



Musterlehrskizze für den Vorbereitungsdienst  
von Referendaren  
im Fach Physik an bayerischen Realschulen

(Stand: 03.2018)

## Vorwort

Diese Lehrskizze dient zur Ausbildung der Studienreferendare im Fach Physik an bayerischen Realschulen. Sie enthält grundlegende Inhalte (keine vollständige Lehrskizze) und wurde im Rahmen einer „Kooperation Universität – Studienseminar“ von folgenden Personen erstellt:

Dr. Christian Maurer, Lehrstuhl Didaktik der Physik Universität Regensburg

Dr. Angela Fösel, Didaktik der Physik Universität Erlangen-Nürnberg

Andreas Biller, Realschule Landshut

Werner Heubeck†, ehemals Realschule Bad Staffelstein

Wolfgang Schuller, Realschule Karlstadt

Martin Zimmer, Realschule Höchberg

Werner Heubeck

Zentraler Fachleiter Physik

Bad Staffelstein, im Februar 2018

## Schriftliche Ausarbeitung von Prüfungslehrproben (Lehrplan Plus)

<b>Lehrskizze</b>		
<b>Rahmenbedingungen (bei Bedarf in 1. und 2. Prüfungslehrprobe / für 3. Prüfungslehrprobe angeben)</b>		
Beurteilung der Klassensituation und der äußeren Bedingungen, die für die Unterrichtsstunde relevant sind		
<b>Didaktische Analyse</b>	2.1 Einordnung in den Lehrplan 2.2 Einbettung in die Stundensequenz 2.3 Eingrenzung des Themas 2.4 Lernvoraussetzungen (bereits gesicherte inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen; Alltags- und Fehlvorstellungen bei Schülern) 2.5 Elementarisierung (Anpassung der fachwissenschaftlichen Inhalte auf Realschulniveau)	
	<b>Kompetenzerwartung</b> Lehrplanbezug (vormals Hauptlernziel: Kombinierte Formulierung der Kompetenzerwartungen und Inhalte aus dem Lehrplan) <b>Teilziele</b> Operationalisierte Formulierung von inhaltsbezogenen und/oder prozessbezogenen Teilzielen dieser Unterrichtsstunde Abwägung und Gewichtung dieser Teilziele mit möglichen Ausstiegen	
<b>Methodische Analyse</b>	<b>Analyse der Unterrichtsschritte</b> (keine Verlaufsbeschreibung – keine Dopplung im Vergleich zur Unterrichtsmatrix) 1.1 Begründung geplanter Unterrichtsschritte 1.2 Begründung verwendeter Medien 1.3 Begründung verwendeter Sozial- und Arbeitsformen 1.4 Begründung verwendeter Experimente mit Angabe <u>wichtiger</u> Hinweise zur erfolgreichen Durchführung und Nennung <u>sicherheitsrelevanter</u> Aspekte <b>Erwartete Schülerschwierigkeiten und zu ergreifende Maßnahmen</b>	
<b>Literatur-, Abbildungs- und Quellennachweis</b>		
<b>Tabellarischer Stundenverlauf</b>		
	<b>Artikulationsstufen</b> (z. B. Durchführung, Erarbeitung, Sicherung, ...)	<b>Lehrer-Schüler-Aktion</b> Verlauf unter Angabe von entscheidenden Impulsen, Fragestellungen, Interaktionen, Handlungen, ...
	<b>Medien, Interaktionsformen</b> (z. B. Angabe eingesetzter Medien, Modelle, Experimente, ...)	
<b>Anhang</b>	Tafelbilder Hefteintrag, Arbeitsblätter (nur ausgefüllt) Screenshots eingesetzter digitaler Materialien Abbildungen (Bilder, Modelle, ...) Hausaufgabe mit Lösungsmuster	

### Hinweise zur Dokumentation verwendeter Medien:

- 1.1 Alle verwendeten Materialien und Medien zur Erstellung der Lehrskizze müssen im Quellen-, Literatur- oder Abbildungsverzeichnis angegeben sein (auch frühere Prüfungslehrproben, ...).
- 1.2 Für die Angabe von Quellen aus dem Internet wird jeweils der komplette Link incl. des letzten Zugriffsdatums (in eckigen Klammern) benötigt.

### Sicherheitserklärung RiSU 2016:

„Die in der Lehrprobe geplanten Experimente erfüllen die Anforderungen nach RiSU 2016.“

# Deckblatt zur Lehrskizze

# Inhaltsverzeichnis

1. Rahmenbedingungen .....	5
2. Didaktische Analyse .....	5
2.1 Einordnung in den Lehrplan .....	5
2.2 Einbettung in die Stundensequenz.....	5
2.3 Eingrenzung des Themas .....	5
2.4 Lernvoraussetzungen.....	5
2.5 Elementarisierung.....	6
2.6 Kompetenzerwartung .....	6
2.7 Abwägung und Gewichtung der Teilziele mit möglichen Ausstiegen.....	6
3. Methodische Analyse .....	7
3.1 Analyse der Unterrichtsschritte .....	7
3.2 Erwartete Schülerschwierigkeiten und zu ergreifende Maßnahmen.....	7
4. Literatur-, Abbildungen und Quellennachweis .....	7
5. Geplanter Unterrichtsverlauf .....	8
6. Anhang .....	10

## 1. Rahmenbedingungen

Nur besondere Situationen aufführen (z.B. Inklusionsschüler, Raumsituation ...).

## 2. Didaktische Analyse

### 2.1 Einordnung in den Lehrplan

Das Thema Impuls ist in der 10. Jahrgangsstufe der Wahlpflichtfächergruppe I in den Lernbereich „Mechanik“ eingebettet. In diesem werden zunächst grundlegende Inhalte der Bewegungslehre sowie die Grundgleichung der Mechanik erarbeitet. Im Weiteren erfolgen eine quantitative Betrachtung der kinetischen Energie sowie eine erweiterte und vertiefte Behandlung des Energieerhaltungssatzes. Zur Vorbereitung auf das Thema Impuls werden die drei verschiedenen Arten eines (zentralen) Stoßes voneinander unterschieden. Den Abschluss dieses Lernbereichs bilden nun die Themen Impuls und Impulserhaltung.

### 2.2 Einbettung in die Stundensequenz

Die Stundensequenz Impuls und Impulserhaltung gliedert sich in zwei große Themenblöcke, die Einführung der Größe Impuls und die Definition des Impuls als Erhaltungsgröße. Um diesen Aspekt zu vertiefen und für die Schülerinnen und Schüler zu veranschaulichen, werden noch weiterführende Aufgaben bearbeitet.

### 2.3 Eingrenzung des Themas

In der vorliegenden Stunde liegt der Schwerpunkt auf der Erarbeitung der Definition der physikalischen Größe Impuls ausgehend von den Alltagsbegriffen „Wucht“ oder „Schwung“. Dies ist Voraussetzung für die Erarbeitung des Impulserhaltungssatzes.

### 2.4 Lernvoraussetzungen

- Die Schülerinnen und Schüler sind in der Lage Vorgänge an der schiefen Ebene zu analysieren.
- Sie können mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes die Endgeschwindigkeit eines Fahrzeugs am Ende einer schiefen Ebene in Abhängigkeit von der Höhendifferenz bestimmen.

- Unter stetig reduzierter Anleitung können sie Experimente zur Untersuchung der Abhängigkeit von Größen aus dem Bereich Mechanik planen. Sie können die Experimente weitgehend selbstständig durchführen, ihre Ergebnisse unter Berücksichtigung der Messgenauigkeit algebraisch auswerten und die Ergebnisse mit den Eingangshypothesen in Bezug setzen.
- Es ist davon auszugehen, dass die Schülerinnen und Schüler bisher im Alltag und der Alltagssprache noch nicht mit dem Begriff „Impuls“ konfrontiert wurden.

## 2.5 Elementarisierung

Obwohl der Impuls eine gerichtete Größe und diese Eigenschaft essenziell für das Verständnis der Impulserhaltung ist, wird in dieser Unterrichtsstunde nur der betragsmäßige Aspekt betrachtet. Die notwendigen mathematischen Voraussetzungen sind in der 10. Jahrgangsstufe noch nicht vorhanden, um die Größengleichung in allgemeiner Form festzuhalten.

Aus zeitlichen Gründen findet eine Abgrenzung des Impulses des Körpers von seiner kinetischen Energie in dieser Stunde nicht statt.

## 2.6 Kompetenzerwartung

Die Schülerinnen und Schüler leiten die physikalische Größe Impuls auf der Grundlage experimenteller Erkenntnisse ab. Sie führen damit Abschätzungen zu Stoßvorgängen aus ihrer Erfahrungswelt (Straßenverkehr) durch.

### Teilziele:

Die Schülerinnen und Schüler ...

**TZ 1:** benennen Analogien zwischen Realsituationen und dem geplanten Experiment.

**TZ 2:** führen unter Anleitung das Experiment selbstständig durch und protokollieren die Messwerte.

**TZ 3:** stellen Hypothesen zum vermuteten Zusammenhang auf und präsentieren ihre Ergebnisse.

**TZ 4:** berechnen die zugehörigen Produktwerte und bestätigen die indirekte Proportionalität.

**TZ 5:** kennen die Definition der physikalischen Größe Impuls und leiten die Einheit her.

**TZ 6:** berechnen für die Einstiegssituationen die Werte der Impulse der Autos und bewerten diese hinsichtlich ihres Gefahrenpotentials.

## 2.7 Abwägung und Gewichtung der Teilziele mit möglichen Ausstiegen

Um die Kompetenzerwartungen und inhaltlichen Ziele zu erreichen, ist die Bearbeitung Teilziele 1 bis 5 erforderlich. Teilziel 6 dient zur Vertiefung der erarbeiteten Inhalte oder zum Ausstieg aus der Stunde.

## 3. Methodische Analyse

### 3.1 Analyse der Unterrichtsschritte

Das Einstiegsbeispiel ermöglicht eine lebensnahe und anschauliche Motivation der zu erarbeiteten Inhalte. Zum Stundenende kann dieses zudem wieder aufgegriffen werden, um die fachlichen Inhalte zu vertiefen und die vorgestellte Alltagssituationen entsprechend der Intention des Themas zu bewerten. Somit werden die Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzt, um „gegebenenfalls als Mitfahrer oder Benutzer motorisierter Fahrzeuge gefahrenbewusst und verantwortungsvoll agieren zu können“ (vgl. *LehrplanPLUS – Übergreifende Erziehungs- und Bildungsziele – Verkehrserziehung*).

Im Rahmen dieser Unterrichtsphase wird die physikalische Größe Impuls zunächst mit dem für die Schülerinnen und Schüler leichter zu verstehenden Begriff „Wucht“ umschrieben. Als Alternative wird in der (gymnasial) Literatur auch der Begriff „Schwung“ verwendet. Da dieser jedoch aufgrund seiner Verwendung in der Alltagssprache missverständlich sein kann, wird ersterem der Vorzug gegeben.

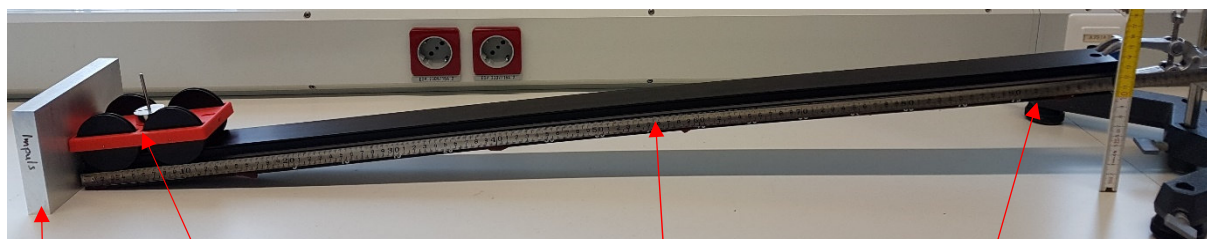
Ziel des Einstiegsbeispiels ist die organische Entwicklung der Problemstellung, dass eine begründete Aussage zur Leitfrage („Wie hängt die „Wucht“ des Wagens von dessen Masse und Geschwindigkeit ab?“) nicht von den Schülern möglich ist und diese nur experimentell belegt werden kann.

In der bestehenden Literatur wird die Größe Impuls überwiegend deduktiv und somit für die Schülerinnen und Schüler abstrakt hergeleitet. Die experimentelle Themenerarbeitung ermöglicht jedoch eine an deren Verständnishorizont weitestgehend angepasste und augenscheinlich vertraute Herangehensweise sowie eine fortwährende aktive Beteiligung der Schülerinnen und Schüler in den unterschiedlichen Unterrichtsphasen.

Da beim Aufbau des zentralen Experiments dieser Stunde einige Details zu beachten sind, die sich entscheidend auf dessen Durchführung und Auswertung auswirken, wird auf eine Versuchsplanung



mit einer entsprechenden Schülerbeteiligung verzichtet und der fertige Versuchsaufbau präsentiert. Damit diese die Intention des Experiments besser verstehen und dessen Aufbau nachvollziehen können, werden die Parallelen zwischen dem Einstiegsbeispiel und dem Experiment in einem Lehrer-Schüler-Gespräch herausgearbeitet.



Aluklotz  
 Wägelchen mit Stange für Schlitzgewichte  
 Maßband  
 Höhe Bahn: 10 cm

Aufgrund der Komplexität des Experiments an den entscheidenden Stellen wird auch dessen Durchführung zunächst eingehend mit den Schülerinnen und Schülern besprochen und wichtige Informationen vom Lehrer mitgeteilt. Dabei muss insbesondere darauf hingewiesen werden, dass das Umkippen des Klotzes als Maß für die „Wucht“ des Körpers auf der schiefen Ebene betrachtet wird, da dies von den Schülerinnen und Schülern aufgrund deren Vorwissen nicht herzuleiten ist. Für die Rampe (Länge = 100 cm) wird eine Höhe von 10 cm vorgegeben. So ist es den Schülern mit dem angebrachten Maßband möglich die Starthöhe aus dem einfach ablesbarem Abstand Platte – Wagen zu bestimmen ( $h = \text{Abstand} / 10$ ). Des Weiteren muss die Handhabung der Umrechnungstabelle erläutert werden. Der Einsatz dieser Umrechnungstabelle begründet sich zum einen aus der fehleranfälligen und zeitintensiven Berechnung der einzelnen Geschwindigkeiten mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes ( $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ ) und zum anderen durch den Einsatz einer alternativen, zielführenden Methode, die sich von den Rechenaufgaben zur kinetischen Energie aus den Vorstunden abgrenzt. Das Schülerexperiment wird zudem arbeitsteilig mit Hilfe von zwei Klötzen mit unterschiedlicher Masse durchgeführt, um eine höhere Sinnhaftigkeit der anschließenden Definition des Impulses zu gewährleisten. Aus zeitlichen Gründen und um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Gruppenarbeiten zu garantieren, wird aber auf eine Erarbeitung mit mehreren Vergleichsklötzen verzichtet.

Hinweis an die Schüler: Bei der Durchführung ist darauf zu achten, dass der verwendete Klotz nicht vom Tisch fällt.

Entsprechend dem experimentellen Vorwissen und der Leistungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler sollen diese die Versuchsauswertung an entsprechenden Stellen eigenständig bzw. mit möglichst wenig Leitung vornehmen. Dies soll durch den mehrfachen Wechsel der eingeplanten Sozial- und Aktionsform in dieser Unterrichtsphase ermöglicht werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen somit erkennen, dass aufgrund der konstanten Produktwerte von der Masse und der Geschwindigkeit eines Körpers ein indirekt proportionaler Zusammenhang zwischen diesen Größen bei einer bestimmten „Wucht“ besteht und dass somit die „Wucht“ eines Körpers durch dieses Produkt sinnvoll beschrieben werden kann. Somit ist dieses geeignet, um Vorhersagen bei oder Bewertungen von Stoßprozessen zu treffen. Dementsprechend wird dieses abschließend als Impuls definiert.

Auf eine unbedingt notwendige Unterscheidung der physikalischen Größen Impuls und Energie (hier: kinetische Energie) muss an dieser Stelle des Unterrichts verzichtet werden, weil die Erkenntnis der Impulserhaltung, zur Abgrenzung von der Energieerhaltung bei Stoßprozessen unablässig ist. Ebenso wird auf die vektorielle Betrachtung der Definition der Größe Impuls verzichtet, da zum einen die Größe Geschwindigkeit im LehrplanPLUS nur als skalare Größe behandelt wird und zum anderen nur zentrale Stoßvorgänge im folgenden Unterricht analysiert werden.

Mit der Größe Impuls wird zum Ende der Unterrichtsstunde das Gefahrenpotential der Situationen im Einstiegsbeispiel bewertet werden und der Umgang mit deren Größengleichung eingeübt. Um ein möglichst aussagekräftiges Rückmeldung von Seiten der Schüler zu erhalten, werden die gestellten Aufgaben in Einzelarbeit berechnet und die Bedeutung der Ergebnisse im Plenum zu besprochen.

Die Hausaufgabe wird nur das Wiederholen des in dieser Stunde neu Erlernten umfassen, da in der darauffolgenden Stunde der Impulserhaltungssatz erarbeitet werden wird, mit dessen Aussagekraft ein tiefgreifendes Verständnis für die Größe Impuls erreicht werden kann.

### 3.2 Erwartete Schülerschwierigkeiten und zu ergreifende Maßnahmen

- Sollten in diesem Zusammenhang die kinetische Energie mit der Wucht eines Körpers gleichgesetzt werden, wird der Unterschied mit Hilfe der Größengleichung plausibel gemacht. Eine eingehende Auseinandersetzung mit dieser Problematik findet in der nächsten Stunde statt.

- Die Verwendung des Klotzes als Maß für die Wucht des Fahrzeugs im Experiment ist ungewöhnlich und muss erklärt werden.

#### 4. Literatur-, Abbildungen und Quellennachweis

Bildquelle:

Maurer, Christian (2016) *Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen*. Dissertation, Universität Regensburg. Logos Verlag Berlin GmbH, ISBN 978-3-8325-4247-4, urn:nbn:de:bvb:355-epub-337413

## 5. Geplanter Unterrichtsverlauf

Artikulationsstufen	Lehrer-Schüler-Aktion	Medien, Interaktionsformen
Einstieg	<p>L zeigt Bild1 (siehe Anhang)            L sammelt Aussagen von Schülern            mögliche Schülerbemerkungen:            „Gefährlich, nicht SUV, Masse wichtig, Geschwindigkeit auch, Geschwindigkeit evtl. quadratisch,...“            L: „Welcher der möglichen Unfallgegner würde mit der größten Wucht aufprallen?“            Thema der Stunde: Wucht und Zusammenhang mit Geschwindigkeit und Masse</p>	stummer Impuls/Folie
Versuchsplanung und Hinweise zur Durchführung	<p>Ziel: Erkundung der Abhängigkeiten mit Hilfe eines Experiments.            L: „Übertrag die vorgestellte Situation auf dieses Experiment.“            Erwartung:            Starthöhe <math>h \Rightarrow</math> verschiedene Geschwindigkeiten der Fahrzeuge            versch. Massen <math>\Rightarrow</math> versch. Massen der Fahrzeuge            Klotz <math>\Rightarrow</math> stehendes Fahrzeug</p> <p>L: „Das Kippen des Klotzes ist ein Maß für die Wucht!“</p> <p>L informiert S über die Durchführung des Experiments:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• „Zielsetzung: Ermittlung der Starthöhe durch systematisches Probieren, so dass der Klotz gerade schon umkippt.“</li> <li>• Messung verschiedener Starthöhen <math>h</math>              („Ermittlung der Starthöhe durch Ablesen der Fahrstrecke und Übertragen auf Starthöhe)</li> <li>• Annäherung an Starthöhe („Nähere dich der aufzufindenden Starthöhe von unten her an.“)</li> <li>• Bestimmung der Geschwindigkeit <math>v</math> über die Umrechnungstabelle (siehe Anhang); Erläuterung an einem konkreten Beispiel</li> <li>• Arbeitsteilige Schülerübung in Gruppen              (linke Seite – großer Klotz; Gruppengröße: ca. 3 Schüler)</li> <li>• Art der Dokumentation der Versuchsergebnisse</li> <li>• Hinweis auf das „Leergewicht“ des Wagens. Hier: 140 g</li> </ul>	Impuls L-S-Gespräch Experiment L Vortrag
Durchführung	<p>Austeilen des Arbeitsblattes und der Umrechnungstabelle            S holen das notwendige Arbeitsmaterial und bauen das Experiment auf und führen das Experiment durch.            (Schüler unterstützen!)</p>	Experiment in Kleingruppen, arbeitsteilig Arbeitsblatt
Präsentation der Ergebnisse	<p>S präsentieren ihre Messwerte und Vermutungen mit Hilfe einer Dokumentenkamera.            Mögliche Vermutungen der S:</p>	S Vortrag

	<p>„Wenn sich die Masse vergrößert, dann muss die Geschwindigkeit kleiner werden.“</p> <p>„Wenn die Masse verdoppelt wird, halbiert sich die Geschwindigkeit.“</p> <p>„Masse und Geschwindigkeit sind indirekt proportional zueinander, wenn die Wucht konstant ist“</p>	Dokumentenka- mera
Generalisierung der Ergebnisse	<p>L: „Nennt Möglichkeiten um eine indirekte Proportionalität zu überprüfen!“</p> <p>Erwartung: Produktbildung (auch: grafische Auswertung, aber hier wenig praktikabel)</p> <p>S bilden Produkte und vergleichen innerhalb der arbeitsgleichen Gruppen und anschließend zwischen linker und rechter Seite.</p> <p>L: „Was folgert ihr aus den verschiedenen Produktwerten?“</p> <p>S erkennen, dass dem schwereren Klotz (linke Seite!) der größere Produktwert zugeordnet wird und damit der größeren Wucht auch der größere Zahlenwert entspricht.</p>	L-S-Gespräch, Arbeitsblatt Kurze Gruppenarbeit L-S-Gespräch
Definition	<p>Das Produkt ist eine sinnvolle Beschreibung für die Wucht eines Körpers.</p> <p>Der Fachbegriff für die Wucht lautet in der Physik Impuls. Diese physikalische Größe hat das Symbol <math>p</math> (vgl. engl. „pulse“)</p> <p>Definitionsgleichung: Impuls = Masse * Geschwindigkeit <math>p = m * v</math></p> <p>Gemeinsame Erarbeitung der zugehörigen Einheit mit S <math>[p]=1 \text{ kg} * \text{m/s}</math></p> <p>Hinweis: Abgrenzung zu bereits verwendeten Größensymbolen (Druck <math>p</math>, Leistung <math>P</math>)</p>	L-Vortrag Tafel Arbeitsblatt  L-S-Gespräch  L-Vortrag
Anwendung	<p>Berechnung der Impulse der entgegenkommenden Fahrzeuge (Aufgreifen des Einstiegsbeispiels, evtl. Hinweis auf Einheit km/h - m/s geben)</p> <p>Exemplarische Besprechung der Ergebnisse</p> <p>Berechnung der Geschwindigkeit des dritten Fahrzeugs bei gleichbleibendem Impuls</p> <p>Reserve: Bezug auf Gefahrenpotential</p>	Einzelarbeit Dokumentenka- mera
Zusammenfassung und Hausaufgabenstellung	...	

## 6. Anhang

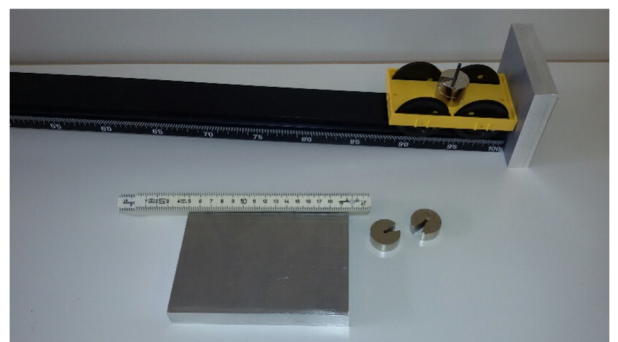
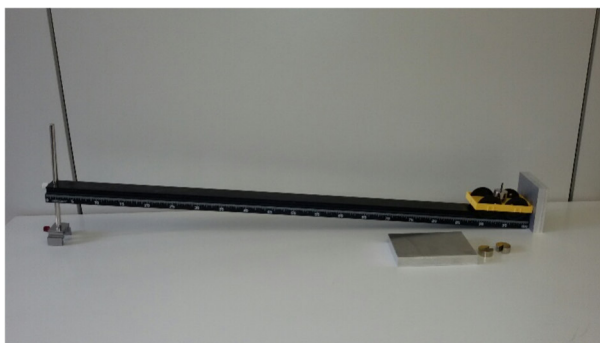
Tafelbilder  
Hefteintrag, Arbeitsblätter (ausgefüllt)  
Screenshots eingesetzter digitaler Materialien  
Abbildungen (Bilder, Modelle, ...)  
Hausaufgabe mit Lösungsmuster  
**Sicherheitserklärung (Einhaltung RiSU 2016)**  
**Erklärung**

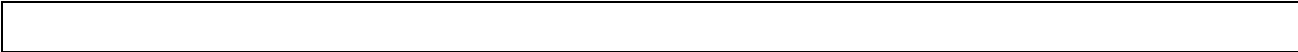
## Einstiegsbilder:



(drittes Bild abgedeckt)

## Verwendetes Experimentiermaterial



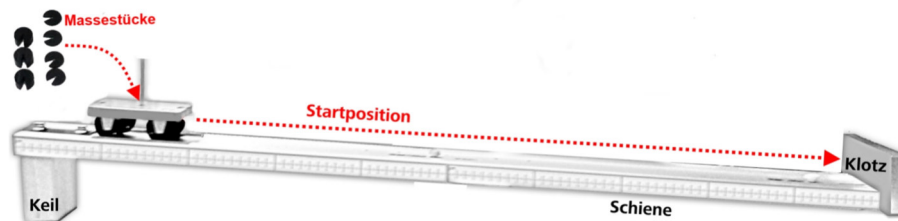


### Worum geht es?

Wir befassen uns mit der **Wucht** von **Körpern**. Mit Hilfe von Experimenten stellt ihr Vermutungen auf, wie genau die Wucht eines Körpers von dessen Masse und Geschwindigkeit abhängt.

### Was könnt ihr verändern?

- Auflegen von Massestücken (10 g oder 50 g) auf den Wagen (Masse 140 g)
- Verändern der Startposition des Wagens => damit verändert ihr natürlich die Geschwindigkeit des Wagens.



*Hinweis:*

- Achtet darauf, dass der Klotz immer direkt an der Schiene steht.
- Die Werte für die Geschwindigkeit könnt ihr aus der Umrechnungstabelle entnehmen

### Wie lautet der Erkundungsauftrag?

#### Wie hängt die Wucht des Wagens von dessen Masse und Geschwindigkeit ab?

- Sucht dazu die niedrigste Startposition für den Wagen so, dass dieser gerade umfällt und notiert euch die zugehörige Starthöhe h jeweilige Gesamtmasse m (Wagen 140 g + Zusatzgewichte) und die Geschwindigkeit v des Wagens.

<b>m in g</b>	140	150	160	170	180	190
<b>h in cm</b>						
<b>v in <math>\frac{m}{s}</math></b>						

- Formuliert eure Vermutungen über einen Zusammenhang zwischen Masse und Geschwindigkeit z.B. in Form von Wenn-Dann-Sätzen.



## Hefteintrag:

Wir erkennen:  $m \cdot v = konst. \rightarrow m \sim \frac{1}{v}$

Sinnvolle Festlegung: Impuls (lat. pellere = stoßen)

**Impuls** = Masse • Geschwindigkeit

$$p = m \cdot v$$

$$[p] = 1 \cdot kg \cdot \frac{m}{s}$$

Berechnung Impuls:

Auto klein:

$$p = m \cdot v$$

$$p = 1,25 \text{ t} \cdot 140 \frac{km}{h}$$

$$p = 1,25 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 38,9 \frac{m}{s}$$

$$p = 48,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \frac{m}{s}$$

Auto groß:

$$p = m \cdot v$$

$$p = 2,50 \text{ t} \cdot 70 \frac{km}{h}$$

$$p = 2,50 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot 19 \frac{m}{s}$$

$$p = 48 \cdot 10^3 \text{ kg} \frac{m}{s}$$

Berechnung v Auto mittel:

$$p = m \cdot v \quad \leftrightarrow \quad v = \frac{p}{m}$$

$$v = \frac{48 \cdot 10^3 \text{ kg} \frac{m}{s}}{1,65 \cdot 10^3 \text{ kg}}$$

$$v = 29 \frac{m}{s}$$

$$v = 104 \frac{km}{h} = 10 \cdot 10^1 \frac{km}{h}$$