

Hannes Pahlke, StRef
Staatliches Studienseminar
für das Lehramt an Gymnasien Mainz

Oppenheim, 16. Dezember 2003

Entwurf zur ersten benoteten Lehrprobe im Fach Physik

Schule: Gymnasium zu St. Katharinen Oppenheim
Klasse: Lk 11 Physik
Raum: Ph S. I
Zeit: 5. Stunde 11:30-12:15 Uhr
Fachlehrer:
Ausbildungsleiter:
Fachleiter:
Vertreterin der Seminarleitung:

Thema der Stunde: Der Impuls

Inhaltsverzeichnis

1 Lernziele	2
2 Geplanter Unterrichtsverlauf	3
3 Bemerkungen zur Lerngruppe	4
4 Didaktische Entscheidungen	5
5 Methodische Entscheidungen	7
A Einstiegsfolie mit Beschriftungen	11
B Geplantes Tafelbild	12
C Arbeitsblatt/Hausaufgaben	13

1 Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler¹ sollen...

- erkennen, dass Bewegungszustände von der Masse und der Geschwindigkeit abhängen,
- die Ableitung der Größe *Impuls* aus dem ihnen bekannten Prinzip *actio=reactio* nachvollziehen können,
- dabei den Impuls von Beginn an als Vektorgröße \vec{p} kennenlernen,
- in dieser Stunde noch nicht explizit die Impulserhaltung betrachten, wohl aber erkennen, dass im vorgestellten Experiment die Impulse beider Wagen stets entgegengesetzt gleich groß sind,
- Impulse von Körpern berechnen und vergleichen können und damit in der Größe Impuls eine sinnvolle Beschreibung für Bewegungszustände erkennen.

¹Im Folgenden nur noch „Schüler“.

2 Geplanter Unterrichtsverlauf

LS	ZEIT	INHALT
1	11:30	Einstieg/Problemstellung: Projektion zweier Zeichnungen mit dem Vergleich von je zwei bewegten Fahrzeugen. Fragen: „Wie unterscheidet sich die Bewegung des oberen Autos von der des unteren?“ „Wie unterscheidet sich hier die Bewegung des LKWs von der des Autos?“ „Wo werden diese Unterschiede wichtig?“ „Wie lassen sich die Unterschiede exakter beschreiben? Gibt es eine physikalische Größe hierfür?“ Teilweises Notieren der Antworten auf der OH-Folie
2	11:35	Einstiegsversuch: Personen auf Rolltischen/Skateboards stoßen sich gegenseitig ab. Erklärung durch Erkenntnisse der letzten Unterrichtsstunde: <i>actio = reactio</i>
3	11:40	Erarbeitung: Ableitung des Zusammenhangs $m_1v_1 = -m_2v_2$ aus dem Dritten Newtonschen Axiom (<i>actio=reactio</i>) Fragen: „Was passiert?“, „Wie schnell sind die Wagen nach dem Loslassen?“ „Actio=Reactio. – Aber sind die Kräfte und damit die Beschleunigungen konstant?“
4	11:45	Erarbeitung eines geeigneten Versuchsaufbaus: Relative Messung der Geschwindigkeiten durch vorgegebenes Streckenverhältnis $\frac{s_1}{s_2}$ bei gleichen Zeitdauern.
5	11:50	Überprüfung des gefundenen Zusammenhangs $m_1v_1 = m_2v_2$ im Demonstrationsversuch durch Variation der Massen m_1 und m_2 . Anmerkung: Bei Zeitverzug oder experimentellen Schwierigkeiten werde ich die Durchführung des Experiments auf die nächste Stunde verschieben.
6	12:00	Sicherung im Tafelanschrieb Einführung der Größe Impuls \vec{p} für das Produkt aus Masse m und Geschwindigkeit \vec{v} .
7	12:05	Bewährung: Anwendung des erlangten Wissens auf die eingangs diskutierten Bewegungen Vergleich und Diskussion der sich ergebenden Impulse für die Fahrzeuge Anmerkung: Dieser LS kann bei Zeitverzug kürzer ausfallen.
8	12:14	HA: Berechnung und Vergleich von Impulsen (AB)

3 Bemerkungen zur Lerngruppe

Den Leistungskurs Physik der Jahrgangsstufe 11 kenne ich durch Hospitation und eigenen Unterricht seit etwa einem Monat. Selbst unterrichtet habe ich ihn zweimal eine Woche. Dazwischen lag die Kursarbeit mit vorangehenden Übungsstunden und anschließender Rückgabe durch den Kursleiter.

Sowohl im eigenen wie im Unterricht des Kursleiters schien mir der Kurs bisher durchaus interessiert und motiviert zu sein, wenn auch vielleicht nicht überdurchschnittlich leistungsstark. Der letztere Eindruck wurde auch durch das Ergebnis der Kursarbeit bestätigt. Die hohe Motivation und das große Erkenntnisinteresse der Schüler dagegen durfte ich bisher schon mehrfach während meines Unterrichts positiv erfahren, wenn ich durch Rückfragen der Schüler dazu gebracht wurde, von meinem Plan abzuweichen und beispielsweise ein zusätzliches Experiment durchzuführen. Im Gegensatz zu meinen Klassen der Sekundarstufe I bin ich hier verstärkt mit dem Vorsatz der Schüler konfrontiert, die physikalischen Sachverhalte wirklich verstanden zu haben und Aufgabenstellungen auch streng mathematisch lösen zu können. Hier gilt es für mich als Lehrer vor allem, mich insbesondere fachlich gut auf die Stunden vorzubereiten. Und dennoch gelangt man schnell an den Punkt, die Schüler mit meinen Antworten auf die nächste Stunde vertrösten zu müssen. Was die in diesem Entwurf geplante Stunde betrifft, so könnten die mathematischen Umformungen bei der Herleitung der Größe Impuls aus dem Dritten Newtonschen Axiom berechnete Kritik und damit Rückfragen der Schüler nach sich ziehen.

Im Einzelnen kenne ich noch nicht alle Schüler hinreichend gut. Ein Teil der Schüler ist mit jedoch bereits aus dem angeleiteten Unterricht im Fach Geschichte des letzten Schuljahres bekannt. Dazu gehören A und B, die mir hier wie da als besonders fleißig und zuverlässig in der regelmäßigen Mitarbeit aufgefallen sind. C und D dagegen beteiligen sich eher selten und blieben mir gegenüber auch sonst eher unauffällig. Sorgen bereitet mir und dem Kursleiter gerade in den letzten Wochen E. Ich kenne ihn aus dem Geschichtsunterricht als besonders stark am Unterricht beteiligten, manchmal vielleicht etwas vorlauten Schüler. Auch hier im Physik-Leistungskurs schien er mir anfangs sehr motiviert und in der Sache kompetent zu sein. Ich war dann sehr erstaunt zu erfahren, dass er in der Klausur die schlechteste Leistung unter den Kursteilnehmern erbracht hat. In den letzten Stunden machte er mir gegenüber auch im Gespräch während Übungsphasen deutlich, dass er fachlich ganz vieles noch nicht verstanden hat. Er fühlt sich selbst im Augenblick überfordert, und die Gefahr ist natürlich hoch, dass er bald die Motivation und später ganz den Anschluss an das Unterrichtsgeschehen verliert. Ein neues Thema, wie in der hier vorgestellten Stunde, kann ihm vielleicht Gelegenheit geben, neu Anschluss zu finden. Es kann aber auch im Gegenteil dazu führen, dass er sich noch stärker überfordert fühlt, das Vertrauen in seine Fähigkeiten und somit auch die sicherlich früher vorhan-

dene Freude an Physik verliert. Prinzipiell müsste man ihm wahrscheinlich gesondert helfen. Dazu wird in dieser Stunde kaum Gelegenheit sein. Aber vielleicht kann es ihn vorerst motivieren, bei einfachen Fragen aufgerufen zu werden und antworten zu können.

Von den Schülern, die ich erst in diesem Kurs kennengelernt habe, sticht F durch seine konstant zuverlässige Mitarbeit hervor, gleiches gilt auch für G. Bei schwierigeren Fragestellungen fühlt sich zusätzlich H angesprochen, der dann auch sehr gute Beiträge liefern kann, die seine hohe mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenz widerspiegeln. Schließlich überrascht auch H immer wieder durch ihre anspruchsvollen Beiträge, die manchmal völlig unerwartet zu einem frühen Zeitpunkt den Kern des Problems der Stunde treffen.

Insgesamt gilt es festzuhalten, dass eigentlich zu jedem Thema und in jeder Situation der Stunde mit der engagierten Beteiligung der Schüler gerechnet werden kann, es sei denn, meine Fragen sind –was nun leider doch von Zeit zu Zeit passiert– allzu unverständlich formuliert.

Abschließend sei an dieser Stelle noch der Schüler I erwähnt, der schon räumlich abgedockt vom übrigen Kurs in einer hinteren Bank sitzt. Er hat unverkennbar eine Außenseiterposition inne, wobei ich nicht einzuschätzen vermag, worin diese sich begründet. Er kam bisher häufiger zu spät in die Stunde, scheint jedoch durchaus am Unterricht interessiert zu sein und hat mich in der vorletzten Stunde durch seine schnell gefundene Lösung einer anspruchsvollen Aufgabenstellung überrascht. Während der Vorstellung seines Rechenweges an der Tafel schien es mir so, als würde der übrige Kurs sich über sein vermeintlich ungeschicktes Auftreten lustig machen. Ich hoffe, mich in diesem Punkt getäuscht zu haben, jedoch werde ich I und seine Rolle im Kurs im Auge behalten, um möglichen Problemen auf die Spur zu kommen und gegebenenfalls seine Integration in die Gruppe zu verbessern.

4 Didaktische Entscheidungen

Wie einigen Lesern bekannt ist, favorisiere ich zum Thema *Impuls* eine von den üblichen Vorgehensweisen im schulischen Physikunterricht abweichende didaktische Methode, die wesentlich durch die Konzeption des *Karlsruher Physikkurses* beeinflusst ist [5]. Mir geht es dabei vor allem darum, der Größe Impuls eine Bedeutung für die Beschreibung von Bewegungen zuzumessen, die sich nicht allein in der Nützlichkeit bei der rechnerischen Behandlung von Stoßprozessen erschöpft. Dabei muss man nach meiner Auffassung nicht notwendigerweise so weit gehen, die Größe Kraft durch einen Impulsstrom zu ersetzen, wie das vorgeschlagen wird.

Dass nun ausgerechnet ich in dieser Stunde das Thema *Impuls* einführend behandeln werde, ist nicht Folge meiner Absicht oder vorausberechnenden Planung. Vielmehr hat der Kurs analog zum Lehrplan [1] in diesem Schul-

jahr bisher die Pflichtbausteine „Kinematik“ und „Dynamik“ abgehandelt, bevor dann im Wesentlichen in meinem Unterricht der Wahlpflichtbaustein „Wurfbewegungen“ behandelt wurde, ergänzt durch die Einbeziehung von Lufttreibungsphänomenen und in diesem Zusammenhang numerischen Berechnungsmethoden. Als nächster Themenbereich schließen sich jetzt logisch die Größen Energie und Impuls sowie die damit verbundenen Erhaltungssätze an.² Der Lehrplan gibt uns dann jedoch zur Frage der Abfolge von Impuls und Energie in der Behandlung zumindest keine eindeutige Vorgabe: Die Größen Energie und Impuls stehen an erster Stelle des Pflichtbausteins „Erhaltungssätze der Mechanik“ gemeinsam unter einem Spiegelstrich [1, S. 37]. Nun bin ich nicht explizit der Auffassung, dass die Größe Impuls vor der Energie behandelt werden sollte.³ Allein der Fachlehrer gab mir in Anbetracht der kurzen Zeit bis zu den Weihnachtsferien den Rat, zuerst den Impuls einzuführen und das vermeintlich umfangreichere Kapitel Energie zu verschieben.

An dieser Stelle stehe ich dann vor der Frage, wie die den Schülern auch aus der Mittelstufe vermutlich noch unbekannt große *Impuls* einzuführen ist. Die üblichen Vorgehensweisen beginnen mit der Betrachtung von Stoßprozessen, wenden darauf das Dritte und das Zweite Newtonsche Axiom an und erhalten nach einigen Umformungen die Aussage, dass die Summe der Produkte $m_i v_i$ der Stoßpartner vor dem Stoß der Summe der Produkte $m'_i v'_i$ nach dem Stoß entspricht. Als abkürzende Schreibweise wird dann gewissermaßen das Produkt $m\vec{v}$ als Impuls \vec{p} definiert [2, 3, 6]. In diesem Sinne wurde mir auch geraten zu verfahren.

Allein mir scheint durch dieses Vorgehen die Bedeutung der Größe *Impuls* zu gering geachtet und die Gefahr groß, dass den Schülern der Impuls als reine Rechengröße ohne weitere physikalische Bedeutung in Erinnerung bleibt. Denn die Bedeutung des Impulses als Größe in der Physik beschränkt sich eben nicht darauf, in Stoßprozessen als Erhaltungsgröße die Berechnung zu erleichtern. Der Impuls beschreibt als *die* Größe die Bewegung von Körpern und Teilchen. Das Zweite Newtonsche Axiom beschreibt in der genauen Formulierung die Bewegungs- und nicht die Geschwindigkeitsänderung! Und auch in der modernen Physik ist der Impuls als Größe unverzichtbar, man denke nur an die *De Broglie*-Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{p}$. Es scheint mir daher nicht sinnvoll, den Impuls in der Schulphysik auf seine Rolle bei Stoßprozessen zu marginalisieren. Daher scheinen mir eigentlich Vorgehensweisen besser geeignet, die ohne mathematische Herleitung allein aus der Anschauung heraus

²Das Thema der „Kreisbewegungen“ und die sie beschreibenden Größen an dieser Stelle vollständig vorzuziehen, wie teilweise vorgeschlagen wird, halte ich nicht für sinnvoll. Allenfalls wäre denkbar, die Kreisbewegungen jeweils integriert in die anderen Themenbereiche in Analogie zu den linearen Bewegungen zu betrachten. Vgl. wohl auch in diesem Sinne den Lehrplan [1, S. 37].

³Man beachte, dass auch der Karlsruher Physikkurs die Energie einführend an den Beginn seiner didaktischen Abfolge gestellt hat [5]!

eine die Bewegung beschreibende Größe postulieren, die von der Masse und der Geschwindigkeit des sich bewegenden Körpers abhängt und mit der Bezeichnung Impuls \vec{p} belegt wird [4, 5]. Oder man formuliert in diesem Sinne den Impuls als „das Maß für die Schwierigkeit, das Teilchen in den Ruhezustand zu überführen“ [8, S. 185].

Ich werde mich in dieser Stunde auf einen gewagten Spagat einlassen. Die Herleitung des Impulses aus dem Dritten Newtonschen Axiom *actio=reactio* hat ihre Vorteile, zumal damit durch die Schüler an bereits Gelerntes angeknüpft werden kann. Auf der anderen Seite scheint mir eine Herausstellung der Bedeutung des Impulses bereits bei der Einführung des Begriffes unabdingbar. Ich werde also vor und nach den einführenden Versuchen jeweils kurz versuchen, die Einbettung der Größe in einen weiteren Zusammenhang zu unternehmen. Als problematisch wird sich hier sicher die knappe Zeit in der Stunde und die möglicherweise unklare Verbindung zwischen „Rahmenhandlung“ und dazwischenliegender Erarbeitungsphase erweisen.

Um Zeit zu sparen, aber auch um nicht spätere Untersuchungsergebnisse vorwegzunehmen, werde ich im Gegensatz zu anderen Konzepten, die ebenfalls den Impulsbegriff aus dem Dritten Newtonschen Axiom herleitenden [3, 6], bewusst darauf verzichten, aus einer Weiterführung der Überlegungen bereits in dieser Stunde den Impulserhaltungssatz zu postulieren. Ich bin der Auffassung, dass der Impulserhaltungssatz gesondert in Versuchen durch die Schüler entdeckt werden sollte. Bei dem hier durchgeführten Versuch beginnt die Bewegung aus der Ruhe heraus, mithin ist der Anfangsimpuls gleich Null. Der Erhaltungssatz ergibt sich dann im Folgenden nur aus dem negativen Vorzeichen der Geschwindigkeit des einen Wagens, also nur aufgrund des Vektorcharakters von Impuls und Geschwindigkeit. Das ist zwar ein zulässiges Argument, jedoch wenig anschaulich für die Schüler.

Um weitere Zeit zu sparen aber auch unnötige Umwege zu vermeiden, werde ich schließlich auch auf die mögliche Einführung des Begriffs „Kraftstoß“ als zusätzliche Größe verzichten. Die Einheit „Huygens“ für den Impuls scheint mir dann unter Physikern noch zu wenig akzeptiert zu sein, als dass eine Einführung sinnvoll wäre.

5 Methodische Entscheidungen

Wie im vorangegangenen Kapitel begründet, soll der Einstieg in die Unterrichtsstunde die Schüler auf den Umstand aufmerksam machen, dass zur Beschreibung von bewegten Körpern die Geschwindigkeit als Größe alleine nicht ausreicht, sondern dass vielmehr zusätzlich die Masse Berücksichtigung finden muss. Eine Größe, die dies leistet, soll im Verlauf der Stunde erarbeitet werden. Um den Schülern die Problemstellung zu verdeutlichen, habe ich zwei Zeichnungen ausgewählt, die in der Projektion gezeigt werden sollen. Dazu werde ich jeweils Leitfragen stellen und die entscheidenden Feststel-

lungen auf der Folie notieren.⁴

Nachdem den Schülern so das Desiderat einer die Bewegung beschreibenden Größe vor Augen geführt wurde, werde ich den Kurs im nächsten Schritt zurück auf ein bekanntes, in der vergangenen Stunde zuletzt bearbeitetes Terrain führen. Je nach den Gegebenheiten⁵ sollen zwei Schüler auf Experimentiertischen Platz nehmen oder sich auf Skateboards stellen und dann einer den anderen von sich wegstoßen. Alternativ könnte man diesen Versuch auch gleich mit Gleitern auf der Luftkissenbahn durchführen, was organisatorisch einige Erleichterung brächte. Andererseits wird der Unterricht in dieser Stunde ohnehin stark lehrerzentriert, häufig im Vortrag, erfolgen, so dass ein handlungsorientierter Einschub an dieser Stelle der Motivation der Schüler entgegenkommen soll.

Der Versuch dürfte den Schülern in der ein oder anderen Form sicher bekannt und die naheliegende Erklärung in Form des Dritten Newtonschen Axioms (*actio=reactio*) sollte allen sofort geläufig sein. Ich werde die Versuchskonstellation an der Tafel skizzieren und ausgehend vom Prinzip *actio=reactio* weiter fragen, ob sich daraus eine Möglichkeit ergibt auf die Geschwindigkeit der Wagen nach dem Loslassen zu schließen. Den Hinweis auf die Grundgleichung der Mechanik $F = ma$ werde ich hinterfragen, indem ich die Konstanz der Kraft und damit der Beschleunigung in Frage stelle. Ab diesem Zeitpunkt werde ich vermutlich eine stark lenkende Funktion im Unterrichtsgespräch einnehmen, da der vorgesehene Lösungsweg nicht hinreichend offensichtlich ist. Aus der Erkenntnis, eine durchschnittlich wirkende Kraft und damit verbunden eine durchschnittliche Beschleunigung annehmen zu können, erwächst die Möglichkeit, die Beschleunigung als Geschwindigkeitsänderung pro Zeitintervall zu schreiben. Die Zeitdauer des Stoßes ist aber für beide Wagen gleich und die Geschwindigkeitsänderung vollzieht sich vom Stillstand bis zur Endgeschwindigkeit, somit verbleibt schließlich auf beiden Seiten entgegengerichtet ein Produkt aus Masse und Geschwindigkeit.

Dieser Zusammenhang soll dann im Folgenden einer experimentellen Überprüfung unterzogen werden, wozu eine Luftkissenfahrbahn mit zwei identischen Gleitern zur Verfügung steht. So schön die Idee auch sein mag, die Schüler einen Versuch selbst gedanklich erarbeiten zu lassen, so begrenzt sind jedoch die Möglichkeiten der praktischen Umsetzung, zumal in einer Lehrprobe. Denn *de facto* steht der Versuch aufgebaut bereit. Alternative

⁴Ich bin mir vollauf bewusst, mit diesem Vorgehen aller Voraussicht nach auf Widerspruch zu stoßen. Jedoch halte ich eine gesonderte Hinführung zu der Größe *Impuls* an dieser Stelle für unabdingbar, auch wenn durch diese Planung der Unterrichtsverlauf möglicherweise an Stringenz verliert.

⁵Im Saal selbst finden wahrscheinlich nur entweder die Luftkissenfahrbahn oder zwei Experimentiertische Platz. Ob Skateboards alternativ zur Verfügung stehen, die Platz sparend zwischen den Bänken eingesetzt werden könnten, ist derzeit noch unklar. Möglicherweise muss zur Versuchsdurchführung in die Physiksammlung oder auf den Gang ausgewichen werden.

Ideen zur Vorgehensweise können aus Zeitgründen in einer Einzelstunde bei dichtem Programm schlechterdings nicht nachvollzogen werden. Das ist bedauerlich und stellt für mich einmal mehr den Sinn des 45-Minuten-Rasters im naturwissenschaftlichen (Experimental!) Unterricht in Frage, ebenso wie die Angemessenheit zeitlich streng geplanter Lehrproben mit fixierten Lernzielen für diese Stunde. Auf die hier vorgestellte Stunde übertragen bedeutet dies, dass ich unbedingt eine fruchtlose Phase vermeiden möchte, in der es nur darum ginge, dass die Schüler den von mir bereitgestellten Versuchsaufbau erraten müssten. Ich werde also kurz die Vorstellungen der Schüler zur Versuchsdurchführung abfragen und gegebenenfalls hinterfragen, dann jedoch den vorbereiteten Versuch in der von mir ausgearbeiteten Form vorstellen.

In diesem Versuch stoßen sich zwei Gleiter auf der Fahrbahn voneinander ab und bewegen sich in entgegengesetzte Richtungen. Dabei sollte das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit für beide Gleiter stets betragsmäßig übereinstimmen. Um dies zu verifizieren, soll im Demonstrationsversuch mit einfachsten Mitteln gearbeitet werden: Um die Geschwindigkeiten zu vergleichen, wird bei vorgegebenem Massenverhältnis der Gleiter die Fahrstrecke entsprechend den theoretischen Überlegungen angepasst ($\frac{m_1}{m_2} = \frac{s_2}{s_1}$). Um die theoretische Herleitung zu bestätigen, sollten beide Gleiter dafür stets dieselbe Zeitdauer brauchen, also zum selben Zeitpunkt am Ende der Bahn (hörbar) anstoßen. Noch bin ich skeptisch, ob die Schüler dieses Vorgehen, das mir empfohlen wurde, für die Durchführung akzeptieren und verstehen. Die Geschwindigkeiten jeweils direkt als Zahlenwert mittels Lichtschranken zu messen und dann zu vergleichen, erfordert zwar den höheren technischen Aufwand, kann aber möglicherweise schneller nachvollzogen werden. Dazu kommt, dass sich während der praktischen Vorbereitung der Stunde gezeigt hat, dass trotz eines unsäglichen Lärm verursachenden Gebläses die Reibung auf der Luftkissenfahrbahn wohl nicht zu vernachlässigen ist oder aber dass Unebenheiten in der Bahn sich bemerkbar machen. Die Ergebnisse waren jedenfalls wenig ermutigend. Sollten sich daher durch direkte Messung der Geschwindigkeit unmittelbar nach dem Auseinanderstoßen bessere Resultate ergeben, würde ich den Aufbau gegebenenfalls noch vor der Stunde entsprechend abändern.

Davon abgesehen empfinde ich es als sehr bedauerlich, dass es sich als unmöglich erwies, einen entsprechenden Versuch in Form von Schülerübungen zu implementieren. Ich schätze Schülerversuche sehr, schon allein um die eigene Präsenz im Fokus des Unterrichtsgeschehens zu reduzieren. Stärkere Schülerbeteiligung wirkt auf Schüler wie Lehrer gleichermaßen motivierend und wäre gerade in dieser Stunde sicher eine Bereicherung gewesen, da ich in anderen Lernschritten schon stark lenkend auftreten muss. Jedoch ergaben sich mit den Gerätschaften der Schülerübungen (Fahrzeuge auf Rollen) noch

größere experimentelle Schwierigkeiten.⁶

Sollte ich während der ersten Hälfte der Stunde bis einschließlich zur Erarbeitung eines Experiments schon zu viel Zeit nach Maßgabe meiner Planungen verloren haben, oder sollten während des Experiments noch bisher unvorhergesehene Probleme auftauchen, hielt ich es für gerechtfertigt, die Versuchsdurchführung auf die nächste Doppelstunde zu verschieben. Durch das deduktive Vorgehen hätte der Versuch ohnehin nur bestätigende Funktion. Da scheint es mir wichtiger, das bisher erreichte Ergebnis zu sichern und anzuwenden.

Dieser Schritt soll im Folgenden im Tafelanschrieb unternommen werden. Das Produkt aus Masse m und Geschwindigkeit \vec{v} wird als Größe Impuls definiert. Durch das Auseinanderstoßen erhalten beide Gleiter entgegengesetzt gerichteten, aber betragsmäßig gleich großen Impuls.

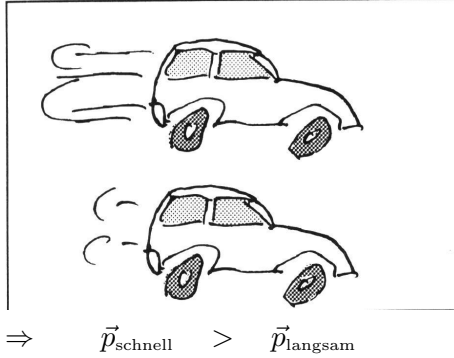
Die neu gefundene Größe *Impuls* soll sich schließlich im letzten Schritt als nützlich und sinnvoll erweisen, um die eingangs aufgeworfene Problematik der unterschiedlich bewegten Fahrzeuge zu klären. Mit dem Impuls steht eine Größe zur Verfügung, mittels der Bewegungen ihrem Betrag nach erfasst und verglichen werden können. Ebendies soll in den Hausaufgaben erfolgen, die auf einem Arbeitsblatt vorbereitet wurden, das gleichzeitig als zusätzliche Sicherung des Stundenergebnisses dient.

Literatur

- [1] Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung (Hg.): *Lehrplan Physik Oberstufe. Rheinland-Pfalz*. o.J.
- [2] Franz Bader (Hg.): *Dorn · Bader. Physik Sek II*. Gymnasium Gesamtband. Hannover 2000. [Eingeführtes Lehrbuch].
- [3] Artur Friedrich (Hg.): *Handbuch der experimentellen Schulphysik*. Bd. 2: *Mechanik der festen Körper*. Köln 1963.
- [4] Joachim Grehn (Hg.): *Metzler Physik*. Gesamtband. Hannover ²1992.
- [5] Friedrich Hermann (Hg.): *Der Karlsruher Physikkurs*. Teil 1. *Energie, Impuls, Entropie*. Köln 1998.
- [6] Rudolf Lehn: *Mechanik*. [Unterrichtscript].
<http://www.sfz-bw.de/unterricht/ph/Mechanik.pdf>.
- [7] *Oberstufe Physik*. Ausgabe B. Band 1. Berlin 1997.
- [8] Paul A. Tipler: *Physik*. Heidelberg u. a. 1992

⁶Die beladenen Fahrzeuge erreichten häufig noch nicht einmal das Ende der Fahrbahn.

A Einstiegsfolie mit Beschriftungen

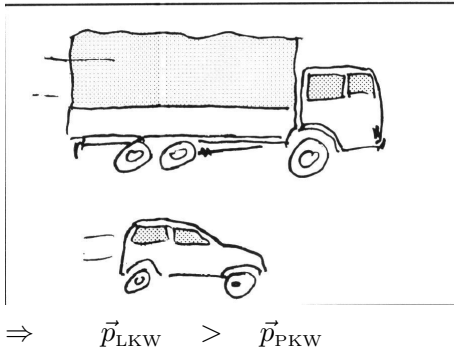


hohe Geschwindigkeit

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{schnell}} = m\vec{v}_{\text{hoch}}$$

Niedrige Geschwindigkeit

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{langsam}} = m\vec{v}_{\text{niedrig}}$$



große Masse

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{LKW}} = m_{\text{LKW}} \vec{v}$$

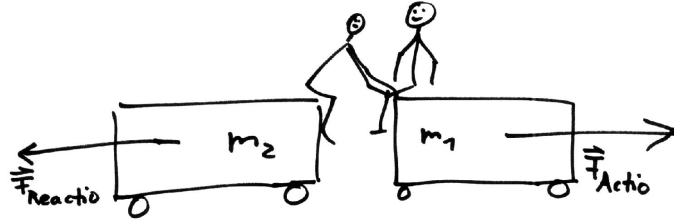
niedrige Masse

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{PKW}} = m_{\text{PKW}} \vec{v}$$

B Geplantes Tafelbild

16.12.2003

DER IMPULS



$$\vec{F}_{\text{Actio}} = -\vec{F}_{\text{Reactio}}$$

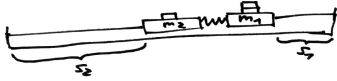
$$\vec{F}_{\text{Actio}} = m_1 \vec{a}_1 = -\vec{F}_{\text{Reactio}} = -m_2 \vec{a}_2$$

$$m_1 \frac{\Delta v_1}{\Delta t} = -m_2 \frac{\Delta v_2}{\Delta t} \quad | \cdot \text{Stoßdauer } \Delta t$$

$$m_1 \Delta v_1 = -m_2 \Delta v_2$$

Bei Start aus der Ruhe: $m_1 v_1 = -m_2 v_2$

Versuch zur Bestätigung:



Das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit eines Körpers ist der Impuls \vec{p} :

$$\vec{p} = m \vec{v} \quad [p] = 1 \text{ kg m/s}$$

Der Impuls beschreibt die Bewegungen von Körpern.

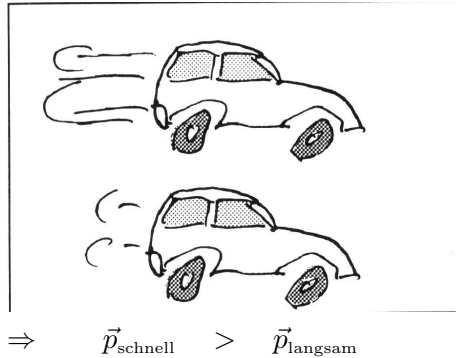
$$m_1 = m_2 \Rightarrow v_1 = -v_2 \Rightarrow \left| \frac{s_1}{s_2} \right| = 1$$

$$m_1 = 2m_2 \Rightarrow v_1 = -\frac{1}{2}v_2 \Rightarrow \left| \frac{s_1}{s_2} \right| = \frac{1}{2}$$

$$m_1 = 3m_2 \Rightarrow v_1 = -\frac{1}{3}v_2 \Rightarrow \left| \frac{s_1}{s_2} \right| = \frac{1}{3}$$

Sofern jeweils $t_1 = t_2$

C Arbeitsblatt/Hausaufgaben

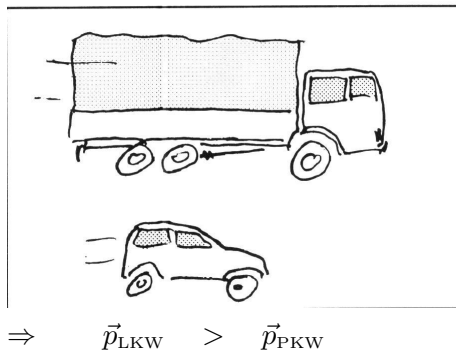


hohe Geschwindigkeit

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{schnell}} = m\vec{v}_{\text{hoch}}$$

Niedrige Geschwindigkeit

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{langsam}} = m\vec{v}_{\text{niedrig}}$$



große Masse

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{LKW}} = m_{\text{LKW}} \vec{v}$$

niedrige Masse

$$\Rightarrow \vec{p}_{\text{PKW}} = m_{\text{PKW}} \vec{v}$$

Hausaufgaben

1. Ein Lastwagen besitze beladen die Gesamtmasse 15 Tonnen und bewege sich mit 30 km/h. Ein Radfahrer habe mit Fahrrad eine Masse von 80 kg und bewege sich mit derselben Geschwindigkeit. Ein Personewagen habe die Masse 900 kg und Bewege sich mit 140 km/h. Berechne die Impulse und vergleiche!
2. Ein Elektron besitzt die Masse $9,1046 \cdot 10^{-31}$ kg. Es bewege sich mit einem Zehntel der Lichtgeschwindigkeit. Berechne seinen Impuls. Ein Proton besitzt die Masse $1,672 \cdot 10^{-27}$ kg. Es bewege sich mit derselben Geschwindigkeit. Berechne auch hier den Impuls.
3. Auf zwei Labortischen sitzen eine kräftige und eine schwächere Person. Die kräftigere Person (Masse inkl. Wagen 110 kg)stoße die Person auf dem anderen Wagen (Masse inkl. Person 80 kg) von sich weg. Der Vorgang dauere 1,5 s, die während des Stoßes durchschnittlich ausgeübte Kraft betrage 100 N. Berechne die Geschwindigkeiten nach dem Stoß. Alle Reibungskräfte werden dabei vernachlässigt!