korrigieren.</p>
10:55 15 (Σ85)	<p>6. Unterrichtsphase: Übungsphase</p> <p>Die Schüler berechnen den Wirkungsgrad der Bohrmaschine.</p>	<p>Teamarbeit</p> <p>Dokumentenkamera Arbeitsblatt</p>	<p>Durch das Experiment vertiefen die Schüler das soeben erlernte Wissen.</p> <p>Teilziel 3: Die Schüler können den Wirkungsgrad berechnen.</p>
11:10 5 (Σ25)	<p>7. Unterrichtsphase: Vertiefungsphase</p> <p>Der Lehrer hält zum Stundenabschluss einen Kurzvortrag zur Leistung bei PKWs. Dies geschieht auch im Hinblick auf die anstehende Besichtigung des Leistungsmesstandes.</p> <p>Anschließend wird ein Arbeitsblatt mit binnendifferenzierten Hausaufgaben ausgeteilt, das mit Moodle einzureichen ist.</p>	<p>Lehrvortrag</p> <p>Beamer</p>	<p>Die Schüler haben die Möglichkeit, ihr Wissen zur Leistung weiter zu vertiefen.</p>

### 1. Erarbeitung der Begriffe Leistung und Wirkungsgrad

Sie haben nun 15 Minuten Zeit, die physikalischen Begriffe *mechanische Leistung* und *Wirkungsgrad* zu recherchieren. Beantworten Sie dazu die nun folgenden Fragen:

#### 1.1 Mechanische Leistung

- Wie lautet die Formel zur mechanischen Leistung? \_\_\_\_\_
- Welche physikalische Einheit hat die Leistung? \_\_\_\_\_
- Geben Sie ein Beispiel bei dem Leistung verrichtet wird:  
\_\_\_\_\_

- Geben Sie ein Beispiel, bei dem Sie zwei Leistungen miteinander vergleichen:  
\_\_\_\_\_

Falls Sie durch eigene Recherche nicht fündig werden, helfen die folgenden Webseiten weiter:



#### 1.2 Wirkungsgrad

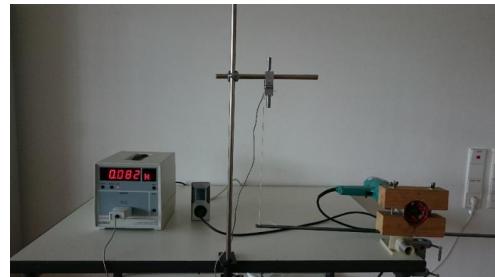
- Wie ist der Wirkungsgrad definiert? \_\_\_\_\_
- Welche physikalische Einheit hat des Wirkungsgrades? \_\_\_\_\_
- Geben Sie zwei Beispiele mit unterschiedlichem Wirkungsgrad an. Wie hoch ist der Wirkungsgrad jeweils?  
\_\_\_\_\_



Anschließend werden wir einen Versuch durchführen. Möchten Sie einen physikalisch oder körperlich anspruchsvollen Versuch durchführen? Kreuzen Sie an:

- Ich möchte einen physikalisch anspruchsvollen Versuch durchführen
- Ich möchte einen körperlich anspruchsvollen Versuch durchführen

## Leistung und Wirkungsgrad

**2. Verifikation der Leistung****2.1 Der physikalisch anspruchsvolle Weg**

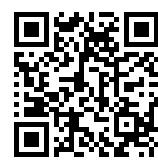
Anhand des obigen Versuchsaufbaus soll die verrichtete Leistung der Bohrmaschine bei unterschiedlichen Anpresskräften bestimmt werden. Denken Sie darüber nach und diskutieren Sie in Ihrer Gruppe, wie Sie dies bewerkstelligen können.

Hilfen verstecken sich hinter den folgenden QR-Codes:

Zur Kraft



Zur Leistung

**Werte für verschiedene Anpresskräfte:**

Kraft 1 gemessen	Kraft 2 berechnet	Arbeit berechnet	Zeit gemessen	Leistung berechnet	Leistung Steckdose

## 2. Verifikation der Leistung

### 2.2 Der körperlich anspruchsvolle Weg – Heidtech-Run-Up

Zur Vorbereitung:

- Bilden Sie Gruppen zu je 4 Leuten.
- Messen Sie die Höhendifferenz vom Fußboden des Erdgeschosses bis zum Fußboden der 3. Etage (hier ist es hinreichend, wenn zwei Schüler den Job übernehmen und den anderen den Wert mitteilen).

Höhe: \_\_\_\_\_

- Bestimmen Sie das Gewicht jedes Gruppenmitgliedes und tragen Sie es in die untenstehende Tabelle ein.

Bitte bilden Sie eine Gruppe mit 4 Leuten. Es gibt folgende Rollen:

- 2 Zeitnehmer
- 1 Läufer
- 1 Protokollführer

Der Ablauf ist folgender:

1. Die beiden Zeitnehmer synchronisieren ihre Handy-Stopuhren und legen den Startzeitpunkt fest.
2. Ein Zeitnehmer begleitet den Läufer ins Erdgeschoss und gibt ihm anschließend das Startsignal.
3. Der Zeitnehmer im 3. Stock nimmt die Zeit, bis der Läufer oben angekommen ist und gibt sie dem Protokollführer.
4. Anschließend wird gewechselt, bis jeder einmal gelaufen ist.

#### Messwerte:

Name	Masse in kg	Arbeit $W=m \cdot g \cdot h$ in J	Zeit in s	Leistung $P=W/t$ in W

- Wer hat am meisten Arbeit verrichtet? \_\_\_\_\_
- Wer hat die größte Leistung vollbracht? \_\_\_\_\_

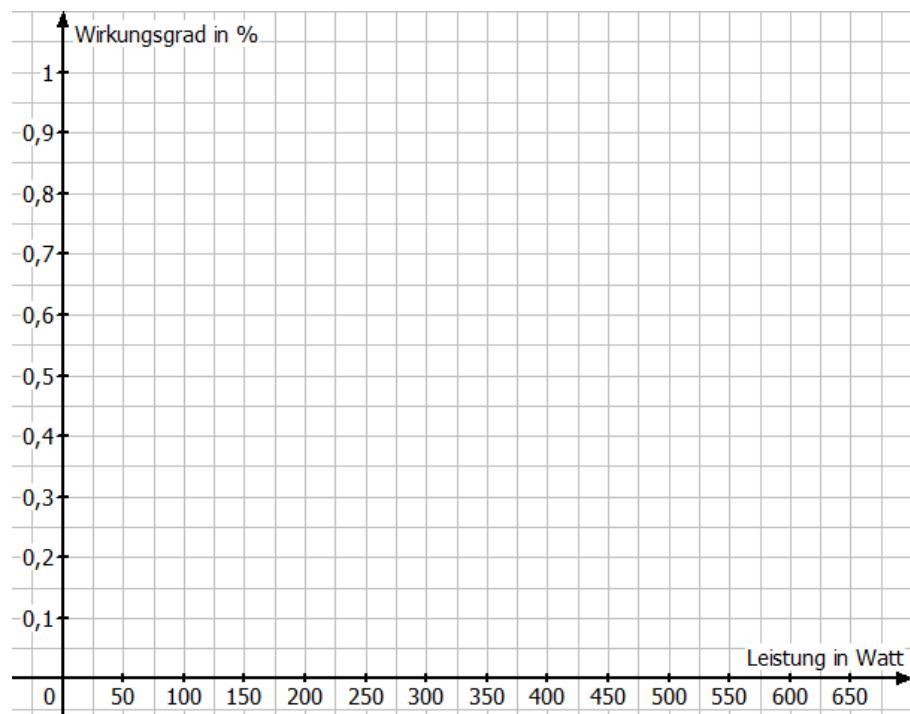
## Leistung und Wirkungsgrad

**3. Wirkungsgrad der Bohrmaschine**

Berechnen Sie aus den gegebenen Messungen den Wirkungsgrad der Bohrmaschine

Mechanische Leistung	Leistung Steckdose	Wirkungsgrad $\eta$

Tragen Sie die Leistung gegen den Wirkungsgrad auf.



Leistung eines Autos



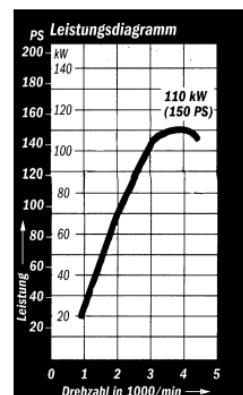
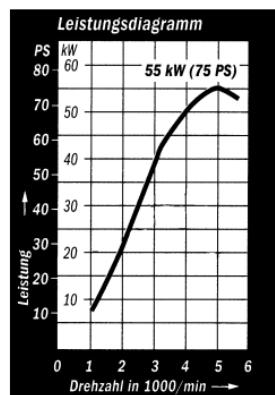
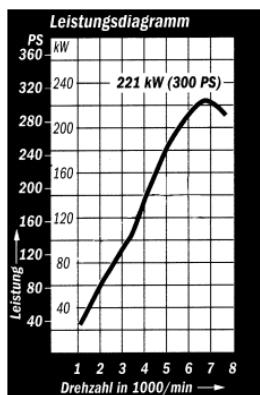
Porsche 911 Carrera



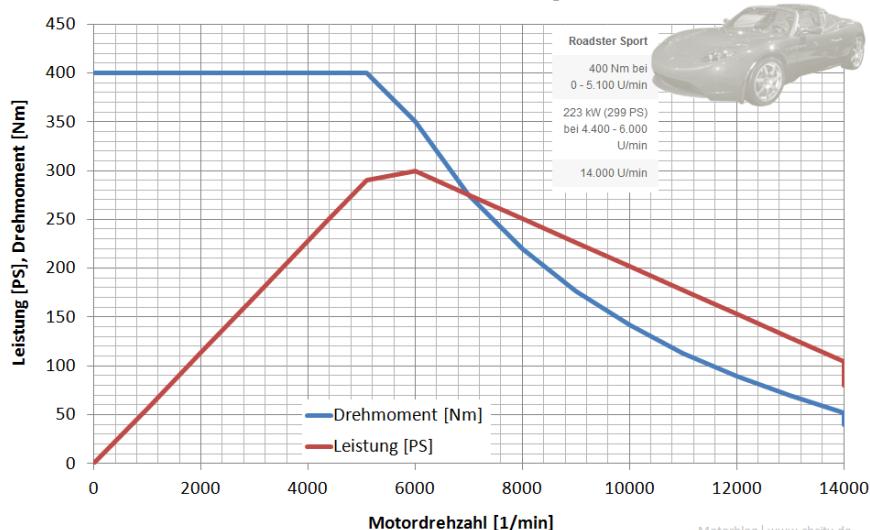
VW Golf 1.4 16V



Audi A8 2.5 TDI



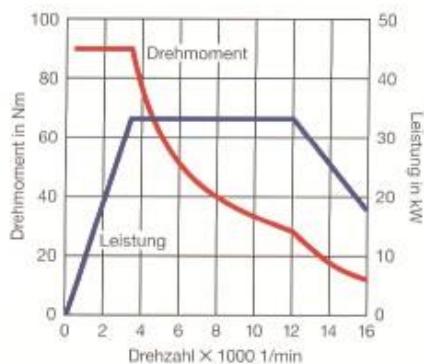
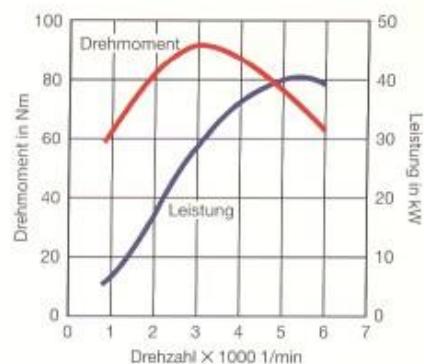
Berechnete Motorkennlinie, nicht real gemessen!



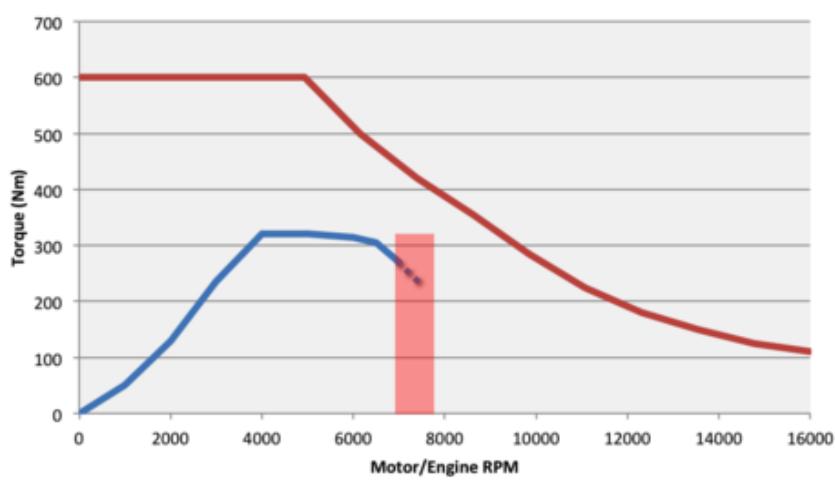
Bildquelle: <http://www.cbcity.de/wp-content/uploads/2012/07/Kennlinie-Leistung-Drehmoment-Tesla-Roadster-S.png>

## Leistung eines Autos

**HEID TECH** | TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM

**Elektromotor****Ottomotor**

Bildquelle: <http://www.hondaoldies.de/Korbmacher-Archiv/Technik/emotor.jpg>



Bildquelle: [https://pbs.twimg.com/media/Bq-\\_dWUlcAA80P3.png:large](https://pbs.twimg.com/media/Bq-_dWUlcAA80P3.png:large)

**I. LEICHTE AUFGABEN**

**Aufgabe 1: Arbeit des Herzens**

- a) Ihr Herz pumpt in jeder Minute ca. 5 Liter Blut (ca. 5 kg) durch Ihren Körper. Es muss sich dabei so anstrengen, als ob das Blut einen Meter hoch gepumpt werden müsste. Welche Arbeit verrichtet dein Herz an einem Tag?
- b) Wie hoch könnte ein Bergsteiger (75 kg) mit dieser Arbeit gehoben werden?



**Aufgabe 2: Beschleunigung**

Ein ca. 1200 kg schwerer VW Golf beschleunigt in 9,0 s von 0 km/h auf 108 km/h. Berechnen Sie die zur Beschleunigung notwendige Leistung.



**Aufgabe 3: Regentropfen**

An einem regnerischen Wochenende fielen in Heidenheim innerhalb kurzer Zeit so viel Regen, dass in allen Töpfen das Wasser 50 mm hoch stand.

- a) Wie viele Liter pro Quadratmeter waren dies?
- b) Die beregnete Fläche war ca.  $30 \text{ km}^2$  groß, die Wolken befanden sich in einer Höhe von ca. 1,5 km. Wie viel Energie wurde bei diesem Platzregen insgesamt freigesetzt? Vergleichen Sie: In welcher Zeit "produziert" das Kernkraftwerk Isar II (Leistung: 1300 MW) dieselbe Energie?
- c) Regentropfen erreichen Fallgeschwindigkeiten in der Größenordnung von 10 m/s. Wie groß war ihre gesamte kinetische Energie?

## Leistung und Wirkungsgrad

**II. MITTELSCHWERE AUFGABEN****Aufgabe 4: Tauziehen**

Nylonseile sind im Gegensatz zu Hanfseilen hochelastisch und speichern die beim Dehnen verrichtete Arbeit wie eine Feder. Bei einem Seilriß wird diese Energie schlagartig freigesetzt und beschleunigt die Seilenden an den Rissstellen auf hohe Geschwindigkeiten. Dies kann zu schlimmen Unfällen führen.

- Welche Energie wird in einem Seil gespeichert, das bei einem Tauziehen mit einer Maximalkraft von 50 kN um 5,0 m gedehnt wird? (Hooke'sches Gesetz)
- Auf welche Geschwindigkeit könnten die beiden losen Seilenden (je ca. 1 kg) mit der im Seil gespeicherten Energie beschleunigt werden? Gehe bei deiner Abschätzung der Einfachheit halber davon aus, dass nur die Seilenden beschleunigt werden. Vergleiche die ermittelte Geschwindigkeit mit der Schallgeschwindigkeit in Luft.

**Aufgabe 5: Radfahrer**

Lässt sich ein 90kg schwerer Radfahrer bei einem Gefälle von 4% (4m Höhenunterschied auf 100 m horizontaler Entfernung) einfach rollen, so stellt sich eine Geschwindigkeit von 36km/h ein.

Berechnen Sie die Leistung, die derselbe Radfahrer auf ebener Strecke bringen muss, um mit 36 km/h zu fahren

**Aufgabe 6: Achterbahn**

Eine 2000 kg schwere Achterbahn wird durch einen Aufzug innerhalb von 30 Sekunden auf 28 Meter Höhe befördert.

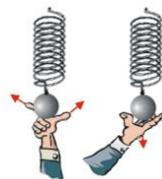
- Berechnen Sie, wie viel Kilowatt Leistung der Aufzug dabei mindestens abgeben muss.
- Tatsächlich benötigt der Aufzug für diesen Transport eine elektrische Energie von 750 kJ. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Aufzuges.



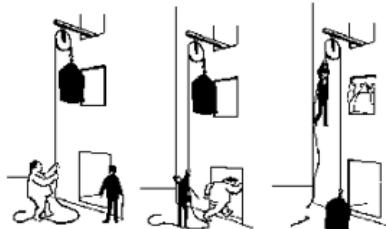
### III. SCHWERE AUFGABEN

#### Aufgabe 7: Schraubenfeder

Hakt man eine Kugel an eine entspannte Schraubenfeder, die an einem Stativ hängt, und lässt die Kugel los, so zieht sie die Feder um das Doppelte der Strecke nach unten, die sich ergibt, wenn man die Kugel langsam mit der Hand nach unten führt, bis sie ihre Gleichgewichtslage, an der Feder hängend, erreicht hat. Begründe diese Lösung mit einer Energiebetrachtung.



#### Aufgabe 8: Kartoffelsack



Herr Bullig ( $m_B = 90 \text{ kg}$ ) zieht über eine feste Rolle einen Sack Kartoffeln ( $m_K = 75 \text{ kg}$ ) in den ersten Stock ( $h = 8,0 \text{ m}$ ). Um den Sack im 1. Stock abnehmen zu können, bittet er Herrn Schmächtig ( $m_S = 55 \text{ kg}$ ) das Seil festzuhalten. Die Aktion verläuft nicht nach Wunsch.

- Welche Lageenergie hat der Kartoffelsack im ersten Bild?
- Welche Geschwindigkeit  $v_S$  besitzt Herr Schmächtig während seiner "Himmelfahrt", wenn er gerade auf halber Höhe ( $h/2 = 4,0 \text{ m}$ ) ist?
- Mit welcher Geschwindigkeit  $v_K$  trifft der Kartoffelsack am Boden auf?
- Wie könnte die Geschichte weitergehen, wenn der Kartoffelsack durch den Aufprall ein Loch bekommt?

#### Aufgabe 9: Der Skilift

Ein Skilift zieht über eine Schleppleine von 850 m die Skifahrer nach oben. Er schafft dies mit einer Geschwindigkeit von  $v = 2,9 \text{ m/s}$ . Nach den Angaben des Liftbetreibers können 865 Personen je Stunde nach oben befördert werden. Der Höhenunterschied beträgt  $h = 160 \text{ m}$ .

Wir nehmen einen Reibwert von Ski zu Schnee von  $\mu = 0,25$  an.

- Welche Leistung  $P$  muss der Antrieb aufbringen, wenn man mit maximaler Belastung rechnet?

Anmerkung: Maximale Belastung wäre, wenn an jedem Bügel 2 Erwachsene Personen hängen, deren Ski nicht besonders gut gewachst sind.

- Warum spielt das Gewicht der Bügel und des Seils keine Rolle?
- Welche unterschiedlichen Arbeiten muss der Liftantrieb verrichten?

**Webseitenausschnitt von LEIFI Physik zu den für die Binnendifferenzierung entnommenen Übungsaufgaben**

<https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeits-energie-und-leistung/aufgaben#lightbox=/themenbereiche/arbeits-energie-und-leistung/lb/musteraufgaben-arbeits-achterbahn-2-loesung>

Abgerufen am 19.08.2017

The screenshot shows the LEIFI Physik website's 'Arbeit, Energie und Leistung' section. At the top, there's a navigation bar with links like 'Startseite', 'Mechanik', 'Arbeit, Energie und Leistung', and 'Aufgaben'. Below the navigation is a large green banner with the title 'Arbeit, Energie und Leistung' and a list of tasks:

- Was ist der Unterschied zwischen Arbeit und Kraft?
- Woher kommt und wohin geht eigentlich die ganze Energie?
- Kann man mit einem Fahrrad einen Liter Wasser zum Kochen bringen?

On the right side of the banner is a photograph of a wooden wheelbarrow. Below the banner is a menu bar with categories like 'Grundwissen', 'Versuche', 'Aufgaben' (which is highlighted), 'Ausblick', 'Geschichte', 'Downloads', and 'Weblinks'. Under the 'Aufgaben' menu, there are links for 'LEIFI-Quiz', 'Musteraufgaben zur Arbeit', 'Zusatzaufgaben zur Arbeit', 'Musteraufgaben zur Energie', 'Zusatzaufgaben zur Energie', and a link to 'Weniger anzeigen'.

Further down, under the 'Musteraufgaben zur Energie' heading, is a list of tasks, each accompanied by a small icon:

Platzregen	Welche Kugel ist schneller?
Lageenergie in elektrische Energie	Beschleunigung eines PKW
Kurbeltaschenlampe	Stabhochsprung
Gefährliches Tauziehen	Springfrosch
Halbe - Halbe	Vulkanausbruch
Wagen auf der Rampe	Energieformen im Diagramm
Radfahren mit Getriebe	Außerirdische Energie
Schraubenfeder	Energie des Protonenstrahls im LHC
Herrn Bullige Kartoffelsack (sehr schwer)	
Physik des Bogenschießens	
Energieumwandlungen	Kraftwerk Mühthal
Schusshöhe mit Pfeil und Bogen	

## TGI11 Leistung und Wirkungsgrad

Seite 1, Frage 1: Ich habe mich für den Zugang  
16 Teilnehmer

physisch anspruchsvoll entschieden.	8
körperlich anspruchsvoll entschieden.	8

Seite 1, Frage 2: Meine Wahl war  
16 Teilnehmer

genau richtig.	15
ich hätte besser den anderen Zugang gewählt.	1

Seite 1, Frage 3: Verständnis im 1. Unterrichtsteil (Bohrmaschine oder Heid-Tech Run-Up)  
Haben Sie den Unterrichtsinhalt des 1. Teils der heutigen Stunde verstanden?  
(1 voll und ganz, 6 gar nicht)

16 Teilnehmer

1	9
2	5
3	1
4	1
5	-
6	-

Seite 1, Frage 4: Der Versuch eignet sich  
15 Teilnehmer

bestens zum Verständnis des Stoffs.	8
gut zum Verständnis des Stoffs.	6
weniger gut zum Verständnis des Stoffs.	1
nicht zum Stoffverständnis.	-

Seite 1, Frage 5: Verständnis im 2. Unterrichtsteil (Wirkungsgrad)  
Haben Sie den Unterrichtsinhalt des 2. Teils der heutigen Stunde verstanden?(1 voll und ganz, 6 gar nicht)

16 Teilnehmer

1	6
2	6
3	3
4	-
5	1
6	-

## TGME11 Leistung und Wirkungsgrad

Seite 1, Frage 1: Ich habe mich für den Zugang  
15 Teilnehmer

physisch anspruchsvoll entschieden.	7
körperlich anspruchsvoll entschieden.	8

Seite 1, Frage 2: Meine Wahl war  
15 Teilnehmer

genau richtig.	15
ich hätte besser den anderen Zugang gewählt.	-

Seite 1, Frage 3: Verständnis im 1. Unterrichtsteil (Bohrmaschine oder Heid-Tech Run-Up)  
Haben Sie den Unterrichtsinhalt des 1. Teils der heutigen Stunde verstanden?  
(1 voll und ganz, 6 gar nicht)

15 Teilnehmer

1	5
2	9
3	-
4	1
5	-
6	-

Seite 1, Frage 4: Der Versuch eignet sich  
15 Teilnehmer

bestens zum Verständnis des Stoffs.	4
gut zum Verständnis des Stoffs.	11
weniger gut zum Verständnis des Stoffs.	-
nicht zum Stoffverständnis.	-

Seite 1, Frage 5: Verständnis im 2. Unterrichtsteil (Wirkungsgrad)  
Haben Sie den Unterrichtsinhalt des 2. Teils der heutigen Stunde verstanden?(1 voll und ganz, 6 gar nicht)

14 Teilnehmer

1	5
2	6
3	2
4	1
5	-
6	-

## **A.6 Materialien zur 6. Doppelstunde: Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App**

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Bildschirmfotos der Energie-App
- Bildschirmfotos der Programmierumgebung
- Aufgaben und Lösungen des 1. Teils der Heid-Tech Energie-App
- Aufgaben und Lösungen der leichten Aufgaben des 2. Teils der Heid-Tech Energie-App
- Aufgaben und Lösungen der mittelschweren Aufgaben des 2. Teils der Heid-Tech Energie-App
- Aufgaben und Lösungen der schweren Aufgaben des 2. Teils der Heid-Tech Energie-App
- Umfrageergebnisse der TGI11 zur Heid-Tech Energie-App
- Umfrageergebnisse der TGME11 zur Heid-Tech Energie-App

**26.06.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Binnendifferenziertes Lernen mit der Energie-App“**

Zeit	Unterrichtsphase, Inhalt	Methode	Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten
		Medien	
13:45 5 (Σ5)	1. Unterrichtsphase: Motivationsphase  Der Lehrer präsentiert die Heid-Tech Energie-App zum binnendifferenzierten Lernen in der Unterrichtseinheit „Arbeit, Energie, Leistung“. Er bittet die Schüler, die App aus dem Heid-Tech Store zu installieren und erklärt ihre Bedienung.	Unterrichtsgespräch	Die Schüler werden für das Thema motiviert und installieren die App auf ihrem Tablet.
		Beamer Tablet	
13:50 75 (Σ80)	2. Unterrichtsphase: Übungsphase  Die Schüler bearbeiten in Einzelarbeit die Aufgaben ihrer Niveaustufe. Sie haben dabei die Möglichkeit, Einzelheiten mit ihrem Sitznachbarn oder der Lehrperson zu besprechen.	Einzelarbeit Teamarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schüler erhalten einen Gesamtüberblick über die Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung.</li> <li>Sie üben und vertiefen durch Aufgaben ihr Wissen zum Thema.</li> <li>Sie haben die Möglichkeit, Verständnisfragen zu stellen.</li> </ul>
		Tablet Heid-Tech App	
15:05 10 (Σ90)	3. Unterrichtsphase: Abschlussphase  Die Schüler werden gebeten, sich einen Geogebra-Account anzulegen und der Klassengruppe beizutreten. Anschließend erläutert die Lehrkraft, die Hausaufgaben und wie diese mit Geogebra einzureichen sind.	Unterrichtsgespräch	Die Schüler bekommen eine Hilfestellung, um die Hausaufgaben mit Geogebra bearbeiten zu können.  Es wird erwartet, dass durch die Präsentation eines Beispiels die Motivation angehoben wird, die Hausaufgaben zeitnah anzugehen.
		Beamer Tablet Geogebra.org	

**Bildschirmfotos der Energie-App**

Seite 1/2

**Übersichtsseiten**

The screenshot shows the main menu of the Energy App. At the top, there are three large buttons labeled "einfache Aufgaben" (simple), "mittelschwere Aufgaben" (medium), and "schwere Aufgaben" (difficult). Below these buttons, there is a small image of a modern building with the text "HEIDI TECH TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM". At the bottom of the screen, there is a button labeled "Gehe zu Anfang" (go back to the start).

**Startbildschirm der Energie-App**

**Zwischenbildschirm nach Beendigung von Teil 1 (hier wurden 4/6 Punkte erreicht, somit können die leichten oder mittelschweren Aufgaben gerechnet werden)**

The screenshot shows a message indicating that 4 points have been achieved out of a total of 6. It suggests that users can now attempt easier or medium-level tasks.

**Fragemethode „Drag“**

**Methode „Drag“ mit falschen und richtigen Entscheidungen**

The screenshots show two examples of the "Drag" question type. The left one shows four equations listed vertically, each with a red box around it, indicating they are incorrect. The right one shows the same four equations, but the first three are now green boxes, indicating they are correct.

**Fragemethode „Radio“**

**Methode „Radio“ mit falscher Wahl**

The screenshots show two examples of the "Radio" question type. The left one shows a question about potential energy and lists four options: 24.3 kJ, 18.4 kJ, 9.2 kJ, and 36.8 kJ. The user has selected the last option, which is marked with a red box. The right one shows a similar question about a climber's power consumption, with the correct answer (18.4 kJ) selected and marked with a green box.

**Bildschirmfotos der Energie-App**

**Fragemethode „Calculate“**

**Methode „Calculate“**

**Falsche Entscheidung in der Methode „Calculate“**

**Abrufen eines Tipps in der Methode „Calculate“**

**Richtige Entscheidung in der Methode „Calculate“**

**Seite 2/2**

**Abrufen eines Tipps in der Methode „Random“**

**Methode „Random“**

**Methode „Random“**

**Abrufen eines Tipps in der Methode „Random“**

**Korrekter Wert in der Methode „Random“**

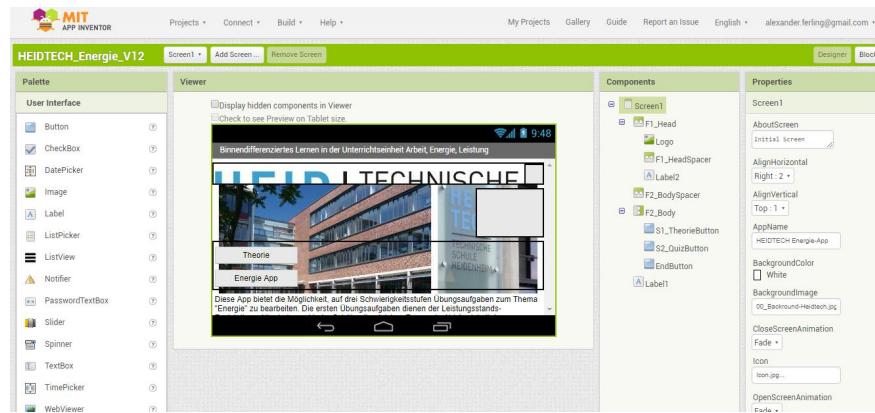
### Übersicht zur Entwicklungsumgebung des MIT App Inventor

Zur Einführung in die App-Programmierung eignen sich die Lerarning Videos von Steve Paget:

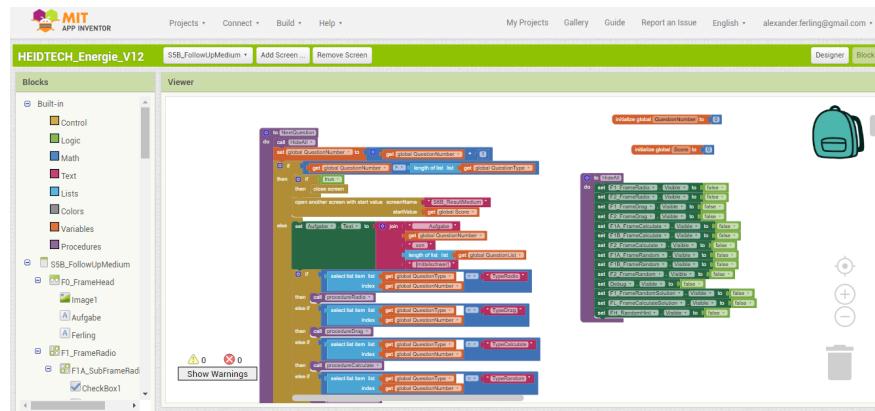
1. Getting Started with App Inventor
2. Making a Quiz App: Design Plans
3. Making A Quiz App: Basic Design
4. Making A Quiz App: More Advanced Quiz
5. Making a Quiz App: Scoring system
6. Making a Quiz App: Multiple Choice
7. Making a Quiz App: Drag The Flag

<https://www.youtube.com/watch?v=Dd-nRLfkOSs>  
[https://www.youtube.com/watch?v=YoOAXzftL\\_4](https://www.youtube.com/watch?v=YoOAXzftL_4)  
[https://www.youtube.com/watch?v=wUxp\\_fjUYfE](https://www.youtube.com/watch?v=wUxp_fjUYfE)  
<https://www.youtube.com/watch?v=jo8cNFAh22Q>  
<https://www.youtube.com/watch?v=X2pBSpE1CPY>  
[https://www.youtube.com/watch?v=SKsJa\\_A0Un4](https://www.youtube.com/watch?v=SKsJa_A0Un4)  
[https://www.youtube.com/watch?v=AnDbASEV\\_h0](https://www.youtube.com/watch?v=AnDbASEV_h0)

Im App Inventor gibt es 2 Ansichten. Hier die Designeransicht:



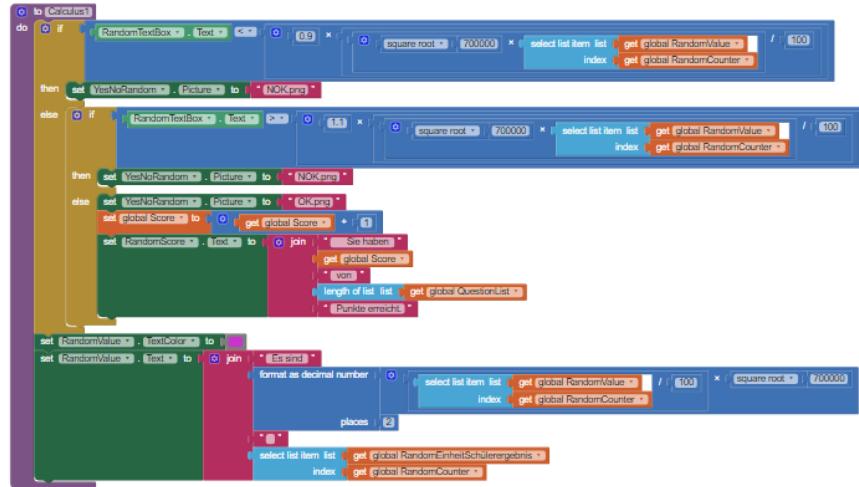
Hier die Blockansicht:



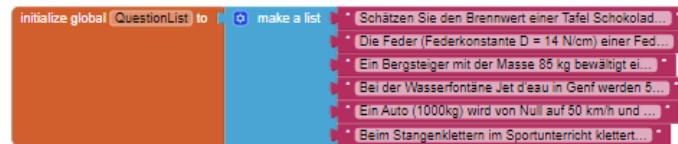
Seite 2/2

Durch einen einzelnen Block, zeigt sich, wie App Inventor funktioniert. Es ist praktisch nicht möglich einen Programmierfehler zu machen, da die Teilblöcke nicht selbst programmiert werden müssen, sondern nur zusammengefügt werden. Der Fokus liegt also von Beginn an auf der Programmlogik.

Der Vorliegende Block entstammt der Fragemethode „Random“ (Frage 2 der mittelschweren Aufgaben – die Federpistole). Da der Stauchungsweg der Feder per Zufall vorgegeben wird, muss das Ergebnis im Programm berechnet werden.:



Der folgende Block zeigt jedoch, wie leicht Fragen bei bestehender Programmstruktur anpassbar sind. Hierbei handelt es sich um die Liste der Fragetexte:

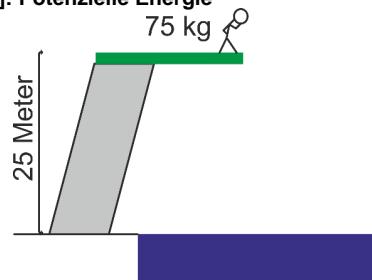


## 1. Programmteil: Aufgaben und Lösungen

**Aufgabe 1 [Drag|Easy]: Formeln**

Ordnen Sie den Energieformen die entsprechenden Formeln zu.

$W =$	$[F \cdot s]$
$E_{pot} =$	$[m \cdot g \cdot h]$
$E_{kin} =$	$[\frac{1}{2}m \cdot v^2]$
$E_{spann} =$	$[\frac{1}{2}D \cdot s^2]$

**Aufgabe 2 [Calculate|Easy]: Potentielle Energie**

Welche potentielle Energie besitzt eine Person (Masse 75 kg), die sich 25 m über dem Erdboden befindet?

geg.:  
Masse der Person  $m = 75 \text{ kg}$   
Höhe  $h = 25 \text{ m}$

ges.:  
Potentielle Energie  $E_{pot}$

Lösung:

Die potentielle Energie ist definiert als

$$\begin{aligned} E_{pot} &= m \cdot g \cdot h \\ E_{pot} &= 75 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 25 \text{ m} \\ E_{pot} &= 18394 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 \end{aligned}$$

Mit  $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 1 \text{ J}$  ist

$$E_{pot} = 18394 \text{ J}$$

oder

$$E_{pot} = 18,394 \text{ kJ}$$

Antwort:

Der Körper hat gegenüber dem Boden eine potentielle Energie von 18,4 kJ.

1. Programmteil: Aufgaben und Lösungen

**Aufgabe 3 [Calculate|Easy]: Schubarbeit**

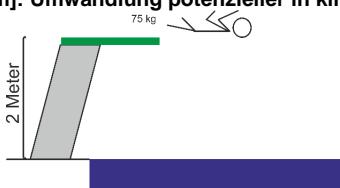


$$m=800 \text{ kg} \quad \mu = 0,2$$

Ein Auto der Masse 800 kg wird 50 m weit geschoben. Bestimmen Sie den Arbeitsaufwand, wenn der Reibungsfaktor  $\mu$  den Wert 0,20 besitzt.

geg.: $m=800 \text{ kg}$ , $s=50\text{m}$ , $\mu = 0,2$	ges.: $W$
Lösung:	Arbeit entspricht der Wegrichtung multipliziert mit der Kraft, die in Wegrichtung aufgebracht werden muss. $W = F \cdot s$ Hier handelt es sich um die Reibungskraft, da das Auto nur in horizontaler Richtung geschoben wird. Die Reibungskraft ergibt sich aus der Gewichtskraft multipliziert mit der Reibungszahl. $F_R = F_g \cdot \mu$ Insgesamt ergibt sich $W = F_g \cdot \mu \cdot s$ $W = m \cdot g \cdot \mu \cdot s$ $W = 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,2 \cdot 50 \text{ m}$ Mit $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ folgt $W = 78500 \text{ J} = 78,5 \text{ kJ}$
Antwort:	Es ist eine Arbeit von 78,5 kJ notwendig.

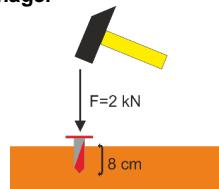
**Aufgabe 4 [Calculate|Medium]: Umwandlung potenzieller in kinetischer Energie**



Ein Körper bewegt sich reibungsfrei aus einer Höhe von 2,0 m herab. Welche Geschwindigkeit kann er unten maximal erreichen?

geg.:	$h=2\text{m}$	ges.:	$v$
Lösung:	Wenn sich der Körper reibungsfrei aus dieser Höhe abwärts bewegt, wandelt er seine gesamte potenzielle Energie in kinetische Energie um. Daraus folgt, dass die potenzielle Energie oben der kinetischen Energie unten entspricht		
	$E_{pot} = E_{kin}$ Mit $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$ und $E_{kin} = \frac{1}{2}m \cdot v^2$ folgt $m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2}m \cdot v^2$ $g \cdot h = \frac{1}{2}v^2$ $2 \cdot g \cdot h = v^2$ $\sqrt{2 \cdot g \cdot h} = v$ $\rightarrow v = \sqrt{2 \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 2 \text{ m}}$ $v = 6,26 \text{ m/s}$ $v = 22,6 \text{ km/h}$ Hinweis: Die gleiche Formel erhält man, wenn man die Aufgabe über den freien Fall löst.		
Antwort:	Der Körper erreicht unten maximal 22,6 km/h.		

## 1. Programmteil: Aufgaben und Lösungen

**Aufgabe 5 [Calculate|Hard]: Eisennagel**

Masse des Nagels = 5 g

Ein Eisennagel der Masse 5 g wird durch die Kraft 2 kN 8 cm tief in ein Holzbrett getrieben. 40% der aufgebrachten Energie erwärmen dabei den Eisennagel mit der spezifischen Wärmekapazität c=0,452 kJ/kg K. Um wie viel Kelvin wird der Nagel erwärmt?

geg:  
 Masse Eisennagel  $m = 5 \cdot 10^{-3}$  kg  
 Schlagkraft  $F = 2 \cdot 10^3$  N  
 Lochtiefe:  $s = 8 \cdot 10^{-2}$  m  
 Wärmeanteil  $\eta = 0,4$   
 Wärmekapazität  $c = 0,452$  kJ/kg K

ges.:  
 Temperaturerhöhung  $\Delta T$

**Lösung:**

Wird der Nagel ins Holz geschlagen, so wird Arbeit verrichtet. Die Energie die dazu benötigt wird, wird durch die kinetische Energie des Hammers bereitgestellt, wenn er den Nagel berührt. Die kinetische Energie wird über Verschiebungarbeit in Wärmeenergie umgewandelt. Die Formel für die Wärmemenge lautet

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Die Arbeit, die an dem Nagel verrichtet wird, ist

$$W = F \cdot s$$

Da 40% der aufgebrachten Energie laut Aufgabenstellung in Wärme umgesetzt wird, ergibt sich

$$Q = 0,4 \cdot W$$

$$Q = 0,4 \cdot F \cdot s$$

$$m \cdot c \cdot \Delta T = 0,4 \cdot F \cdot s$$

$$\rightarrow \Delta T = \frac{0,4 \cdot F \cdot s}{m \cdot c}$$

$$\Delta T = \frac{0,4 \cdot 2 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot 8 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{5 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot 0,452 \text{ kJ/kg K}}$$

$$\Delta T = 28,3 \text{ K}$$

**Antwort** Der Nagel erwärmt sich somit um 28,3 K. Das entspricht z.B. einer Temperaturerhöhung von 20°C auf 48,3°C.

1. Programmteil: Aufgaben und Lösungen

**Aufgabe 6 [Calculate|Medium]: Bremsvorgang**



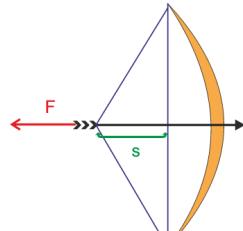
Bei einem Bremsvorgang verringert sich die kinetische Energie eines Fahrzeuges auf ein Drittel des Anfangswertes. In welchem Verhältnis stehen Endgeschwindigkeit und Anfangsgeschwindigkeit des Fahrzeuges?

geg.:	ges.:
Kinetische Energie zu Anfang $E_{kin1}$ Kinetische Energie nach Abbremsung $E_{kin2}$	Verhältnis der Endgeschwindigkeit zur Anfangsgeschwindigkeit $v_2/v_1$
Lösung:	<p>Die kinetische Energie berechnet sich nach</p> $E_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ <p>Bekannt ist, dass die kinetische Energie nach dem Bremsen nur noch ein Drittel der Anfangsenergie beträgt:</p> $E_{kin2} = \frac{1}{3} E_{kin1}$ <p>Damit kann das gesuchte Verhältnis berechnet werden zu</p> $\frac{1}{2} m \cdot v_2^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} m \cdot v_1^2$ $\frac{m}{2} v_2^2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{m}{2} v_1^2$ $v_2^2 = \frac{1}{3} \cdot v_1^2$ $\frac{v_2^2}{v_1^2} = \frac{1}{3}$ $\frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\sqrt{3}}$ <p>Die Endgeschwindigkeit ist <math>1/\sqrt{3}</math> mal so groß wie die Anfangsgeschwindigkeit. Die Wurzel von ein Drittel ist 0,58, also etwa die Hälfte der ursprünglichen Geschwindigkeit (nicht ein Drittel, wie man vermuten könnte).</p>
Antwort:	Die Endgeschwindigkeit verhält sich zur Anfangsgeschwindigkeit wie 1 zu Wurzel Drei.

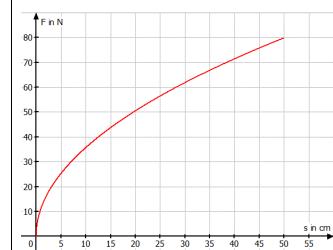
## 2. Programmteil: Einfache Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 1 [Drag]: Robin Hood**

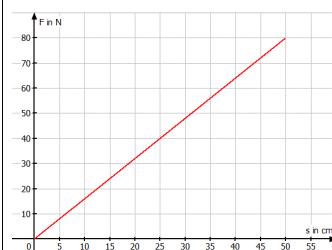
Robin Hood möchte sich einen neuen Bogen kaufen. Er kann den Bogen mit maximal 80 N spannen. Er kann den Bogen 50 cm spannen. Der Händler seines Vertrauens hat verschiedene Bogen zur Auswahl. Zu jedem Bogen liegt ein Datenblatt vor, das den Zusammenhang zwischen der Spannweite  $s$  und Spannkraft  $F$  darstellt. Welchen Bogen sollte sich Robin kaufen? Begründen Sie die Wahl.



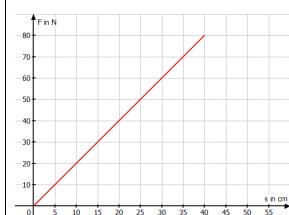
Bogen 1



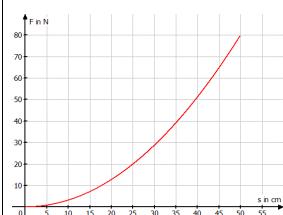
Bogen 2



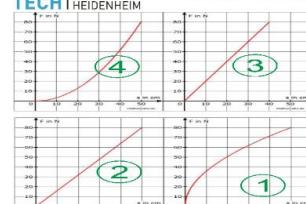
Bogen 3



Bogen 4

**Aufgabe 1 von 6 [leicht]**

© Dr. Ferling



Robin Hood möchte sich einen neuen Bogen kaufen. Er kann den Bogen mit maximal 80 N und 50 cm spannen. Welchen Bogen würden Sie ihm empfehlen? Ordnen Sie die Ziffern zu, 1 = Beste Wahl, 4 = schlechteste Wahl.

Sie haben 1 von 6 Punkte erreicht.

Ende



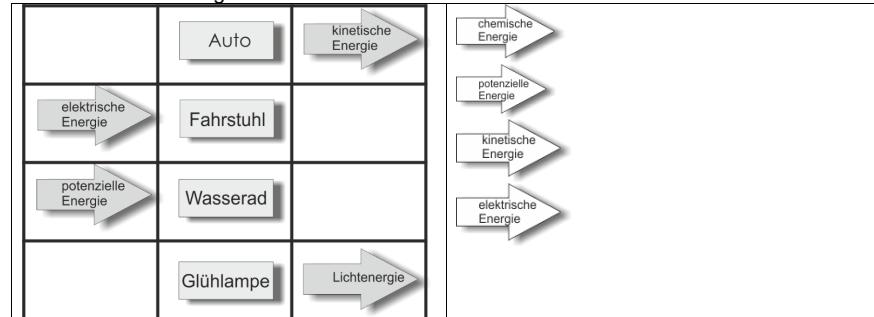
prüfen

reset

weiter

2. Programmteil: Einfache Aufgaben mit Lösungen

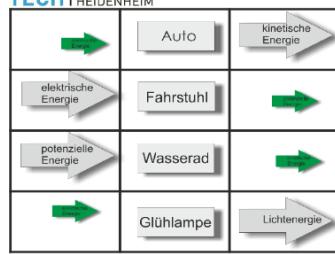
**Aufgabe 2 [Drag]: Energiezuordnungen**  
Ordnen Sie die Energieformen zu



**Aufgabe 2 von 6 [leicht]**

© Dr. Ferling

Ordnen Sie die Energieformen zu.



Sie haben 1 von 6 Punkte erreicht.

Ende

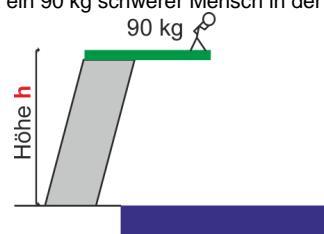
prüfen

reset

weiter

**Aufgabe 3 [Random]:**

Welche potenzielle Energie hat ein 90 kg schwerer Mensch in der Höhe h?



geg.:  
Masse m: 90 kg  
Höhe h: z.B. 25 m

ges.:  $E_{pot}$

Lösung:

Die potenzielle Energie oder Lageenergie ist definiert

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

$$E_{pot} = 90 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 25 \text{ m}$$

$$E_{pot} = 22072 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2 = 22072 \text{ J} \approx 22 \text{ kJ}$$

Antwort:

Der Körper hat gegenüber dem Boden eine potenzielle Energie von 22 kJ.

## 2. Programmteil: Einfache Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 4 [Calculate]: Jet d'eau**

Bei der Wasserfontäne Jet d'eau in Genf wurde eine Wasserpumpe mit der Leistung 1 MW eingebaut. Damit kann Sie Wasser 140 Meter in die Höhe schießen. Wie viel Liter Wasser kann sie pro Sekunde befördern?

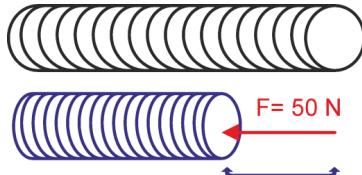


geg.:	ges.:
Masse des Wassers $m = 500 \text{ kg}$	Leistung $P$
Höhenunterschied $h = 140 \text{ m}$	
Zeit $t = 1 \text{ s}$	
Lösung:	
Die Leistung ist die verrichtete Arbeit durch die dazu benötigte Zeit.	
	$P = \frac{W}{t}$
Mit	$W = F_g \cdot s$
Daraus folgt	
	$P = \frac{F_g \cdot s}{t}$
	$P = \frac{m \cdot g \cdot s}{t}$
	$\rightarrow m = \frac{P \cdot t}{g \cdot s}$
	$m = \frac{1000000 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 140 \text{ m}} = 728 \text{ kg}$
Antwort:	Da 1 Liter Wasser 1 Kilo wiegt, befördert die Pumpe pro Sekunde 728 Liter Wasser. Bei dieser Rechnung wurden Verlusteffekte durch Wirkungsgrad und Reibung nicht berücksichtigt.

2. Programmteil: Einfache Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 5 [Calculate]: Feder**

Eine Kraft von 50 N dehnt eine Feder um 12 cm. Wie groß ist die in der gespannten Feder gespeicherte Energie?



geg.:

$$F = 50 \text{ N}$$
$$s = 12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

ges.:

$$E$$

Lösung:

Die Energie einer gespannten Feder berechnet sich nach:

$$E = \frac{1}{2} F_{spann} \cdot s$$

Dabei ist  $F_{spann}$  die Spann-Endkraft, die notwendig ist, um die Feder einen Weg der Länge  $s$  zusammenzudrücken.

$$E = \frac{1}{2} 50 \text{ N} \cdot 12 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$
$$E = 3 \text{ Nm} = 3 \text{ J}$$

Antwort:

In der Feder steckt nach dem Zusammenpressen eine Energie von 3 J.

**Aufgabe 6 [Calculate]: Hubarbeit**

Welche Arbeit ist nötig, um 8 auf der Erde liegende Ziegelsteine von je 10 cm Höhe und 4 kg Masse aufeinander zu schichten?

geg.:	ges.:
Anzahl Steine: 8	
Höhe Stein: 10 cm	Arbeit W
Masse pro Stein: 4 kg	

Es muss die Hubarbeit berechnet werden, um die Ziegelsteine auf den immer größer werdenden Stapel zu heben.

- Der erste Stein bleibt liegen, es wird also keine Arbeit verrichtet  $W_1 = 0$
- Der zweite Stein muss die Höhe des ersten überwinden

$$W_2 = m \cdot g \cdot h$$

$$W_2 = 4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ m}$$

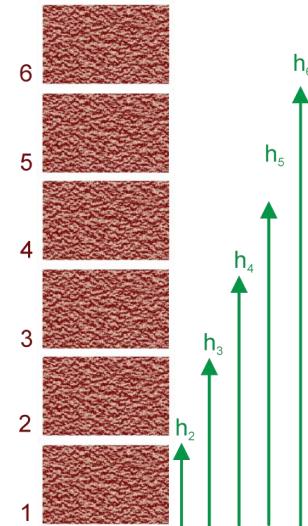
$$W_2 = 4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ m}$$

$$W_2 = 3,94 \text{ J}$$

- Der dritte Stein muss bereits zwei Steine überwinden, wozu eine Arbeit von  $W_3 = 7,85 \text{ J}$  notwendig ist.

Für die Steine ergeben sich folgende Arbeiten

Stein	Arbeit
1	0
2	3,94 J
3	7,85 J
4	11,72 J
5	15,96 J
6	19,62 J



Antwort:

Insgesamt müssen 58,86 J aufgewendet werden um die Steine zu stapeln.

2. Programmteil: Mittelschwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 1 [Drag]: Schätzen von Energiemengen**

Schätzen Sie den Brennwert einer Tafel Schokolade (100g), die Energiemenge die sie beim Heidenheimer Stadtlauf (10 km) verbrauchen, die potenzielle Energie eines Autos (1000 kg) in 100 Metern Höhe und die thermische Energie in einem Liter Wasser bei 100 °C ( $c=4190 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , in Bezug auf eine Raumtemperatur von 20 °C [335 kJ]).

Lösung:

- Tafel Schokolade (100g) [2300 kJ]
- Heidenheimer Stadtlauf (10 km) [3500 kJ]
- potenzielle Energie eines Autos (1000 kg) in 100 Metern Höhe [1000kJ]
- thermische Energie in einem Liter Wasser bei 100 °C ( $c=4190 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ , in Bezug auf eine Raumtemperatur von 20 °C [335 kJ])



335 kJ

1000 kJ

2300 kJ

3500 kJ

$W =$	<input type="text" value="F · s"/>
$E_{pot} =$	<input type="text" value="m · g · h"/>
$E_{kin} =$	<input type="text" value="½ m · v²"/>
$E_{spam} =$	<input type="text" value="½ D · s²"/>

Ordnen Sie die entsprechenden Formeln zu. Achten Sie darauf, nicht über andere Formeln zu fahren. Falls dies passiert, drücken Sie Reset. Bei richtiger Zuordnung werden die Formeln grün, andernfalls rot. Nur bei vollständig korrekter Zuordnung gibt es den Punkt!

Sie haben 1 von 6 Punkte erreicht.

Ende

Prüfen

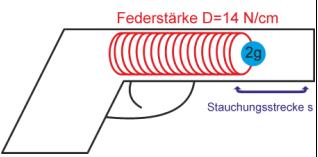
Reset

weiter

## 2. Programmteil: Mittelschwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 2 [Random]: Federpistole**

Die Feder (Federkonstante  $D = 14 \text{ N/cm}$ ) einer Federpistole wird um die Stauchungsstrecke  $s = x \text{ cm}$  zusammengedrückt. Beim Lösen der Feder wird eine Kugel der Masse 2,0 g beschleunigt. Welche Geschwindigkeit  $v$  (in m/s) erreicht die Kugel?

geg.:	ges.:
Federstärke $D = 14 \text{ N/cm} = 1400 \text{ N/m}$	Geschwindigkeit $v$
Stauchungsstrecke $s$ . Rechnung mit <b>15 cm</b> .	
Masse $m = 2,0 \text{ g}$	

Lösung:

Die in der Feder gespeicherte Energie berechnet sich mit der Gleichung für die Federspannenergie.

$$E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} F \cdot s$$

Mit dem Hooke'schen Gesetz

$$F = D \cdot s$$

ergibt sich

$$E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$$

Die Formel kann natürlich vom Formelzettel auch direkt verwendet werden. Es ergibt sich:

$$E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} 1400 \text{ N/m} \cdot (0,15 \text{ m})^2$$

$$E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} 1400 \text{ N/m} \cdot (0,15 \text{ m})^2$$

$$E_{\text{spann}} = 15,75 \text{ J}$$

Diese Spannenergie wird beim Lösen der Feder vollständig in kinetische Energie der Kugel umgewandelt:

$$E_{\text{spann}} = E_{\text{kin}}$$

$$E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$\rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{spann}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 15,75 \text{ J}}{0,002 \text{ kg}}} = \sqrt{15750 \text{ m}^2/\text{s}^2} \approx 125,5 \text{ m/s} \approx 451 \text{ km/h!}$$

Hierbei wurde die Größe J umgerechnet mit  $1 \text{ J} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$ .

Antwort:	In der Feder ist also eine Energie von <b>15,75 J</b> gespeichert. Die Kugel erreicht eine Anfangsgeschwindigkeit von <b>451 km/h</b> .
----------	---

2. Programmteil: Mittelschwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 3 [Radio]: Der Bergsteiger**

Ein Bergsteiger mit der Masse 85 kg bewältigt einen Höhenunterschied von 1200 m in 4 Stunden. Da der Berg eine Steigung von 15° hat, würde der Bergsteiger ungefähr 4800 m zurücklegen, wenn er auf direktem Wege den Gipfel erklimmen würde. Da er jedoch dem geschlängelten Weg folgt, legt er 14 km zurück. Wie groß ist seine mechanische Leistung?

<p>geg.:</p> <p>Masse des Bergsteigers <math>m = 85 \text{ kg}</math></p> <p>Höhenunterschied <math>h = 1200 \text{ m}</math></p> <p>Zeit <math>t = 4\text{h}</math></p>	<p>ges.:</p> <p>Leistung <math>P</math></p>
--	---

Lösung:

4 Stunden entsprechen 14400 Sekunden.

Die Leistung ist die verrichtete Arbeit durch die dazu benötigte Zeit.

$$P = \frac{W}{t}$$

Die mechanische Arbeit ist die benötigte Kraft mal dem zurückgelegten Weg. Wenn der Bergsteiger senkrechte Wand nach oben steigen würde, ist dieser Weg gleich dem Höhenunterschied und die benötigte Kraft die Gewichtskraft des Bergsteigers.

$$W = F_g \cdot s$$

In dem Maße wie der Bergsteiger seinen Weg verlängert (direkter Anstieg oder geschlängelter Weg) verkleinert es die wirkende Kraft. Das ist die goldene Regel der Mechanik. In allen Fällen ist das Ergebnis das gleiche, da Reibung hier nicht berücksichtigt wird. Die Rechnung ist für die Steilwand am einfachsten. Damit ist:

$$P = \frac{F_g \cdot s}{t}$$

$$P = \frac{m \cdot g \cdot s}{t}$$

$$P = \frac{85 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 1200 \text{ m}}{14400 \text{ s}} \approx 69,5 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 69,5 \text{ W}$$

Antwort: Die Leistung des Bergsteigers beträgt ungefähr 69,5 Watt.

## 2. Programmteil: Mittelschwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 4 [Calculate]: Jet d'Eau**

Bei der Wasserfontäne Jet d'eau in Genf werden 500 Liter Wasser pro Sekunde 140 Meter in die Höhe geschossen. Wie müssen Sie die Pumpleistung auslegen? Vernachlässigen Sie Reibungseffekte und Wirkungsgrad.

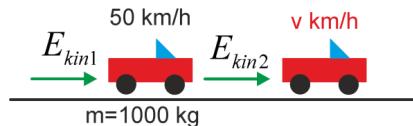


geg.:	ges.:
Masse des Wassers $m = 500 \text{ kg}$	Leistung $P$
Höhenunterschied $h = 140 \text{ m}$	
Zeit $t = 1 \text{ s}$	
Lösung:	
Die Leistung ist die verrichtete Arbeit durch die dazu benötigte Zeit.	
Mit	
	$P = \frac{W}{t}$
Daraus folgt	
	$W = F_g \cdot s$
	$P = \frac{F_g \cdot s}{t}$
	$P = \frac{m \cdot g \cdot s}{t}$
	$P = \frac{500 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 140 \text{ m}}{1 \text{ s}} \approx 686700 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = 686,7 \text{ kW}$
Antwort:	Die Leistung der Pumpe müsste ohne Berücksichtigung der Verluste 686,7 kW betragen.

2. Programmteil: Mittelschwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 5 [Random]: Beschleunigungsvorgang**

Ein Auto (1000kg) wird von Null auf 50 km/h und dann von 50 km/h auf v beschleunigt (v siehe unten). Wie groß ist die gesamte zur Beschleunigung benötigte Energie?



geg.:	ges.:
Geschwindigkeit 1: $v_1 = 50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$	$E_{kin}$
Geschwindigkeit 3 (Beispieldaten in rot) $v_2 = 100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$	
Automasse $m = 1000 \text{ kg}$	

Lösung:

Zuerst wird die kinetische Energie für die erste Geschwindigkeit berechnet.

$$E_{kin1} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_{kin1} = \frac{1}{2} 1000 \text{ kg} \cdot (13,9 \text{ m/s})^2$$

$$E_{kin1} = 96,5 \text{ kJ}$$

Das Auto benötigt also 96,5 kJ, um aus dem Stand auf 50 km/h zu beschleunigen.

Die gesamte kinetische Energie nach einer Beschleunigung auf 100 km/h ergibt sich analog zu

$$E_{kin2} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

$$E_{kin2} = \frac{1}{2} 1000 \text{ kg} \cdot (27,8 \text{ m/s})^2$$

$$E_{kin2} = 385,8 \text{ kJ}$$

Das bedeutet, dass  $385,8 \text{ kJ} - 96,5 \text{ kJ} = 289,3 \text{ kJ}$  für die zweite Beschleunigungsphase benötigt wurden um von 50 km/h auf 100 km/h zu beschleunigen.

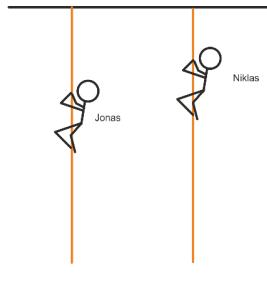
Antwort:

Insgesamt werden 385 kJ benötigt.

## 2. Programmteil: Mittelschwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 6 [Calculate]: Stangenklettern**

Beim Stangenklettern im Sportunterricht klettert Niklas (68 kg) 8 Meter hoch. Jonas wiegt 83 kg, schafft aber nur 6 Meter. Berechnen Sie jeweils die verrichtete Arbeit in Kilokalorien (kcal) und tragen Sie den größeren Wert ein.



geg.

Masse Niklas:  $m = 68 \text{ kg}$   
 Kletterhöhe Niklas:  $h_{\text{Niklas}} = 5 \text{ m}$   
 Masse Jonas:  $m = 83 \text{ kg}$   
 Kletterhöhe Jonas:  $h_{\text{Jonas}} = 4 \text{ m}$

ges.

Hubarbeit Niklas  $W_{\text{Niklas}}$   
 Hubarbeit Jonas  $W_{\text{Jonas}}$

Die beiden Jungen verrichten Hubarbeit, denn sie heben ihren Körper an. Dies berechnet sich mit

$$W_h = m \cdot g \cdot h$$

Für Niklas ergibt sich

$$W_{\text{Niklas}} = 68 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 8 \text{ m}$$

$$W_{\text{Niklas}} = 5,337 \text{ kJ}$$

Der Umrechnungsfaktor von kcal in J ist  $4,184 \text{ kJ} = 1 \text{ kcal}$ .

$$W_{\text{Niklas}} = 1,275 \text{ kcal}$$

Für Jonas ergibt sich

$$W_{\text{Jonas}} = 83 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s} \cdot 6 \text{ m}$$

$$W_{\text{Jonas}} = 4,885 \text{ kJ}$$

$$W_{\text{Jonas}} = 1,167 \text{ kcal}$$

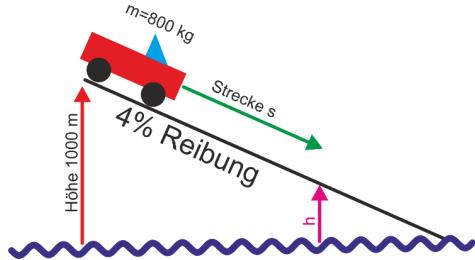
Niklas verrichtet mit 1,275 kcal mehr Arbeit als Jonas. Jonas ist zwar schwerer, kommt aber nicht so hoch.

Die aufgewendete Energie, um 8 Meter Höhe zu erklimmen entspricht übrigens einem halben TicTac.

2. Programmteil: Schwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 1 [Random]: Bremsvorgang**

Ein Auto mit der Gesamtmasse 800 kg fährt mit konstanter Geschwindigkeit auf einer Strecke der Länge  $s$  mit der Steigung 10% aus der Höhe 1000 m über dem Meeresspiegel bis auf die Höhe  $h$  herab. Bereits ohne Einsatz der Bremsen tritt eine Bremskraft (Fahrtwiderstand) von 4,0 % des Gewichtskraftbetrages auf. Berechnen Sie die Wärmemenge  $Q$ , die die Bremsscheiben des Autos bei der Abwärtsfahrt aufnehmen.



geg.:

Masse Auto  $m = 800 \text{ kg}$   
Ausgangshöhe  $h_1 = 1000 \text{ m}$   
Steigung 10%  
Reibungskraft  $F_R = 0,04 \cdot F_G$   
Endhöhe Bsp.:  $h_2 = 600 \text{ m}$

ges.:

Wärmemenge  $Q$

Lösung:

Die Geschwindigkeit bleibt während der Abfahrt konstant, somit ändert sich die kinetische Energie nicht. Die Bremsen erwärmen sich durch Umwandlung der potenziellen Energie in Wärme. Es wird jedoch nicht die gesamte potentielle Energie in Wärme umgesetzt, da ein Teil durch Reibung verloren geht.

Für die Wärmemenge  $Q$  gilt also:

$$Q = \Delta E - E_{\text{reib}}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \Delta h - E_{\text{reib}}$$

$$Q = m \cdot g \cdot \Delta h - F_{\text{reib}} \cdot s$$

$$Q = m \cdot g \cdot \Delta h - 0,05 m \cdot g \cdot s$$

$$Q = 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (1000 \text{ m} - 600 \text{ m}) - 0,04 \cdot 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4000 \text{ m}$$

Anm.: Eine Steigung von 10% bedeutet auf 100 Metern Weg 10 Meter Höhendifferenz. Somit sind bei 600 Metern Endhöhe 400 Höhenmeter überwunden worden und 4000 Meter Strecke zurückgelegt.

$$Q = 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot (1000 \text{ m} - 600 \text{ m}) - 0,04 \cdot 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 4000 \text{ m}$$

$$Q = 3,14 \text{ MJ} - 1,25 \text{ MJ}$$

$$Q = 1,89 \text{ MJ}$$

Die Bremsen müssen also eine Energie von 1,89 MJ aufnehmen.

Antwort: Die Bremsen müssen eine Energie von 1,89 MJ aufnehmen.

## 2. Programmteil: Schwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 2 [Calculate]: Feder**

An eine Feder mit der Federkonstante  $D=200 \text{ N/m}$  wird eine Masse von  $4 \text{ kg}$  gehängt. Anschließend wird die Feder um weitere  $25 \text{ cm}$  nach unten gezogen und dann losgelassen. Welche Geschwindigkeit erreicht die Masse, wenn sie nach dem Loslassen von der Feder  $10 \text{ cm}$  hochgezogen wurde?

geg.:	ges.:
Federkonstante $D = 200 \text{ N/m}$	Auslenkung $s_1$
Anhängemasse $m = 4 \text{ kg}$	Geschwindigkeit $v$
Weitere Auslenkung $s_2 = s_1 + 25 \text{ cm}$	
Höhe nach $10 \text{ cm}$ : $s_3 = s_2 - 10 \text{ cm}$	

Lösung:

Die Auslenkung  $s_1$  der Feder durch die Anhängemasse errechnet sich mit dem Hooke'schen Gesetz

$$F = D \cdot s \quad \text{hier} \quad F = D \cdot s_1 \rightarrow s_1 = \frac{F}{D}$$

$$s_1 = \frac{m \cdot g}{D} = \frac{4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}{200 \text{ N/m}} = 0,1962 \text{ m}$$

Damit ergibt sich die Auslenkung  $s_2$  zu

$$s_2 = s_1 + 25 \text{ cm} = 0,1962 \text{ m} + 0,25 \text{ m} = 0,4462 \text{ m}$$

Nach dem Zurückschnellen hat die Feder die Auslenkung  $s_3 = s_2 - 10 \text{ cm} = 0,3462 \text{ m}$

Die Spannenergie einer Feder berechnet sich mit  $E_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$

Am tiefsten Punkt beträgt die Spannenergie

$$E_{\text{spann2}} = \frac{1}{2} D \cdot s_2^2 = \frac{1}{2} 200 \text{ N/m} (0,4462 \text{ m})^2 = 19,90 \text{ Nm} = 19,90 \text{ J}$$

Nach dem Zurückschnellen um  $10 \text{ cm}$  beträgt die Spannenergie

$$E_{\text{spann3}} = \frac{1}{2} D \cdot s_3^2 = \frac{1}{2} 200 \text{ N/m} (0,3462 \text{ m})^2 = 11,98 \text{ Nm} = 11,98 \text{ J}$$

Die Differenz ist

$$E_{\text{spann2}} - E_{\text{spann3}} = 7,91 \text{ J}$$

Diese wird in Lageenergie und kinetische Energie umgesetzt. Da die Lageenergie  $E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$  ist mit  $E_{\text{pot}} = 4 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 0,1 \text{ m} = 3,92 \text{ J}$ , ist  $7,91 \text{ J} - 3,92 \text{ J} = 3,99 \text{ J}$  die kinetische Energie. Mit

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad \rightarrow \quad \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}}}{m}} = v = 1,4 \text{ m/s}$$

Antwort: Die Masse erreicht eine Geschwindigkeit von  $1,4 \text{ m/s}$ .

2. Programmteil: Schwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 3 [Random]: Steigung**

Ein Auto (Masse 800kg) nähert sich mit konstanter Geschwindigkeit  $v_1$  einer Steigung, als der Motor ausfällt (Steigungswinkel  $\alpha = 10^\circ$ ). Welche Geschwindigkeit  $v_2$  hat das Auto, wenn es die ersten 100 m der Strecke s zurückgelegt hat?

geg.:	ges.:
Masse Auto: $m = 800 \text{ kg}$	
Steigung: $\alpha = 10^\circ$	Geschwindigkeit: $v_2$
Strecke: $s = 100 \text{ m}$	
Geschwindigkeit: $v_1 = 100 \text{ km/h}$ (Bsp.)	

Lösung:

Vor der Steigung hat das Auto nur kinetische Energie  $E_{\text{kin}1}$

$$E_{\text{kin}1} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Nach 100 m der Strecke, wurde ein Teil dieser Energie in potentielle Energie  $E_{\text{pot}}$  verwandelt

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

Die Höhe  $h$  ergibt sich aus

$$\sin(\alpha) = \frac{h}{s} \quad \rightarrow \quad s \cdot \sin(\alpha) = h$$

Hier

$$100 \text{ m} \cdot \sin(10^\circ) = 17,36 \text{ m}$$

Die kinetische Energie entspricht nun der Anfangsenergie minus der potenziellen Energie

$$E_{\text{kin}2} = E_{\text{kin}1} - E_{\text{pot}}$$

$$E_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 - m \cdot g \cdot h$$

$$E_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} 800 \text{ kg} \cdot (27,8 \text{ m/s})^2 - 800 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 17,36 \text{ m}$$

Anm.: 100 km/h sind 27,8 m/s.

$$E_{\text{kin}2} = 172,4 \text{ kJ}$$

Nun folgt die Geschwindigkeit

$$E_{\text{kin}2} = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2 \quad \rightarrow \quad v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot E_{\text{kin}2}}{m}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot 172,4 \text{ kJ}}{800 \text{ kg}}} = 20,76 \text{ m/s} = 74,74 \text{ km/h}$$

Antwort:

Nach 100 m Steigung beträgt die Geschwindigkeit noch 20,76 m/s = 74,74 km/h.

## 2. Programmteil: Schwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 4 [Calculate]: Jet d'Eau**

Bei der Wasserfontäne Jet d'eau in Genf wurde eine Wasserpumpe mit der Leistung 1 MW eingebaut. Damit kann Sie Wasser 140 Meter in die Höhe schießen. Wie groß ist die Gesamtmasse des Wassers, das sich gleichzeitig in der Luft befindet? Verlusteffekte durch Reibung und Wirkungsgrad sollen nicht berücksichtigt werden.



geg.:	ges.:
Leistung der Pumpe: $P = 1 \text{ MW}$ Höhenunterschied $h = 140 \text{ m}$	Gesamtmasse des Wassers in der Luft $m$
Lösung:	

Die Leistung ist die verrichtete Arbeit durch die dazu benötigte Zeit.

$$P = \frac{W}{t} \quad \text{mit} \quad W = F_g \cdot s$$

Daraus folgt

$$P = \frac{F_g \cdot s}{t} = \frac{m \cdot g \cdot s}{t} \rightarrow m = \frac{P \cdot t}{g \cdot s}$$

$$m = \frac{1000000 \text{ W} \cdot 1 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 140 \text{ m}} = 728 \text{ kg}$$

Somit stößt die Pumpe 728 kg Wasser pro Sekunde aus. Ein Tropfen Wasser braucht

$$s = \frac{1}{2} g \cdot t^2 \rightarrow t = \sqrt{\frac{2 \cdot s}{g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 140 \text{ m}}{9,81 \text{ m/s}^2}} \cong 5,34 \text{ s}$$

also 5,34 Sekunden um aus 140 Metern herunterzufallen. Da das aufsteigender Wasser genau der entgegengesetzte Prozess ist (ohne Reibung zu berücksichtigen), ist jeder Tropfen doppelt so lange, also 10,68 Sekunden unterwegs. Insgesamt:

$$10,68 \text{ s} \cdot 728 \text{ kg/s} = 7778 \text{ kg}$$

Antwort:

Es befinden sich gleichzeitig 7778 Liter oder 7,78 Kubikmeter Wasser in der Luft.

2. Programmteil: Schwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 5 [Random]: Wasserturbine**

Eine Wasserturbine hat einen Wirkungsgrad von 80 % und soll eine Leistung  $P$  erbringen. Welcher Wasserstrom in l/min ist dazu erforderlich, wenn das Gefälle 5 Meter beträgt?

geg.:	ges.:
Fallhöhe: 5 m	
Wirkungsgrad: $\eta = 0,8$	
Zeit: 60 s	
Leistung: $P = 100 \text{ kW}$ (Bsp.)	Wasserstrom l/m

Lösung:

Der Wirkungsgrad gibt an, wie viel mechanische Energie in elektrische Energie verwandelt wird

$$P_{\text{el}} = P_{\text{mech}} \cdot \eta \rightarrow \frac{P_{\text{el}}}{\eta} = P_{\text{mech}}$$

$$P_{\text{mech}} = \frac{100 \text{ kW}}{0,8} = 125 \text{ kW}$$

Es wird also eine mechanische Leistung von 125 kW benötigt, damit elektrisch 100 kW zur Verfügung gestellt werden können. Weiterhin gilt allgemein, dass Leistung Arbeit pro Zeit ist

$$P = \frac{W}{t}$$

Hier:

$$P_{\text{mech}} = \frac{E_{\text{pot}}}{t} = \frac{m \cdot g \cdot h}{t}$$

$$\frac{P_{\text{mech}} \cdot t}{g \cdot h} = m \rightarrow \frac{125 \text{ kW} \cdot 60 \text{ s}}{9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 5 \text{ m}} = 152905 \text{ kg}$$

Antwort:

Da 1 Liter Wasser einem Kilo entspricht, benötigt man demnach 152.905 Liter Wasser, die pro Minute hinabstürzen. Das sind 152 Kubikmeter. Dies würde einem 25 Meter langem, 2 Meter tiefem und 3 Meter breitem Schwimmbecken entsprechen, das in einer Minute durch die Turbine fließen muss.

## 2. Programmteil: Schwere Aufgaben mit Lösungen

**Aufgabe 6 [Random]: Sandsack**

Ein Arbeiter wirft sich einen Sandsack mit der Masse 25 kg mit einem Kraftaufwand von 500 N auf die Schulter (Gesamthöhe 1,50 m). Welche Teilstrecke  $h_1$  hat er unter diesem Kraftaufwand zu überwinden, damit er sich den Sandsack auf die Schulter werfen kann?

geg.:	ges.:
Kraftaufwand: 500 N	
Schulterhöhe (Gesamthöhe): $h = 1,5 \text{ m}$	Teilstrecke $h_1$
Masse Sandsack: $m = 25 \text{ kg}$ (Bsp.)	

Lösung:

Am Punkt  $P$  hat der Körper potenzielle und kinetische Energie erhalten

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h_1 \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2$$

Mit der kinetischen Energie wird die Höhe  $h_2$  zurückgelegt

$$(1) \quad m \cdot g \cdot h_2 = \frac{1}{2} m \cdot v_1^2$$

Die Geschwindigkeit kann mit den Gesetzen der gleichmäßig beschleunigten Bewegung berechnet werden

$$v_1 = a \cdot t \quad h_1 = \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \rightarrow v_1 = \sqrt{2 \cdot a \cdot h_1}$$

Hierbei ist  $a$  die Beschleunigung des Sandsacks nach oben durch die Muskelkraft. Damit wird Formel (1) zu

$$m \cdot g \cdot h_2 = \frac{1}{2} m \cdot 2 \cdot a \cdot h_1$$

$$g \cdot h_2 = a \cdot h_1$$

Somit folgt für das Verhältnis

$$\frac{a}{g} = \frac{h_2}{h_1}$$

Es gilt  $h_{\text{ges}} = h_1 + h_2 \rightarrow h_{\text{ges}} - h_1 = h_2$

$$\frac{a}{g} = \frac{h_{\text{ges}} - h_1}{h_1} \rightarrow h_1 = \frac{g \cdot h_{\text{ges}}}{a + g}$$

Die Beschleunigung  $a$  in positive Richtung kann nun angegeben werden. Es ist zu berücksichtigen, dass Gewichtskraft und Muskelkraft hier gegeneinander arbeiten, also ist

$$h_1 = \frac{m \cdot g \cdot h_{\text{ges}}}{F}$$

Nun kann eingesetzt werden:

$$h_1 = \frac{25 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 1,5 \text{ m}}{500 \text{ N}} = 0,73 \text{ m}$$

**Antwort:** Der Arbeiter muss die Teilstrecke **0,73 m** unter Kraftaufwand von 500 N überwinden, damit er sich den Sandsack der Masse 25 kg auf die Schulter in der Höhe 1,5 m werfen kann.

### TGI11 Heid-Tech Energie App

Seite 1, Frage 1: Ich habe im ersten Teil folgende Punktzahl erreicht:

15 Teilnehmer

1	-
2	-
3	2
4	3
5	8
6	2

Seite 1, Frage 2: Danach habe ich folgende Aufgaben gelöst:

15 Teilnehmer

leicht	11
mittel	2
schwer	2

Seite 1, Frage 3: Ich habe hierbei folgende Punktzahl erreicht:

14 Teilnehmer

1	1
2	1
3	2
4	4
5	4
6	2

Seite 1, Frage 4: Die Aufgabentypen waren

15 Teilnehmer

gut ausgewählt	6
okay	8
ungeeignet	-
unverständlich	1

Seite 1, Frage 5: Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben war

15 Teilnehmer

zu leicht	-
genau richtig	14
zu schwer	-
unverständlich	1

Seite 1, Frage 6: Ich habe die Tipps genutzt

15 Teilnehmer

ja	9
nein	6

Seite 1, Frage 7: Die Tipps waren

12 Teilnehmer

zu viel	-
genau richtig	11
zu wenig	-
unverständlich	1

Seite 1, Frage 8: Die Lösungen waren

14 Teilnehmer

zu viel	-
klar und verständlich	13
zu wenig	1
unverständlich	-

Seite 1, Frage 9: Mein Gesamurteil über die App  
(1 sehr gut, 6 sehr schlecht)

15 Teilnehmer

1	4
2	10
3	1
4	-
5	-
6	-

### TGME11 Heid-Tech Energie App

Seite 1, Frage 1: Ich habe im ersten Teil folgende Punktzahl erreicht:

1	-
2	-
3	1
4	1
5	5
6	6

Seite 1, Frage 2: Danach habe ich folgende Aufgaben gelöst:

leicht	3
mittel	6
schwer	4

Seite 1, Frage 3: Ich habe hierbei folgende Punktzahl erreicht:

1	2
2	1
3	5
4	1
5	2
6	-

Seite 1, Frage 4: Die Aufgabentypen waren

13 Teilnehmer	
gut ausgewählt	8
okay	5
ungeeignet	-
unverständlich	-

Seite 1, Frage 5: Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben war

13 Teilnehmer	
zu leicht	-
genau richtig	12
zu schwer	1
unverständlich	-

Seite 1, Frage 6: Ich habe die Tipps genutzt

13 Teilnehmer	
ja	12
nein	1

Seite 1, Frage 7: Die Tipps waren

13 Teilnehmer	
zu viel	1
genau richtig	12
zu wenig	-
unverständlich	-

Seite 1, Frage 8: Die Lösungen waren

14 Teilnehmer	
zu viel	-
klar und verständlich	12
zu wenig	2
unverständlich	-

Seite 1, Frage 9: Mein Gesamteindruck über die App  
(1 sehr gut, 6 sehr schlecht)

14 Teilnehmer	
1	8
2	5
3	-
4	1
5	-
6	-

## **A.7 Materialien zur 7. Doppelstunde: Schülerreferate zum Thema Energie sowie Leistungsmessstandsbesichtigung**

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Auszug aus dem Datenblatt des Probefahrzeugs, sowie aufgenommene Messwerte
- Fotos der Besichtigung

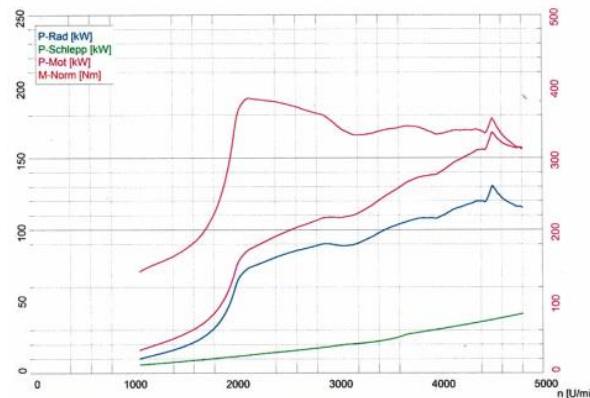
**05.07.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Schülerreferate zum Thema Energie sowie Leistungsmessstandsbesichtigung“**

Zeit	Unterrichtsphase, Inhalt	Methode	Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten
		Medien	
9:45 45 (Σ45)	Schülerreferate  In dieser Stunde dürften die Schüler Referate zu Themen halten, die sie im Besonderen interessiert. Die Zeit Pro Referat ist mit ungefähr 20 Minuten angesetzt.  In der TG11 gab es folgende Referate:  1. Referat: Energiedichte und -menge von Nahrung 2. Referat: Energieerzeugung mittels Fusionsenergie  In der TGME11 gab es folgende Referate:  1. Referat: Muskelleistung beim Radfahren 2. Referat: Energie in der Relativitätstheorie	Schülervorträge  Beamer Tablet Powerpoint	Ziel ist es, den besonders interessierten Schülern die Möglichkeit zu geben, sich in ein EnergietHEMA ihrer Wahl tiefer einzuarbeiten und dies dann im Plenum zu besprechen.  TZ1: Der Schüler übt es, ein Thema wissenschaftlich zu recherchieren.  TZ2: Der Schüler vertieft sein Verständnis zur Unterrichtsreihe, indem er sein Thema in den Gesamtzusammenhang stellt.  TZ3: Der Schüler übt, wissenschaftliche Zusammenhänge einer größeren Zuhörerschaft systematisch und sachlich darzubringen.
10:30 45 (Σ90)	Besichtigung eines Kfz-Leistungsmesstandes  In dieser Stunde wird der Leistungsmesstand der Kfz-Abteilung der Technischen Schule Heidenheim besichtigt.  Hiermit wird die mechanische Leistung eines Autos gemessen und dessen Wirkungsgrad berechnet.  Der Versuch entspricht dem in einer vorherigen Stunde durchgeführten Laborversuch zu Leistung und Wirkungsgrad einer Bohrmaschine.  Während der Versuchsdurchführung wird das Messprinzip besprochen.	Exkursion  Leistungsmesstand	Die Besichtigung des Leistungsmesstandes hat folgenden Hintergrund: <ul style="list-style-type: none"><li>• Herstellung des Anwendungsbezugs der Physik zu einer beruflichen Alltagssituation.</li><li>• Weitere Veranschaulichung des Themas Leistung und Wirkungsgrad.</li><li>• Förderung der Schülermotivation für das Fach Physik.</li></ul>

**Auszug aus den Technischen Daten des BMW 1er 123d**

	118d	120d	123d
<b>Motor</b>			
Bauart / Anz. Zylinder/ Ventile	R / 4 / 4	R / 4 / 4	R/4/4
Kraftstoffaufbereitung	DDE 7.1	DDE 7.1	DDE 7.1
Hubraum effektiv	cm <sup>3</sup>	1995	1995
Hub / Bohrung	mm	90 / 84	90 / 84
Verdichtung	:1	16,0	16,0
Kraftstoff		Diesel	Diesel
Leistung	kW / PS	105 / 143	130 / 177
bei Drehzahl	min <sup>-1</sup>	4000	4000
Drehmoment	Nm	300	350
bei Drehzahl	min <sup>-1</sup>	1750-2500	1750-3000
			2000-2250
<b>Fahrleistungen</b>			
Leistungsgewicht nach DIN	kg/kW	12,6 (12,8)	10,6
Literleistung	kW/l	52,6	65,2
Beschleunigung 0 -100 km/h	s	9,0 (9,1)	7,6 (7,8)
0 -1000 m	s	29,9 (30,0)	28,2 (28,1)
80-120 km/h im 4. Gang	s	7,7 (-)	6,4 (-)
Höchstgeschwindigkeit	km/h <sup>**</sup>	210	228 (226)
<b>Verbrauch im EU-Zyklus</b>			
städtisch	l/100km	5,4 (6,9)	6,1 (7,2)
außerstädtisch	l/100km	4,0 (4,5)	4,1 (4,4)
insgesamt	l/100km	4,5 (5,4)	4,8 (5,4)
CO <sub>2</sub>	g/km	119 (144)	128 (144)

**Werte des BMW 1er auf dem Leistungsmesstand**



Leistungsdaten		Umgebungsdaten	
Norm-Leistung <sup>1)</sup>	P <sub>Norm</sub> --- kW / --- PS	Umgebungs-Temperatur	T <sub>Ungelung</sub> 26,0 °C
Motorleistung	P <sub>Mot</sub> 167,7 kW / 220,0 PS	Ansaugluft-Temperatur	T <sub>Ansaugluft</sub> --- °C
Radleistung	P <sub>Rad</sub> 139,4 kW / 177,3 PS	Relative Luftfeuchtigkeit	H <sub>Luft</sub> 52,4 %
Schleppleistung	P <sub>Schlepp</sub> 37,2 kW / 50,6 PS	Luftdruck	P <sub>Luft</sub> 960,0 hPa
Max. Leistung bei	4515 U/min / 186,9 km/h	Dampfdruck	P <sub>Dampf</sub> 17,6 hPa
Drehmoment <sup>1)</sup>	M <sub>Max</sub> 383,2 Nm	Öl-Temperatur	T <sub>Öl</sub> --- °C
Max. Drehmoment bei	2150 U/min / 89,0 km/h	Kraftstoff-Temperatur	T <sub>Kraftstoff</sub> --- °C
Max. erreichte Drehzahl	4805 U/min / 199,0 km/h		
1) Keine Leistungskorrektur Korrektur-Faktoren: Q <sub>1</sub> = 0,00 %			
Schlupf		Rotierende Masse	
Geschwindigkeit unbelastet	v <sub>unbelastet</sub> --- km/h	Mittlere Verzögerung Auslauf 1	a <sub>1</sub> --- m/s <sup>2</sup>
Drehzahl unbelastet	n <sub>unbelastet</sub> --- U/min	Mittlere Bremskraft Auslauf 1	F <sub>1</sub> --- N
Geschwindigkeit Vollast	v <sub>Vollast</sub> --- km/h	Mittlere Verzögerung Auslauf 2	a <sub>2</sub> --- m/s <sup>2</sup>
Drehzahl Vollast	n <sub>Vollast</sub> --- U/min	Mittlere Bremskraft Auslauf 2	F <sub>2</sub> --- N
Schlupf	--- %	Kraft der Rotierenden Masse	F <sub>an-Gesamt</sub> --- N
		Rotierende Gesamt-Masse	m <sub>rot-Gesamt</sub> 310,0 kg
		Rotierende Prüfstands-Masse	m <sub>rot-Prüfstand</sub> 250,0 kg
		Rotierende Fahrzeug-Masse	m <sub>rot-Fahrzeug</sub> 60,0 kg

**Bilder des Leistungsmesstandes während der Besichtigung**



## A.8 Materialien zur 8. Doppelstunde: Klausurvorbereitung mit Geogebra Worksheets

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Unterrichtsstunde

- Verlaufsplanung
- Zusammenfassung der Fragen von <https://www.geogebra.org/> sowie Auflistung einiger Nutzerprofile mit brauchbaren Simulationen zur Unterrichtseinheit Energie
- Socrative Fragebogen mit Auswertung
- „Ich kann“-Bogen zur Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung
- Umfrageergebnisse der TGI11 zu den Geogebra Worksheets
- Umfrageergebnisse der TGME11 zu den Geogebra Worksheets

**10.07.2017 Verlaufsplanung zur Doppelstunde „Klausurvorbereitung mit Geogebra Worksheets“**

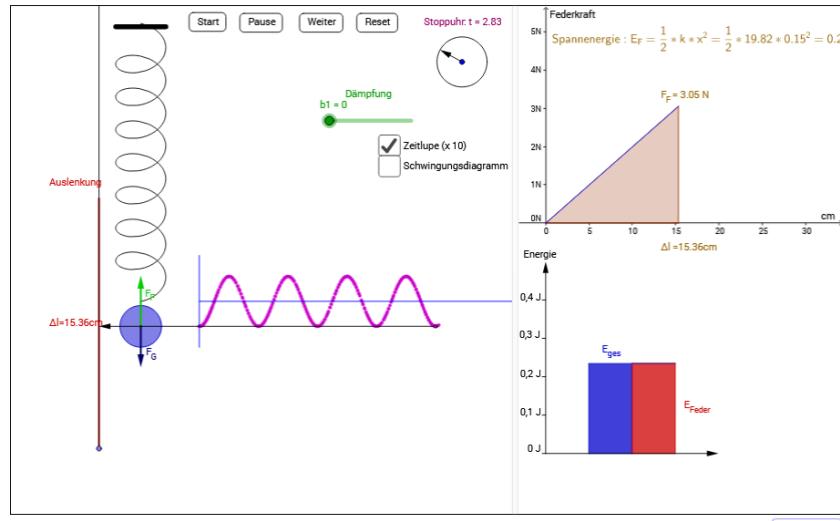
Zeit	Unterrichtsphase, Inhalt	Methode	Angestrebtes Ergebnis, erwartetes Schülerverhalten
		Medien	
9:45 5 (Σ70)	1. Unterrichtsphase: Übungsphase Der Lehrer bittet einzelne Schüler ihre Lösungen der Aufgaben vorzustellen. Die Lehrkraft gibt ergänzende Erklärungen und beantwortet Fragen. Aufgaben mit besonderem Diskussionsbedarf werden von der Lehrperson präsentiert.	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schüler erhalten einen Gesamtüberblick über die Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung.</li> <li>Sie üben und vertiefen durch Aufgaben ihr Wissen zum Thema.</li> <li>Sie haben die Möglichkeit, Verständnisfragen zu stellen.</li> <li>Die Schüler erkennen ihre Wissenslücken und haben die Möglichkeit, diese gezielt bis zur Klausur zu schließen.</li> </ul>
		Beamer Tablet Geogebra	
10:55 15 (Σ85)	2. Unterrichtsphase: Verifikationsphase Die Schüler nehmen an einem Socrative-Quiz zur Unterrichtseinheit „Arbeit, Energie, Leistung“ teil. Anschließend präsentiert der Lehrer die Ergebnisse und geht kurz auf die Lösungen ein.	Einzelarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schüler bekommen durch das Quiz ein Feedback zu ihrem aktuellen Leistungsstand.</li> <li>Sie können erkennen, in welchem Bereich sie noch Lücken haben.</li> </ul>
		Socrative	
11:10 5 (Σ90)	3. Unterrichtsphase: Abschlussphase Die Schüler füllen einen „Ich-kann“-Bogen aus.	Unterrichtsgespräch	<ul style="list-style-type: none"> <li>Die Schüler reflektieren ihre Wissenslücken und erhalten eine Anleitung, wie sie diese gezielt zur Klausur schließen können.</li> </ul>
		Beamer Tablet Geogebra.org	

Geogebra Worksheets

Seite 1/7

**Aufgabe 1: Federenergie**

Stellen Sie die Masse auf 0,25 kg ein, die Auslenkung auf 3 cm und die Federkonstante auf 20 N/m. Belassen Sie die Reibung auf 0.



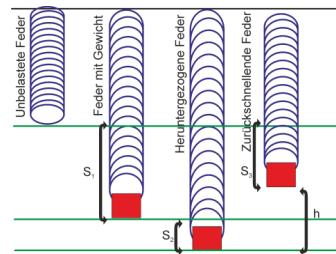
Entnommen von Nutzerprofil Michi Schneider <https://www.geogebra.org/michi.schneider>  
Labor zur Federschwingung <https://www.geogebra.org/m/AJDKyJAQ>

**Aufgabe 1: Leicht**

Berechnen Sie die maximale Federspannenergie.

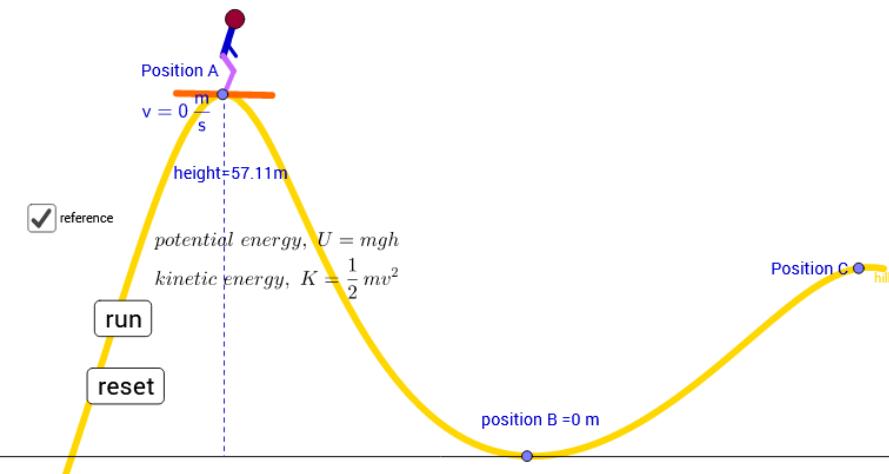
**Aufgabe 1: Mittelschwer**

Wie groß ist die Federenergie am höchsten Punkt?



**Aufgabe 1: Schwer**

Auf welcher Höhe ist die Geschwindigkeit des Massekörpers maximal?

**Aufgabe 2: Skifahrer**

Entnommen von Nutzerprofil Steve Cheung <https://www.geogebra.org/stevecheung1>  
ProblemWorkEnergyQ4 <https://www.geogebra.org/m/Aa5AQeqS>

**Aufgabe 2: Leicht**

Der Skifahrer gleitet reibungsfrei. Er wiegt 75 kg. Berechnen Sie die kinetische Energie an Position B und die potenzielle Energie an Position C.

**Aufgabe 2: Mittelschwer**

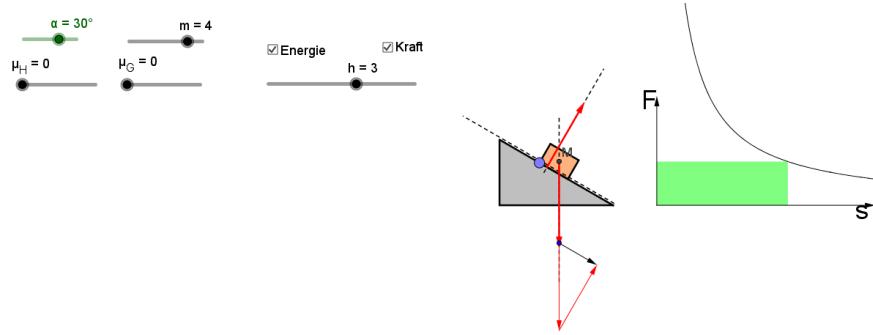
Der Skifahrer gleitet reibungsfrei. Er wiegt 75 kg. Berechnen Sie die kinetische Energie an Position B sowie kinetische und potenzielle Energie an Position C.

**Aufgabe 2: Schwer**

Der Reibungskoeffizient zwischen Skiern und Schnee ist 0,15. Der Skifahrer wiegt 75 kg. Berechnen Sie die kinetische Energie an Position B sowie kinetische und potenzielle Energie an Position C.

### Aufgabe 3: Schiefe Ebene

Ein Klotz der Masse 4 kg liegt auf einer schiefen Ebene mit dem Neigungswinkel  $30^\circ$  in der Höhe 3 Meter.



Entnommen von Nutzerprofil Django <https://www.geogebra.org/django>  
Schiefe Ebene <https://www.geogebra.org/m/GHZTXzfe>

#### Aufgabe 3: Leicht

Der Klotz gleitet reibungsfrei hinunter. Wie schnell ist er, wenn er die Ebene erreicht?

#### Aufgabe 3: Mittelschwer

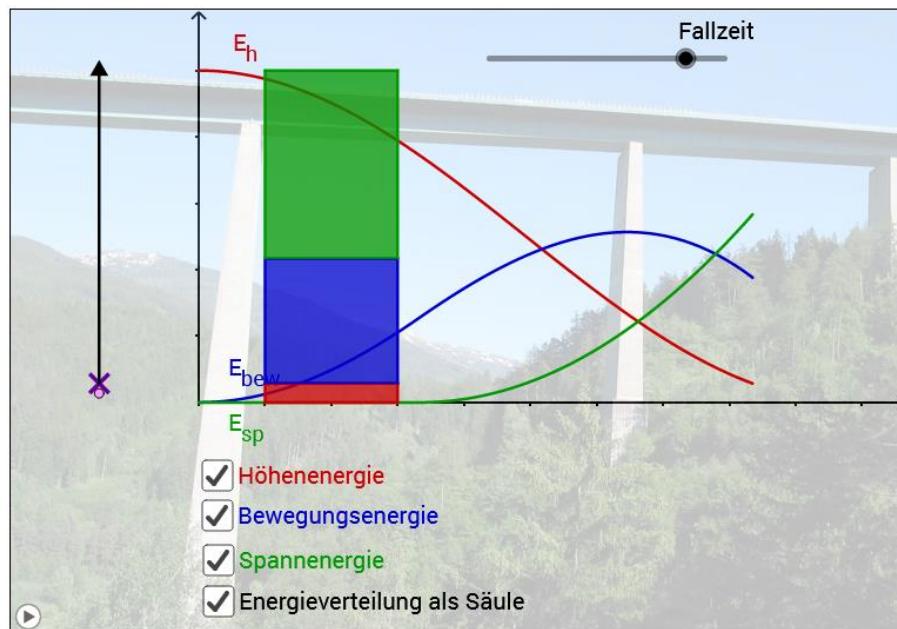
Wie groß darf die Haftreibung maximal sein, damit der Klotz sich in Bewegung setzt? Berechnen Sie zudem die kinetische Energie des Klotzes auf halber Strecke zur Ebene.

#### Aufgabe 3: Schwer

Berechnen Sie die maximal mögliche Haftreibung. Die Ebene hat eine Gleitreibung von 0,25. Berechnen Sie die kinetische Energie auf der Ebene.

### Aufgabe 4: Bungee-Jumping

Eine Person habe mit Ausrüstung die Masse 80 kg. Sie springt von einem Turm der Höhe 100 m über dem Grund. Die "Seil-Härte" beträgt 40 N/m.



Entnommen von Nutzerprofil Matthias Ostermann <https://www.geogebra.org/weyl>  
 Energieformen beim Bungeesprung <https://www.geogebra.org/m/dTZ4bg6x>

#### Aufgabe 4: Leicht

Berechnen Sie die maximale Spannenergie sowie die Geschwindigkeit in der Ruhelage (die Ruhelage ist die reine Auslenkung der Feder durch ein Massegewicht).

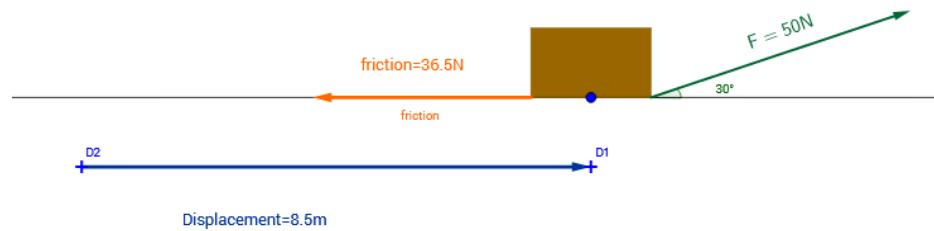
#### Aufgabe 4: Mittelschwer

Das verwendete Seil ist im unbelasteten Zustand 30 m lang. Berechnen Sie die Maximale Spannenergie sowie die Geschwindigkeit in der Ruhelage (die Ruhelage ist die reine Auslenkung der Feder durch ein Massegewicht).

#### Aufgabe 4: Schwer

Das verwendete Seil ist im unbelasteten Zustand 30m lang. Wo hat die Person die höchste Geschwindigkeit? Berechnen Sie kinetische-, potenzielle- und Federenergie für diesen Punkt. Hinweis zu "schwer": Sie können diese Aufgabe tatsächlich ohne Ableitung berechnen. Denken Sie an die Scheitelform der Parabel.

**Aufgabe 5: Arbeit an einer Kiste**



Entnommen von Nutzerprofil Steve Cheung <https://www.geogebra.org/stevecheung1>  
WorkEnergyQ1 <https://www.geogebra.org/m/cxDHrvaN>

**Aufgabe 5: Leicht**

Wie viel Arbeit wurde an der Kiste der Masse 4 kg nach 8,5 Metern Zugweg verrichtet?

**Aufgabe 5: Mittelschwer**

Wie groß ist die Beschleunigung der Kiste?

**Aufgabe 5: Schwer**

Wie ist die kinetische Energie der Kiste nach 8,5 Metern?

**Auflistung einiger Nutzerprofile mit brauchbaren Simulationen zur Unterrichtseinheit Energie**

**Ahmada Omar** [https://www.geogebra.org/ahmada\\_omar](https://www.geogebra.org/ahmada_omar)

Conservation of Energy <https://www.geogebra.org/m/SJyubrxV>

**Andreas Stierli** <https://www.geogebra.org/m/r8x6QtEe>

Energieverlust <https://www.geogebra.org/m/r8x6QtEe>

**Barb Newitt** <https://www.geogebra.org/newittphysics>

Zwei Kugeln Rampe <https://www.geogebra.org/m/H952a2Wc>

Kugel auf eckiger Rampe <https://www.geogebra.org/m/rVxC99XV>

**Django** <https://www.geogebra.org/django>

Schiefe Ebene <https://www.geogebra.org/m/GHZTXzfe>

**Matthias Hornof** <https://www.geogebra.org/mat4u>

Treppensteigen <https://www.geogebra.org/m/za3yBnyZ>

Softball <https://www.geogebra.org/m/qFD9v3jE#material/QXRS6jk6>

**Matthias Ostermann** <https://www.geogebra.org/weyl>

Energieformen beim Bungeesprung <https://www.geogebra.org/m/dTZ4bq6x>

Energieformen und -umwandlung beim Sprung in's Becken

<https://www.geogebra.org/m/w4zj76Ep>

Energie beim Bogenschießen <https://www.geogebra.org/m/Mwp449TN>

**Michael Sexauer** <https://www.geogebra.org/sexauer>

Energy Conservation <https://www.geogebra.org/m/ETUJ25FA>

**Michi Schneider** <https://www.geogebra.org/michi.schneider>

Labor zur Federschwingung <https://www.geogebra.org/m/AJDKyJAQ>

**Ren108** <https://www.geogebra.org/ren108>

Energieumwandlung Schwingung <https://www.geogebra.org/m/kgwJHWbA>

**Schulphysikwiki** <https://www.geogebra.org/schulphysikwiki>

Potentielle Energie und Potential eines Koffers

<https://www.geogebra.org/m/ugCaSqG3>

Flaschenzug <https://www.geogebra.org/m/wmCPJ7bW>

Horizontale Federschwingung <https://www.geogebra.org/m/NP5B9xZf>

**Stefan Schiffelmann** <https://www.geogebra.org/stefan.schiffelmann>

Potenzielle und Kinetische Energie

<https://www.geogebra.org/m/JDazm4cH>

**Steve Cheung** <https://www.geogebra.org/stevecheung1>

Reibung an einer Kiste <https://www.geogebra.org/m/cxDHrvaN>

Skifahrer <https://www.geogebra.org/m/Aa5AQeqS>

**Ukukuku** <https://www.geogebra.org/ukukuku>

Conservation of Mechanical Energy: Mass on a Vertical Spring

<https://www.geogebra.org/m/TxXK2dnq>

Masse an einer vertikalen Feder <https://www.geogebra.org/m/AJYttkSV>

**Wilfried Trinkl** <https://www.geogebra.org/wtrinkl>

Höhenenergie und kinetische Energie beim Fadenpendel

<https://www.geogebra.org/m/VAxBKMrT>

## Socrative Quiz mit Lösungen und Auswertung

Seite 1/2

<p><b>#1</b></p>  <p>Wenn eine Kraft entlang eines Weges verschoben wird nennt man das....</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Energie</li> <li>B Leistung</li> <li>C Arbeit</li> <li>D Kraft</li> </ul>	<p><b>#2</b></p>  <p>Wie lautet die Formel für Arbeit?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A <math>W=P*t</math></li> <li>B <math>P=W/t</math></li> <li>C <math>W=F*t</math></li> <li>D <math>W=m*g*h</math></li> <li>E <math>W=F*s</math></li> </ul>
<p><b>#3</b></p>  <p>Eine Masse wird an einem Seil mit konstanter Geschwindigkeit angehoben: Es handelt sich um ....</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Spannarbeit</li> <li>B Verformungsarbeit</li> <li>C Hubarbeit</li> <li>D Beschleunigungsarbeit</li> </ul>	<p><b>#4</b></p>  <p>Eine Kugel bewegt sich waagerecht und wird immer schneller. Es handelt sich hierbei um</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Hubarbeit</li> <li>B Krautarbeit</li> <li>C Beschleunigungsarbeit</li> <li>D kinetische Arbeit</li> </ul>
<p><b>#5</b></p>  <p>Eine elastische Schraubenfeder wird verlängert: Es handelt sich hier um ...</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Verformungsarbeit</li> <li>B Hubarbeit</li> <li>C Spannarbeit</li> <li>D Federarbeit</li> </ul>	<p><b>#6</b></p>  <p>Ein Schüler trägt eine Tasche auf dem Flur. Es handelt sich hier um ...</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Hubarbeit</li> <li>B Beschleunigungsarbeit</li> <li>C Spannarbeit</li> <li>D keine Arbeit</li> </ul>
<p><b>#7</b></p>  <p>Was ist Energie? (zwei richtige Antworten)</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Energie ist Arbeit pro Zeit.</li> <li>B Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.</li> <li>C Gespeicherte Arbeit.</li> <li>D Gespeicherte Leistung.</li> </ul>	<p><b>#8</b></p>  <p>Welche der Einheiten ist NICHT für die Energie verwendbar? (eine Antwort)</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A Wattsekunden</li> <li>B Newtonmeter</li> <li>C Kilowatt</li> <li>D Joule</li> </ul>

Socrative Quiz mit Lösungen und Auswertung

Seite 2/2

<p>#9 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Wie kann man Energie herstellen?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A Mit einem Perpetuum mobile</li> <li><input type="checkbox"/> B Mit einem Kernkraftwerk</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> C Gar nicht</li> <li><input type="checkbox"/> D Mit einem Generator</li> </ul>	<p>#10 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>In einem Kraftwerk wird Energie...</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A erzeugt</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> B umgewandelt</li> <li><input type="checkbox"/> C gelagert</li> <li><input type="checkbox"/> D gewonnen</li> </ul>
<p>#11 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Ein gespannte Bogen besitzt:</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A Wärmeenergie</li> <li><input type="checkbox"/> B Bogenenergie</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> C Spannenergie</li> <li><input type="checkbox"/> D Bewegungsenergie</li> </ul>	<p>#12 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Wie wird die Spannenergie berechnet?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A <math>W=2*D*s</math></li> <li><input type="checkbox"/> B <math>W=1/2 F*s^2</math></li> <li><input checked="" type="checkbox"/> C <math>W=1/2 D*s^2</math></li> <li><input type="checkbox"/> D <math>W=2*D*s^2</math></li> </ul>
<p>#13 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Welche Energien wirken abwechselnd bei einem Pendel? (zwei Antworten)</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A Potentielle- und Lageenergie</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> B Bewegungs- und Lageenergie</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> C Potentielle und kinetische Energie</li> <li><input type="checkbox"/> D Kinetische und Bewegungsenergie</li> </ul>	<p>#14 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Wie gross ist die Lageenergie eines 10 kg schweren Gegenstandes in 10 m Höhe ungefähr?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A 100 J</li> <li><input type="checkbox"/> B 10 kJ</li> <li><input type="checkbox"/> C 100000 J</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> D 1 kJ</li> </ul>
<p>#15 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Wie gross ist die Bewegungsenergie für folgenden Gegenstand (<math>m = 10 \text{ kg}</math>, <math>v = 10 \text{ m/s}</math>)?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A 5 J</li> <li><input type="checkbox"/> B 50 J</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> C 500 J</li> <li><input type="checkbox"/> D 5000 J</li> </ul>	<p>#16 <span style="float: right;">EDIT</span></p>  <p>Was besagt der Energieerhaltungssatz? (zwei Antworten)</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> A Durch Umwandlung der Energie ist diese stark vermindert</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> B Energie kann nur umgewandelt werden</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> C Energie kann nicht verbraucht werden</li> <li><input type="checkbox"/> D Energien sind nicht umwandelbar</li> </ul>

Socrative Quiz mit Lösungen und Auswertung

Seite 3/2

<p>#17</p> <p> Wer von den beiden Männern braucht mehr Leistung?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <p>A Der Linke B Der Rechte C Beide gleich</p>	<p>#18</p> <p> Jonas hebt 12 kg in 3 Sekunden 2 m hoch. Welche Leistung erbringt er?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <p>A 80 kW B 60 W C 80 W D 72 W</p>
<p>#19</p> <p> 1 PS sind wie viel Watt?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <p>A 735 B 1,3 C 0,73 D 1300</p>	<p>#20</p> <p> Wie berechnet sich der Wirkungsgrad <math>n</math>?</p> <p><b>ANSWER CHOICE</b></p> <p>A <math>n = \text{Nutzenergie}/\text{Gesamtenergie}E</math> B <math>n = \text{Gesamtenergie durch Nutzenergie}</math></p>

## Socrative Quiz mit Lösungen und Auswertung

Seite 4/2

## Vorbereitung zur 4. Klausur in Physik – Arbeit, Energie, Leistung

**,Ich kann“-Bogen zur Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung**

a) Kreuzen Sie Ihre Einschätzung an.

<b>Ich kann...</b>	<b>sicher</b>	<b>fast sicher</b>	<b>un-sicher</b>	<b>noch nicht</b>
1. die mechanischen Arbeitsformen für physikalische Systeme berechnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. die mechanischen Energieformen für physikalische Systeme berechnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. in reibungsfreien Systemen mit dem EES unbekannte Größen von Bewegungen berechnen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. energetische Bilanzgleichungen auch dann aufstellen, wenn der EES nicht erfüllt ist.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. die Leistung von mechanischen Systemen bestimmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. die den Wirkungsgrad von mechanischen Systemen bestimmen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- b) Lösen Sie die Aufgaben die Entsprechenden Aufgaben zu den Themen, die Sie noch nicht sicher beherrschen.
- c) Kreuzen Sie dann noch einmal die obige Liste mit einer anderen Farbe an.
- d) Wenn Sie nach dieser Überprüfung noch mehrere Kreuzchen in der dritten oder vierten Spalte haben, müssen Sie etwas unternehmen. Sie können
- in Ihren eigenen Unterlagen nachschauen
  - in aktuellen oder früheren Physikbüchern nachschauen
  - jemanden fragen, der sich auskennt, und ein Lern-/Übungstreffen vereinbaren
  - im Internet Erklärungen und Übungen finden
  - sich weitere Möglichkeiten überlegen, das Lernen selbst in die Hand zu nehmen.
- e) Notieren Sie sich hier, was Sie sich vorgenommen haben:
- 
- 
- 
- 

Auf der Rückseite finden Sie eine Übersicht zu den zur Verfügung stehenden Materialien und Übungsblättern.

Vorbereitung zur 4. Klausur in Physik – Arbeit, Energie, Leistung



### 1. Materialien, die sich zum Üben für die Klausur empfehlen

1. Übungsaufgaben zur Hubarbeit und zur potenziellen Energie vom 08.05.2017  
*(die Lösungen finden Sie im Filr zur entsprechenden Stunde)*
2. Übungsaufgaben zur Beschleunigungsarbeit und Bewegungsenergie vom 17.05.2017  
*(die Lösungen finden Sie im Filr zur entsprechenden Stunde)*
3. Übungsaufgaben zu Leistung und Wirkungsgrad vom 21.06.2017  
*(die Lösungen finden Sie im Filr zur entsprechenden Stunde)*
4. Verschiedene Übungsaufgaben in der Energie App vom 26.06.2017  
*(die Lösungen hierzu sind in der App selbst enthalten)*
5. Verschiedene Übungsaufgaben mit den Geogebra Worksheets vom 10.07.2017  
*(die Lösungen finden Sie im Filr zur entsprechenden Stunde)*

### 2. Internetseiten mit entsprechenden Übungsaufgaben

1. Leifi Physik: Aufgaben zum Thema „Arbeit, Energie, Leistung“ mit Angabe eines Schwierigkeitsgrades  
<https://www.leiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/aufgaben>
2. Pittys Physikseite: Aufgaben zum Thema „Arbeit, Energie, Leistung“ mit Angabe eines Schwierigkeitsgrades  
[https://physikaufgaben.de/aufgaben\\_zeige\\_an.php?thid=1&tab=6&auswahl\\_t1=34&thid=1&tab=6&auswahl\\_n1=4](https://physikaufgaben.de/aufgaben_zeige_an.php?thid=1&tab=6&auswahl_t1=34&thid=1&tab=6&auswahl_n1=4)

### 3. Buchseiten des Buches Metzler Physik (4. Auflage) mit entsprechenden Übungsaufgaben

1. Themenumfang des Buches Seite 60, Kapitel 1.3 – Seite 69, Kapitel 1.3.5
2. S. 61: Aufgaben zur mechanischen Energie
3. S. 64: Aufgaben zu Kraft und Energie
4. S. 67: Aufgaben zu Energie und Energieerhaltung
5. S. 68: Aufgaben zu Energie und Leistung

## TGI11 Geogebra Worksheets

Seite 1, Frage 1: Geogebra Worksheets (Pflichtfrage)  
 Im Vergleich zu normalen Arbeitsblättern finde ich Geogebra-Worksheets  
 16 Teilnehmer

besser	5	
genau so gut	6	
schlechter	3	
egal	2	
wenn Sie möchten, können Sie Ihre Antwort begründen:	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• das Tablet ist zu langsam für Geogebra</li> <li>• technische Probleme</li> <li>• zu langsames Internet zu Hause</li> </ul>

Seite 1, Frage 2: Geogebra im Vergleich zu Moodle (Pflichtfrage)  
 Im Vergleich zu Moodle finde ich Geogebra-Worksheets  
 16 Teilnehmer

besser	7	
genau so gut	5	
schlechter	3	
Wenn Sie möchten, können Sie Ihre Antwort begründen:	1	beides schlecht, da ich zuhause schlechtes Internet habe

Seite 1, Frage 3: Verwendung im Unterricht (Pflichtfrage)  
 Geogebra-Worksheets sollen in Zukunft im Unterricht  
 16 Teilnehmer

mehr verwendet werden	7	
gelegentlich verwendet werden	8	
weniger verwendet werden	1	

Seite 1, Frage 4: Hausaufgabe (Pflichtfrage)  
 Geogebra Worksheets sollen in Zukunft für Hausaufgaben  
 16 Teilnehmer

Mehr verwendet werden	8	
nicht mehr verwendet werden, besser ist Moodle.	1	
nicht mehr verwendet werden, besser sind Arbeitsblätter.	7	

Seite 1, Frage 5: Die aktuellen Hausaufgaben (Pflichtfrage)  
 von den aktuellen Hausaufgaben mit Geogebra Worksheets habe ich hauptsächlich  
 16 Teilnehmer

nicht sehr viel bearbeitet/verstanden	2	
die leichten Aufgaben bearbeitet/verstanden	5	
die mittelschweren Aufgaben bearbeitet/verstanden	5	
die schweren Aufgaben bearbeitet/verstanden	1	
je nach Aufgabe mal die leichten, mal die mittleren, mal die schweren Aufgaben bearbeitet/verstanden	3	

Seite 1, Frage 6: Zielnote in der nächsten Klausur (Pflichtfrage)  
 In der Klausur am kommenden Mittwoch strebe ich folgende Note an:  
 16 Teilnehmer

1	1	
2	3	
3	8	
4	4	
5	-	
6	-	

## TGME11 Geogebra Worksheets

Seite 1, Frage 1: Geogebra Worksheets (Pflichtfrage)

Im Vergleich zu normalen Arbeitsblättern finde ich Geogebra-Worksheets

13 Teilnehmer

besser	3	
genau so gut	6	
schlechter	6	
egal	1	
wenn Sie möchten, können Sie Ihre Antwort begründen	5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sofern funktionsfähig</li> <li>• Ich finde beides gut geeignet.</li> <li>• Da es hängt am tablet</li> <li>• Ich kann überhaupt nicht mithilfe so etwas arbeiten, das erschafft viel mehr probleme</li> <li>• am tablet zu arbeiten mag ich nicht</li> </ul>

Seite 1, Frage 2: Geogebra im Vergleich zu Moodle (Pflichtfrage)

Im Vergleich zu Moodle finde ich Geogebra-Worksheets

13 Teilnehmer

besser	4	
genau so gut	5	
schlechter	5	
Wenn Sie möchten, könne Sie Ihre Antwort begründen:	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es ist einfacher die Geogebra-Worksheets einzurichten, da es bei Moodle immer Probleme gab.</li> <li>• Ich finde alle beide richtig blöd weil es bei mir nie klappt da ich daheim z.b. ein sehr schlechtes internet habe und die Probleme häufen sich.</li> </ul>

Seite 1, Frage 3: Verwendung im Unterricht (Pflichtfrage)

Geogebra-Worksheets sollen in Zukunft im Unterricht

13 Teilnehmer

mehr verwendet werden	2
gelegentlich verwendet werden	8
weniger verwendet werden	3

Seite 1, Frage 4: Hausaufgabe (Pflichtfrage)

Geogebra Worksheets sollen in Zukunft für Hausaufgaben

13 Teilnehmer

Mehr verwendet werden	4
nicht mehr verwendet werden, besser ist Moodle.	1
nicht mehr verwendet werden, besser sind Arbeitsblätter.	8

Seite 1, Frage 5: Die aktuellen Hausaufgaben (Pflichtfrage)

von den aktuellen Hausaufgaben mit Geogebra Worksheets habe ich hauptsächlich

13 Teilnehmer

nicht sehr viel bearbeitet/verstanden	3
die leichten Aufgaben bearbeitet/verstanden	2
die mittelschweren Aufgaben bearbeitet/verstanden	2
die schweren Aufgaben bearbeitet/verstanden	-
je nach Aufgabe mal die leichten, mal die mittleren, mal die schweren Aufgaben bearbeitet/verstanden	6

Seite 1, Frage 6: Zielnote in der nächsten Klausur (Pflichtfrage)

In der Klausur am kommenden Mittwoch strebe ich folgende Note an:

13 Teilnehmer

1 4
2 3
3 6
4 -
5 -
6 -

## A.9 Materialien und Auswertungen zur Klausur

Auf den folgenden Seiten finden sich folgende Materialien zur Klausur

- Die zur Klausur zugelassene Formelsammlung
- Klausur
- Lösung zur Klausur
- Klausurauswertungen

**Formelsammlung Stand 26.06.2017****Arbeit, Energie, Leistung****1. Arbeit**

Arbeit ( $W$  für *Work*) ist Kraft ( $F$  für *Force*) mal Weg in Kraftrichtung. Die Einheit der Arbeit ist Joule.

$$W = F \cdot s \quad [W] = 1 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$$

Die Fläche unter dem Weg-Kraft-Diagramm entspricht der Arbeit.

**2. Reibarbeit**

Die Reibarbeit ist

$$W_R = F_R \cdot s = \mu \cdot F_N \cdot s$$

**3. Energie allgemein**

Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten. Sie hat ebenfalls die Einheit Joule.

**4. Potenzielle Energie**

Die potenzielle Energie ist die Höhenenergie. Sie ergibt sich aus  $W = F \cdot s$  mit  $F = m \cdot g$  zu

$$W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

**5. Kinetische Energie**

Die kinetische Energie ist die Bewegungsenergie. Sie ergibt sich aus  $W = F \cdot s$  mit  $F = m \cdot a$  und weiteren Umformungen von  $a$  mit den Gesetzen der beschleunigten Bewegung zu

$$W_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

**6. Spannenergie**

Die Spannenergie ist die Federenergie. Sie ergibt sich aus  $W = F \cdot s$  mit  $F = D \cdot s$ . Es ist aber zu beachten, dass die Federkraft linear zunimmt, deshalb wird der Faktor 1/2 benötigt.

$$W_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2$$

**7. Mechanische Leistung**

Mechanische Leistung ( $P$  für *Power*) ist Arbeit pro Zeit. Ihre Einheit ist J/s oder Watt

$$P = \frac{W}{t} \quad [P] = 1 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1 \text{ W}$$

**8. Wirkungsgrad**

Der Wirkungsgrad  $\eta$  gibt an, welcher Anteil der zugeführten Energie  $\Delta W_{\text{zu}}$  in nutzbringende Energie  $\Delta W_{\text{nutz}}$  umgewandelt. Der Wirkungsgrad ist dimensionslos und liegt zwischen 0 und 1.

$$\eta = \frac{\Delta W_{\text{nutz}}}{\Delta W_{\text{zu}}} = \frac{P_{\text{nutz}} \cdot \Delta t}{P_{\text{zu}} \cdot \Delta t} = \frac{P_{\text{nutz}}}{P_{\text{zu}}}$$

**Physik Klassenarbeit Nr. 4**

**HEID  
TECH** | TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

Name :	Klasse: TG11	Datum: 12.07.2017
Punkte : / 30	Note : Ø :	Zeit: 90 Minuten

**1. Aufgabe: Terminologie**

- a) Definieren Sie Energie. (1P)  
 b) Nennen Sie mindestens 6 Energieformen. (1P)

**2. Aufgabe: Schlittenfahrt**

Thomas bringt zusammen mit seinem Schlitten 80 kg auf die Waage. Er startet aus der Ruhe und fährt einen Hügel der Höhe  $h = 5 \text{ m}$  hinunter. Am Fuße des Hügels hat er eine Geschwindigkeit von 6 m/s.

- a) Wie groß ist seine kinetische Energie am Fuße des Hügels? (2P)  
 b) Welchen Energiebetrag hat er durch Reibung verloren? (2P)  
 c) Wie groß ist der Reibungskoeffizient  $\mu$ , wenn der Hügel ein Gefälle von 50% hat? (2P)

**3. Aufgabe: Federpistole**

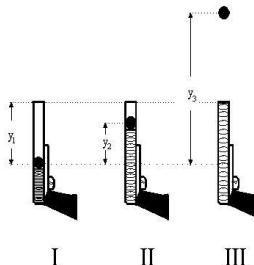
Eine Kugel ( $m = 100 \text{ g}$ ) wird auf die Feder ( $D = 90 \text{ N/m}$ ) einer Federpistole gelegt (siehe Bild II).

Dann wird die Feder weiter zusammengedrückt, bis sie einrastet.

Insgesamt beträgt der Spannweg  $y_1 = 16 \text{ cm}$  (siehe Bild I).

Anschließend wird die Kugel vertikal nach oben geschossen (siehe Bild III).

Die Reibung und die Federmasse sind zu vernachlässigen.



- a) Bestimmen Sie die Spannenergie der Feder. (2P)  
 b) Bestimmen Sie die kinetische Energie der Kugel, direkt nach dem Verlassen der Pistole. (2P)  
 c) Welche Höhe erreicht die Kugel maximal? (2P)  
 d) Berechnen Sie die Ruhelage der Kugel, also den Punkt an dem die Kugel auf der Feder ruhen würde, ohne weitere Spannung. (2P)  
 e) Wird die gespannte Feder abgeschossen, so hat sie in der Ruhelage die höchste Geschwindigkeit. Berechnen Sie diese. (2P)

- Bitte wenden! -

**Physik Klassenarbeit Nr. 4****4. Aufgabe: Der Albuch Skilift**

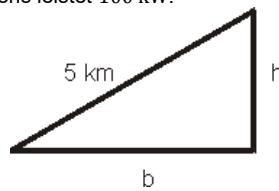
Der Albuch-Skilift in Heideheim zieht über eine Schlepplänge von 390 m die Skifahrer nach oben. Er schafft dies mit einer Geschwindigkeit von  $v = 2,9 \text{ m/s}$ . Der Höhenunterschied beträgt  $h = 80 \text{ m}$ . Matthias wiegt samt Skiausrüstung 75 kg und möchte sich von dem Lift befördern lassen.



- Welche Leistung muss die Seilwinde bereitstellen, um Matthias den Berg (2P) hinaufzuziehen? Rechnen Sie ohne Berücksichtigung der Reibung.
- Welche Leistung muss die Seilwinde bereitstellen, um Matthias den Berg (2P) hinaufzuziehen, wenn der Reibwert  $\mu = 0,25$  von Skiern und Schnee berücksichtigt wird?
- Nach den Angaben des Liftbetreibers können 865 Personen je Stunde nach oben (2P) befördert werden. Welche Leistung muss die Seilwinde somit besitzen, sofern wir davon ausgehen, dass die durchschnittliche Person das Gewicht von Matthias hat?
- Welche Rolle spielt das Gewicht der Bügel und des Seils? Wie muss dies berücksichtigt (1P) werden? Begründen Sie.

**5. Aufgabe: Der LKW auf der Bergstraße**

Eine Bergstraße hat die Steigung 15%. Auf ihr fährt ein Lastwagen (20 t) die Strecke von 5 km bergauf. Der Motor des Lastwagens leistet 100 kW.



- Welche Hubarbeit verrichtet der Motor bei dieser Fahrt? (2P)  
*Hinweis:* Unter Steigung versteht man das Verhältnis von  $h$  zu  $b$ .
- Welche Zeit benötigt der Lastwagen ungefähr für diese Strecke? (2P)
- Mit welcher Geschwindigkeit fährt der Lastwagen? (1P)



*Lösungen der Klassenarbeit Nr. 4, Physik TG11*

Name :	Klasse: TG11	Datum: 12.07.2017
Punkte : / 30	Note : Ø :	Zeit: 90 Minuten

**1. Aufgabe: Terminologie**

- a) Definieren Sie Energie.  
Energie ist die Fähigkeit Arbeit zu verrichten.
- b) Nennen Sie mindestens 6 Energieformen.  
z.B. potenzielle Energie, kinetische Energie, Spannenergie, Wärmeenergie, Solarenergie, Kernenergie...

**2. Aufgabe: Schlittenfahrt**

Thomas bringt zusammen mit seinem Schlitten 80 kg auf die Waage. Er startet aus der Ruhe und fährt einen Hügel der Höhe  $h = 5 \text{ m}$  hinunter. Am Fuße des Hügels hat er eine Geschwindigkeit von 6 m/s.

- a) Wie groß ist seine kinetische Energie am Fuße des Hügels?
- $$W_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} 80 \text{ kg} \cdot \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 1440 \text{ J}$$

- b) Welchen Energiebetrag hat er durch Reibung verloren?
- $$\begin{aligned} W_{ges} &= W_{pot} = W_{kin} + W_q \\ \rightarrow m \cdot g \cdot h &= \frac{1}{2} m \cdot v^2 + W_q \\ \rightarrow W_q &= m \cdot g \cdot h - \frac{1}{2} m \cdot v^2 \\ W_q &= 80 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m} - \frac{1}{2} 80 \text{ kg} \cdot \left(6 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 \\ W_q &= 2560 \text{ J} \end{aligned}$$
- Er hat 2560 J durch Reibung verloren.

- c) Wie groß ist der Reibungskoeffizient  $\mu$ , wenn der Hügel ein Gefälle von 50% hat?

Gefälle von 50% bedeutet: 100 m nach vorne (Strecke b) und 50 m nach unten (Strecke h).

Es gilt

$$W = F_R \cdot s$$

Mit  $F_R = \mu \cdot F_N = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$  folgt

$$W = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) \cdot s$$

Mit  $\cos(\alpha) = \frac{b}{s}$  folgt

$$W = \mu \cdot m \cdot g \cdot b$$

Die Energie, die durch Reibung verlorengegangen ist, wurde in b) zu 2560 J berechnet, somit ist

$$\begin{aligned} 2560 \text{ J} &= \mu \cdot 80 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 10 \text{ m} \\ \rightarrow \mu &= 0,32 \end{aligned}$$

**Lösungen der Klassenarbeit Nr. 4, Physik TG11**

**HEID  
TECH** TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM

**3. Aufgabe: Federpistole**

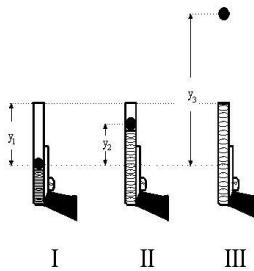
Eine Kugel ( $m = 100 \text{ g}$ ) wird auf die Feder ( $D = 90 \text{ N/m}$ ) einer Federpistole gelegt (siehe Bild II).

Dann wird die Feder weiter zusammengedrückt, bis sie einrastet.

Insgesamt beträgt der Spannweg  $y_1 = 16 \text{ cm}$  (siehe Bild I).

Anschließend wird die Kugel vertikal nach oben geschossen (siehe Bild III).

Die Reibung und die Federmasse sind zu vernachlässigen.



- a) Bestimmen Sie die Spannenergie der Feder. (2P)

$$W_{\text{spann}} = \frac{1}{2} D \cdot s^2 = \frac{1}{2} 90 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,16 \text{ m})^2 = 1,152 \text{ J}$$

- b) Bestimmen Sie die kinetische Energie der Kugel, direkt nach dem Verlassen der Pistole. (2P)

Gemäß Energiesatz gilt

$$W_{\text{ges}} = W_{\text{pot}} + W_{\text{kin}} + W_{\text{spann}}$$

Die Gesamtenergie entspricht der vollen Spannenergie (siehe a)  $W_{\text{ges}} = 1,152 \text{ J}$

Die Spannenergie ist 0, da die Feder dort komplett entspannt ist  $W_{\text{spann}} = 0$

Berechne die potenzielle Energie:  $W_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h = 0,1 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0,16 \text{ m} = 0,16 \text{ J}$

Somit ist

$$W_{\text{kin}} = W_{\text{ges}} - W_{\text{pot}} = 1,152 \text{ J} - 0,16 \text{ J} = 0,992 \text{ J}$$

- c) Welche Höhe erreicht die Kugel maximal? (2P)

Die gesamte kinetische Energie wird dazu in Höhe umgesetzt, also

$$W_{\text{kin}}^{\text{unten}} = W_{\text{pot}}^{\text{oben}}$$

$$0,992 \text{ J} = 0,1 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot h \\ \rightarrow h = 0,992 \text{ m}$$

Wenn der Nullpunkt auf die gespannte Feder gelegt wird, so gilt

$$h_{\text{ges}} = 0,992 \text{ m} + 0,16 \text{ m} = 1,152 \text{ m}$$

Alternativ kann auch mit der Spannenergie gerechnet werden, also

$$W_{\text{spann}}^{\text{unten}} = W_{\text{pot}}^{\text{oben}}$$

Dann wird das Ergebnis aus a verwendet.

*Lösungen der Klassenarbeit Nr. 4, Physik TG11*

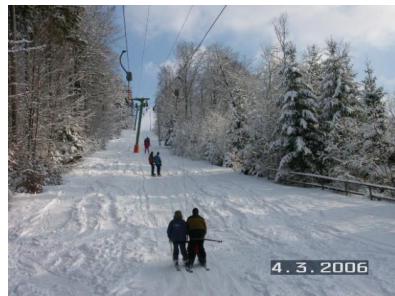
<p>d) Berechnen Sie die Ruhelage der Kugel, also den Punkt an dem die Kugel auf der Feder ruhen würde, ohne weitere Spannung.  <i>Hierzu verwenden wir das Hooke'sche Gesetz, also</i></p> $F = D \cdot s$ $\rightarrow s = \frac{F}{D} = \frac{m \cdot g}{D} = \frac{0,1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2}{90 \text{ N/m}} = 0,011 \text{ m}$ <p>Dies entspricht der Stauchung der Feder. Wenn man das Nullpotenzial in die gespannte Feder legt, entspricht das einer Höhe von  <math>16 \text{ cm} - 1,1 \text{ cm} = 14,9 \text{ cm}</math></p>	(2P)
<p>e) Wird die gespannte Feder abgeschossen, so hat sie in der Ruhelage die höchste Geschwindigkeit. Berechnen Sie diese.  <i>Hier wird nun nur ein möglicher Lösungsweg geschildert:</i></p> <p>Die Gesamtenergie der Feder beträgt gemäß a) 1,152 J.</p> <p>Die Spannenergie beträgt in der Ruhelage</p> $W_{spann} = \frac{1}{2} D \cdot s^2 = \frac{1}{2} 90 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot (0,011 \text{ m})^2 = 0,005 \text{ J}$ <p>Die potentielle Energie beträgt in der Ruhelage</p> $W_{pot} = m \cdot g \cdot h = 0,1 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 0,149 \text{ m} = 0,148 \text{ J}$ <p>Mit dem Energiesatz gilt</p> $W_{ges} = W_{pot} + W_{kin} + W_{spann}$ $\rightarrow W_{kin} = W_{ges} - W_{pot} - W_{spann}$ $W_{kin} = 1,152 \text{ J} - 0,148 \text{ J} - 0,005 \text{ J} = 0,997 \text{ J}$ <p>Mit <math>W_{kin} = \frac{1}{2} m \cdot v^2</math> folgt</p> $v = \sqrt{\frac{2 \cdot W_{kin}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,997 \text{ J}}{0,1 \text{ kg}}} = 4,46 \text{ m/s}$ <p>Die Geschwindigkeit der Kugel in der Ruhelage beträgt 4,46 m/s</p>	(2P)
-    Bitte wenden!    -	

**Lösungen der Klassenarbeit Nr. 4, Physik TG11**

**HEID  
TECH** TECHNISCHE SCHULE HEIDENHEIM

**4. Aufgabe: Der Albuch Skilift**

Der Albuch-Skilift in Heideheim zieht über eine Schlepplänge von 390 m die Skifahrer nach oben. Er schafft dies mit einer Geschwindigkeit von  $v = 2,9 \text{ m/s}$ . Der Höhenunterschied beträgt  $h = 80 \text{ m}$ . Matthias wiegt samt Skiausrüstung 75 kg und möchte sich von dem Lift befördern lassen.



- a) Welche Leistung muss die Seilwinde bereitstellen, um Matthias den Berg hinaufzuziehen? Rechnen Sie ohne Berücksichtigung der Reibung. (2P)

Die allgemeine Formel für die Leistung lautet

$$P = \frac{W}{t}$$

Mit  $W = F \cdot s$  folgt

$$P = \frac{F \cdot s}{t}$$

Die Reibung keine Rolle spielt, muss nur die Hangabtriebskraft  $F_H$  kompensiert werden

$$F_H = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$$

$\alpha$  ist nicht gegeben, jedoch die Hypotenuse (die Hanglänge) mit 390 m sowie die Gegenkathete (die Höhe) mit 80 m. Damit ergibt sich

$$P = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v = m \cdot g \cdot \sin(\alpha) \cdot v$$

$$P = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot v = 75 \text{ kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{80 \text{ m}}{390 \text{ m}} \cdot 2,9 \text{ m/s}$$

$$P = 446 \text{ W}$$

*Lösungen der Klassenarbeit Nr. 4, Physik TG11*

<p>b) Welche Leistung muss die Seilwinde bereitstellen, um Matthias den Berg hinaufzuziehen, wenn der Reibwert <math>\mu = 0,25</math> von Skiern und Schnee berücksichtigt wird? (2P)</p> <p>Diese Kraft muss die Reibungskraft <math>F_R</math> sowie die Hangabtriebskraft <math>F_H</math> kompensieren. Es gilt</p> $F_1 = F_R + F_H$ <p>Die Reibungskraft ist</p> $F_R = \mu \cdot F_N$ <p>Die Normalenkraft <math>F_N</math> steht dabei senkrecht auf der Piste, sie lautet</p> $F_N = m \cdot g \cdot \cos(\alpha)$ <p>Die Hangabtriebskraft <math>F_H</math> ist dementsprechend</p> $F_H = m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$ <p>Damit ist die Gesamtkraft also</p> $F_1 = \mu \cdot m \cdot g \cdot \cos(\alpha) + m \cdot g \cdot \sin(\alpha)$ <p><math>\alpha</math> ist nicht gegeben, jedoch die Hypotenuse (die Hanglänge) mit 390 m sowie die Gegenkathete (die Höhe) mit 80 m.</p> <p>Damit ergibt sich</p> $\sin(\alpha) = \frac{80 \text{ m}}{390 \text{ m}} \rightarrow \alpha \approx 11,9^\circ$ <p>Insgesamt ist</p> $F_1 = 0,25 \cdot 75 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot \cos(11,9^\circ) + 75 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot \frac{80 \text{ m}}{390 \text{ m}}$ $F_1 = 183 + 154 \text{ N} = 337 \text{ N}$ $P_1 = \frac{F_1 \cdot s}{t} = F_1 \cdot v = 337 \text{ N} \cdot 2,9 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 978 \text{ W}$ <p>Man benötigt 978 W um Matthias den Hang hinaufzuziehen.</p> <p>c) Nach den Angaben des Liftbetreibers können 865 Personen je Stunde nach oben befördert werden. Welche Leistung muss die Seilwinde somit besitzen, sofern wir davon ausgehen, dass die durchschnittliche Person das Gewicht von Matthias hat? (2P)</p> <p>Als nächstes muss überlegt werden, wie viele Personen gleichzeitig mit dem Lift fahren.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wenn eine Person mit <math>v = 2,9 \text{ m/s}</math> befördert wird und die Piste 390 m lang ist, so befindet sie sich 134 s auf der Piste.</li> <li>• Wenn der Lift 865 Personen pro Stunde befördern kann, muss ungefähr alle 4,16 s eine Person oben ankommen.</li> <li>• Dann befinden sich 32 Personen gleichzeitig im Lift.</li> </ul> <p>Die Gesamtleistung entspricht demnach</p> $P = 32 \cdot P_1 = 31298 \text{ W}$	(2P)
--	------

*Lösungen der Klassenarbeit Nr. 4, Physik TG11*

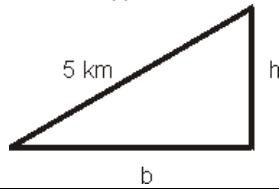
**HEID  
TECH** TECHNISCHE  
SCHULE  
HEIDENHEIM

d)	Welche Rolle spielt das Gewicht der Bügel und des Seils? Wie muss dies berücksichtigt werden? Begründen Sie.	(1P)
----	--	------

Das Gewicht von Bügel und Seil spielen keine Rolle, da (sofern reibungsfrei) genauso viel Masse nach oben wie unten transportiert wird und sich die Kräfte somit gegenseitig aufheben.

**5. Aufgabe: Der LKW auf der Bergstraße**

Eine Bergstraße hat die Steigung 15%. Auf ihr fährt ein Lastwagen (20 t) die Strecke von 5 km bergauf. Der Motor des Lastwagens leistet 100 kW.



a)	Welche Hubarbeit verrichtet der Motor bei dieser Fahrt? <i>Hinweis:</i> Unter Steigung versteht man das Verhältnis von $h$ zu $b$ .	(2P)
----	--	------

Wir berechnen zuerst die Höhe mit

$$\tan(\alpha) = \frac{h}{b} = 0,15 \\ \rightarrow \alpha = 8,53^\circ$$

Nun gilt

$$\sin(\alpha) = h/5 \text{ km} \rightarrow h = 5 \text{ km} \cdot \sin(8,53^\circ) = 741 \text{ m}$$

Die Hubarbeit ist

$$W_{pot} = m \cdot g \cdot h = 20000 \text{ kg} \cdot 10 \text{ m/s}^2 \cdot 741 \text{ m} = 148340000 \text{ J}$$

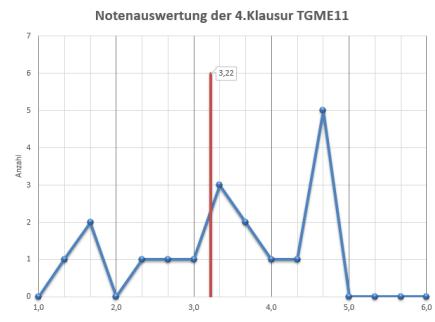
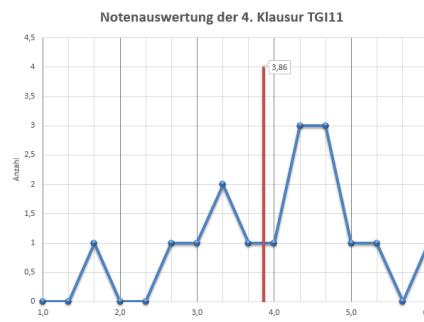
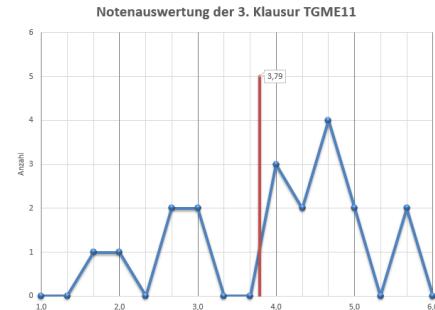
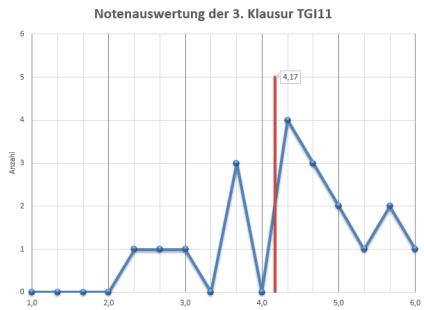
b)	Welche Zeit benötigt der Lastwagen ungefähr für diese Strecke?	(2P)
----	--	------

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow t = \frac{W}{P} = \frac{148340000 \text{ J}}{100000 \text{ W}} = 1483 \text{ s} = 24,7 \text{ min}$$

c)	Mit welcher Geschwindigkeit fährt der Lastwagen?	(1P)
----	--	------

$$v = \frac{s}{t} = \frac{5000 \text{ m}}{1483 \text{ s}} = 3,37 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 12 \text{ km/h}$$

**Klausurauswertung der 3. und 4. Physikklausur der TGI11 bzw. der TGME11**



Die Gesamtpunktzahl betrug in allen Fällen 30 Punkte. Die Einzelnoten errechneten sich mit folgender Formel:

$$N(\text{erreichte Punktzahl}) = 6 - 5 \cdot \frac{(\text{erreichte Punktzahl})}{(\text{Gesamtpunktzahl})}$$

## Anhang B

# Programme und Websites

## B.1 Verwendete Apps und Programme

TABELLE B.1 Verwendete Apps und Programme

Programm	Funktion
Heid-Tech Energie App	App zum binnendifferenzierten Lernen in der Unterrichtseinheit Arbeit, Energie, Leistung
Phyphox	Verarbeitung der Smartphone-Sensordaten
Neoreader	Auslesen von QR-Codes
Puffin Browser	Für Flash Animationen auf Android-Tablets
QRCodegen	Erstellung von QR-Codes
SmartMeasure	Abstandsmessung
TinyScanner	Scanprogramm für das Tablet zum Einreichen der Hausaufgaben mit Moodle
VidAnalysis	Videoanalysetool

TABELLE B.2 Verwendete Websites und Dienste

Websitename	Webadresse
App Inventor 2	Programmierumgebung für Android Apps <a href="http://appinventor.mit.edu">http://appinventor.mit.edu</a>
Brinkmann	Aufgaben zur Physik <a href="http://www.brinkmann-du.de/">http://www.brinkmann-du.de/</a>
Filr	Cloudspeicher zum Datenaustausch <a href="https://filr.heid-tech.de">https://filr.heid-tech.de</a>
GeoGebra	Interaktive Worksheets für Übungsaufgaben <a href="https://www.geogebra.org/materials/">https://www.geogebra.org/materials/</a>
Ivi-Education	Ein Youtube Kanal zum Online-Learning <a href="https://www.youtube.com/channel/UC8c41GXQS7P0DGu3cJcVIPg">https://www.youtube.com/channel/UC8c41GXQS7P0DGu3cJcVIPg</a>
Leifi Physik	Für Material und Simulationen <a href="https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/energie-quantitativ">https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/energie-quantitativ</a>
Mathe-Physik-Aufgaben	Aufgaben zu Mathematik und Physik <a href="http://www.mathe-physik-aufgaben.de/">http://www.mathe-physik-aufgaben.de/</a>
Moodle	Lernplattform zur Einreichung der Hausaufgaben <a href="https://moodle.heid-tech.de/moodle/">https://moodle.heid-tech.de/moodle/</a>
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>	

Websitename	Webadresse
Planet Schule	Simulation des Betriebs eines KKW <a href="http://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=146">http://www.planet-schule.de/sf/php/mmewin.php?id=146</a>
Phet - Interactive Simulations	Computersimulationen auf Flash- und Java-Basis <a href="https://phet.colorado.edu">https://phet.colorado.edu</a>
Pittys Physikseite	Onlinepool mit Übungsaufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades <a href="https://physikaufgaben.de/index.php">https://physikaufgaben.de/index.php</a>
Q-Set	Online Umfrage tool <a href="https://www.q-set.de/">https://www.q-set.de/</a>
Socrative	Diagnosetool ähnlich zu Kahoot! <a href="https://www.socrative.com/">https://www.socrative.com/</a>
TheSimplePhysics	Ein Youtube Kanal zum Online-Learning <a href="https://www.youtube.com/channel/UCSYXOPxUAOPIDjjJpsr7aZQ">https://www.youtube.com/channel/UCSYXOPxUAOPIDjjJpsr7aZQ</a>
Wikipedia	zur Artikelrecherche z.B. <a href="https://de.wikipedia.org">https://de.wikipedia.org</a>
Wolfram Alpha	zur Artikelrecherche z.B. <a href="http://www.wolframalpha.com/">http://www.wolframalpha.com/</a>

TABELLE B.3 Auszug weiterer digitaler Medien, die sich für diese oder eine ähnliche Unterrichtseinheit eignen

Name	Webadresse
ActiveExpression	Diagnosetool <a href="https://support.prometheanworld.com/product/activexpression">https://support.prometheanworld.com/product/activexpression</a>
Arduino	Robotik im Unterricht <a href="http://www.roboter-im-unterricht.de/arduino.html">http://www.roboter-im-unterricht.de/arduino.html</a>
GeoGebraExam	Prüfungsplattform (Android App, siehe Playstore)
GoConqr	Lernplattform mit Diagnoseinstrumenten <a href="https://www.goconqr.com/">https://www.goconqr.com/</a>
Kahoot!	Diagnosetool, alternative zu Socrative Zugang für Schüler <a href="https://kahoot.it/">https://kahoot.it/</a> bzw. Lehrerzugang <a href="https://create.kahoot.it/">https://create.kahoot.it/</a>
LearningApps	Website mit interaktiven Lernbausteinen <a href="https://learningapps.org/">https://learningapps.org/</a>
MyPhysicsLab	Website mit interaktiven Animationen <a href="https://www.myphysicslab.com/">https://www.myphysicslab.com/</a>
Padlet	Pinnwand zur Erstellung von Collagen <a href="https://de.padlet.com/">https://de.padlet.com/</a>
<i>Fortsetzung auf der nächsten Seite</i>	

Name	Webadresse
Physics Toolbox	App zur Erfassung und Auswertung der Smartphonesensoren (Android App, siehe Playstore)
PHYWE Measure	App die mit verschiedenen Messinstrumenten gekoppelt werden kann (Android App, siehe Playstore)
Schulphysik	Eine Website mit einer großer Sammlung Physlets und Auflistung weiterer Seiten zum gleichen Themengebiet  <a href="http://www.schulphysik.de/">http://www.schulphysik.de/</a>
SL-Feedback	Ein an der Heid-Tech entwickeltes Schüler-Lehrer-Feedbackinstrument  <a href="https://www.sl-feedback.de/">https://www.sl-feedback.de/</a>
SPARKvue	App zur Messdatenerfassung (Android App, siehe Playstore)
Tweedback	Diagnoseinstrument, Live-Feedbacksystem der Universität Rostock  <a href="http://twbk.de/">http://twbk.de/</a>
Walter Fendt	Website mit zahlreichen Java- und HTML5-Animationen  <a href="http://www.walter-fendt.de/">http://www.walter-fendt.de/</a>