

Die folgenden Seiten sind so in einem DPG-Tagungsband erschienen und dürfen auch unter www.thomas-wilhelm.net wiedergegeben werden.

Die exakte Quellenangabe des Artikels ist:

WILHELM, T.; WALTNER, C.; HOPF, M.; TOBIAS, V.; WIESNER, H.

Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht - quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung

NORDMEIER, V.; GRÖTZEBAUCH, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Bochum 2009, Lehmanns Media –
LOB.de, Berlin, 2009, ISBN 978-3-86541-371-0

Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht - quantitative Ergebnisse zur Verständnis- und Interessenentwicklung

Thomas Wilhelm*; Christine Waltner⁺; Martin Hopf^o;
Verena Tobias⁺; Hartmut Wiesner⁺

* Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Am Hubland, D-97074 Würzburg,

⁺ Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Theresienstr. 37, 80333 München,

^o Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik, Währinger Straße 17,
A-1090 Wien

Kurzfassung

In einer vergleichenden Untersuchung wird der Einfluss der Sachstruktur auf das Lernen der Newtonschen Mechanik in der Jahrgangsstufe 7 untersucht. Der traditionelle eindimensionale Zugang zur Mechanik wird mit einer Sachstruktur, die von zweidimensionalen Bewegungen direkt zur Dynamik überleitet, verglichen. Zentraler Aspekt ist dabei die Einführung der Geschwindigkeitsänderung als eigenständige Größe und die Verwendung der integralen Form der Newtonschen Bewegungsgleichung. Damit ist es möglich, dynamische Aspekte ohne Einführung der Beschleunigung zu diskutieren.

In einer Kontrollgruppe wurde 2008 die Mechanik in herkömmlicher Weise unterrichtet; die gleichen Lehrer unterrichten 2009 nach dem Konzept mit neuer Sachstruktur (Treatmentgruppe). Um die Lehrermaterialien und das Schülerbuch vorher auf Unterrichtstauglichkeit zu testen, hat eine Erprobungsgruppe von 14 Lehrern bereits jetzt in 19 Klassen nach dem Konzept mit neuer Sachstruktur unterrichtet. Untersucht wird jeweils die Verständnis- sowie die Interessensentwicklung der Jugendlichen.

Es werden die ersten quantitativen Testergebnisse der Erprobungsgruppe mit denen der Kontrollgruppe verglichen.

1. Ein Mechanikkonzept mit anderer Sachstruktur

Die Newtonsche Mechanik zählt nach wie vor zu einem der schwierigsten Inhaltsgebiete der Schulphysik. Empirische Studien zeigen immer wieder, dass die meisten Schüler auch nach dem Physikunterricht den newtonschen Kraftbegriff nicht verstanden haben [1]. Die Gründe für diese großen Lernschwierigkeiten in der Mechanik sind sicher zahlreich. Ein Hauptgrund besteht in den dokumentierten Schülervorstellungen zur Mechanik, die sehr stabil sind. Daneben finden sich aber Belege dafür, dass Lernschwierigkeiten auch durch die Sachstruktur des Unterrichts entstehen können.

Sinnvoll ist die Entwicklung, die Mechanik früher und qualitativer zu unterrichten. So fordert der Lehrplan für das bayerische achtjährige Gymnasium, dass bereits in der siebten Jahrgangsstufe eine erste, dynamische Einführung in die Mechanik stattfindet. Hierfür wurde im Rahmen eines „Design-Based Research“-Ansatzes [2+3] eine Sachstruktur weiterentwickelt, die bereits mehrfach untersucht wurde. Allen Vorarbeiten gemeinsam ist, dass in der Mechanik von Anfang an zweidimensionale Bewegungen betrachtet werden, die vektorielle Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ betont wird und der Kraftbegriff dynamisch eingeführt wird. Dazu liegen Konzepte

und Evaluationen für die Grundschule [4], die Sekundarstufe I [5-11] und die Sekundarstufe II [1] vor.

Lange Zeit wurde in die Mechanik eingeführt, indem man von statischen Kräften ausging und erst viel später zur Dynamik überging. Zurzeit wird dagegen meistens anhand eindimensionaler Bewegungen Geschwindigkeit und Beschleunigung eingeführt, wofür in der Regel nur sehr wenig Unterrichtszeit verwendet wird. Danach wird schnell zu den Newtonschen Gesetzen übergeleitet.

Dadurch wird unterstützt, dass viele Schüler Geschwindigkeit auf eine Betragsgröße reduzieren, die man mit Tempo bezeichnen könnte. Beim physikalischen Geschwindigkeitsbegriff handelt es sich dagegen um eine vektorielle Größe. In dem entwickelten Konzept wird schon bei der Einführung der Geschwindigkeit von zweidimensionalen Bewegungen ausgegangen, um im Unterricht den vektoriellen Charakter der Größe Geschwindigkeit von Anfang an deutlich zu machen. Die Schüler lernen, Geschwindigkeit mit einem Pfeil darzustellen. Dessen Länge gibt wie ein Tachometer das Tempo an; dessen Richtung, die Richtung, in der sich der Körper bewegt oder weiterbewegen würde, wenn er nicht daran gehindert wird. Hier erweisen sich moderne Formen der Messwertgewinnung mittels Videoanalyse als äußerst hilfreich, wenn die Software auto-

matisch die Geschwindigkeitspfeile in das Video einblenden kann [12+13].

In dem neuen Konzept wird als nächstes die „Zusatzgeschwindigkeit“ $\Delta\vec{v}$ (= „Geschwindigkeitsänderung“) als eigenständige Größe eingeführt, die angibt, wie sich die Geschwindigkeit in einem Zeitintervall Δt ändert. Die Erkenntnis, dass eine Einwirkung auf einen Körper immer eine Zusatzgeschwindigkeit bewirkt, führt unmittelbar zu einer Formulierung der Newtonsche Bewegungsgleichung in der Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$.

Die integrale Form des zweiten Newtonschen Axioms $\int \vec{F} dt = m \cdot \Delta\vec{v}$ (für konstantes m) wird also hier

in elementarisierter Form $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$ verwendet. Die differentielle Form des zweiten Newtonschen Axioms $\vec{F} = m\dot{\vec{v}}$ heißt in elementarisierter

Form $\vec{F} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$ und ist für Schüler etwas schwieriger, da sie einen Quotienten statt nur Produkte enthält.

Durch die Verwendung der Gleichung $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta\vec{v}$ ist es möglich, komplexe Bewegungen des Alltags ohne Einführung des Begriffs „Beschleunigung“ zu diskutieren.

2. Design der Studie

Im Rahmen einer Vergleichsstudie soll nun der Einfluss der Sachstruktur auf den Verständniserwerb der Newtonschen Mechanik untersucht werden und die Wirksamkeit dieser Sachstruktur mit der traditionellen Sachstruktur verglichen werden [14]. Die Einführung eines neuen Lehrplans in Bayern schafft sehr gute Voraussetzungen für das geplante Vorhaben. Um die beiden Sachstrukturen miteinander vergleichen zu können, wurde zunächst basierend auf die verschiedenen Vorarbeiten ein Lehrtext für Schüler erstellt [15]. Dabei wurde versucht, einen Schulbuch-ähnlichen Stil zu verwenden, um hier möglichst wenig Unterschiede zu traditionellem Unterricht zu erreichen. Darüber hinaus wurden Videoaufnahmen von Experimenten, passende Videoanalysen sowie ein Simulationsprogramm produziert.

Um den Einfluss verschiedener Lehrpersonen möglichst auszuschalten, unterrichtet jede an der Hauptstudie beteiligte Lehrkraft sowohl in der Kontroll- als auch in der Treatmentgruppe. Bereits von April bis Juli 2008 haben die Lehrkräfte die Kontrollklassen der siebten Jahrgangsstufe in Oberbayern (Raum München) in herkömmlicher Weise unterrichtet, ohne das neue Konzept zu kennen. Im Folgejahr 2009 unterrichten dieselben Lehrer dann zur gleichen Jahreszeit nach dem veränderten Konzept die Treatmentklassen (Zeitraum von April bis Juli 2009) (siehe Abb. 1, rot). Um die Lehrmaterialien und das Schülerbuch vorher auf Unterrichtstauglichkeit zu testen, wurde das Material von einer Gruppe aus 14 Lehrkräften von September bis Dezember 2008

in Unterfranken (Raum Würzburg) in 19 Klassen im Unterricht erprobt (siehe Abb. 21, grün).

| 2008: | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|---|------------------------|-----------------|---|----------|---|---|------------------|----|----|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | Kontrollgruppe | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Fragebögen | | | Materialienentwicklung | | | Schulung | | | Erprobungsgruppe | | | |
| 2009: | | | | | | | | | | | | |
| Schulung | | | | Treatmentgruppe | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |

Abb. 1: Zeitplan und Design der Studie

Zur Einschätzung der Vergleichbarkeit der Probanden wird eine Subskala des KFT verwendet. Um das Verständnis der newtonschen Mechanik zu erheben, wurde ein Verständnistest entwickelt. Daneben werden das fachspezifische Selbstkonzept, das allgemeine Interesse am Physikunterricht sowie die Selbstwirksamkeitserwartung erhoben. In allen Klassen werden die Verläufe von Wissen und nicht kognitiven Merkmalen im Prä-Post-Follow-Up-Design verfolgt. Darüber hinaus wird in zufällig ausgewählten Unterrichtsstunden die Einschätzung des Unterrichtsgeschehens [21] erfragt.

Ende März 2009 werden die beteiligten Lehrpersonen auf die neue Sachstruktur geschult und mit dem entwickelten Material vertraut gemacht. Die Lehrkräfte erhalten dabei die entwickelten Schülertexte sowie entsprechendes Begleitmaterial (Videofilme, Videoanalysen, Simulationsprogramm, Arbeitsblätter).

Weder für den Unterricht in der Kontrollgruppe, der Erprobungsgruppe noch für den in der Treatmentgruppe wurden den Lehrkräften Vorschriften zur Durchführung gemacht. Die Ausgestaltung der einzelnen Stunden obliegt der einzelnen Lehrperson. Zur weiteren Kontrolle des Unterrichtsgeschehens werden die Lehrpersonen aber jeweils aufgefordert, ein Unterrichtstagebuch zu führen. Durch dieses Vorgehen wird erwartet, dass die methodische Gestaltung des Unterrichts sowohl in der Kontroll- als auch in der Experimentalphase des Untersuchungszeitraums vergleichbar ist und z. B. das Ausmaß an schüleraktivierenden Unterrichtsmethoden oder die Verwendung des Experiments relativ konstant bleibt.

Begleitend zur beschriebenen quantitativen Vergleichsstudie wird darüber hinaus im Rahmen einer Promotionsarbeit die Entwicklung von Einstellungen und Wissen der Lernenden und Lehrenden qualitativ untersucht [22].

3. Vergleich von Kontroll- und Erprobungsgruppe

Kontroll- und Erprobungsgruppe wurden zwar von verschiedenen Lehrern zu verschiedenen Jahreszeiten in verschiedenen Räumen Bayerns unterrichtet, dennoch soll hier ein erster Vergleich stattfinden, der natürlich nicht die gleiche Aussagekraft hat, wie der Vergleich zwischen Kontroll- und Treatmentgruppe.

Für die hier vorgelegte Auswertung wurden nur Schüler herangezogen, die jeweils an Prä- und Post-

test teilnahmen. So liegen aus der Kontrollgruppe Datensätze von 422 Schülern aus 18 Klassen vor. Auffällig ist die geringe Variation der Sachstruktur in den vorgelegten Unterrichtstagebüchern der Lehrkräfte. Bis auf kleine Abweichungen (z. B. die Reihenfolge, in der Federkraft bzw. Schwerkraft behandelt werden) unterrichten alle beteiligten Lehrerinnen und Lehrer nach der gleichen, traditionellen Sachstruktur.

Beim letzten Themenkomplex eines Schuljahres besteht die Gefahr, dass durch unvorhergesehene Unterrichtsausfälle weniger Unterrichtsstunden als geplant zur Verfügung stehen. So erging es auch einigen Lehrern der Kontrollgruppe, so dass vor allem die Federkraft in einigen Fällen nicht mehr unterrichtet werden konnte, was aber unproblematisch ist, da diese in keinem Test abgefragt wird. Für einen Vergleich der verwendeten Unterrichtszeit wird deshalb nur der Mechanikunterricht ohne die unwichtige Federkraft (mit dem Hooke'schen Gesetz) betrachtet. Im Durchschnitt verwendeten die Lehrer der Kontrollgruppe **19,0** Unterrichtsstunden für die Einführung in die Mechanik ohne Federkraft (Standardabweichung 3,6) (mit Federkraft 20,0 Stunden). Aus der Erprobungsgruppe lagen bis zu dieser Auswertung die Posttest-Daten erst von 13 Klassen mit 331 Schülern vor. Der Follow-Up-Test wurde noch nicht gestellt. Beim ersten Themenkomplex eines Schuljahres besteht die Gefahr, dass er zu ausführlich unterrichtet wird. Laut Unterrichtstagebuch verwendeten die Lehrer im Durchschnitt **20,7** Unterrichtsstunden für die Einführung in die Mechanik ohne Federkraft (Standardabweichung 3,6) (mit Federkraft 22,2 Stunden). D.h. die Unterrichtszeit war in beiden Gruppen ähnlich.

4. Der Verständnistests

Um das Verständnis der Schüler für die Begriffe Geschwindigkeit und Kraft zu überprüfen, wurden 14 qualitative Verständnisaufgaben eingesetzt (siehe Anhang). Die Items sollten valide und reliabel sein und sie sollten so schwer zu lösen sein, dass es nicht zu Deckeneffekten kommt. 12 Items sollten so sein, dass unabhängig vom Unterrichtskonzept die Lehrer bestätigen können, dass die Aufgaben zu den Kernthemen des Unterrichts passen, sie also nach dem Unterricht lösbar sein sollten und von den Lehrern als sinnvoll akzeptiert werden. Um all dies sicher zu stellen, wurde hier auf Items zurückgegriffen, die sich bereits in anderen Studien bewährt haben (siehe Tab. 1). Dies waren Items aus der ersten Version des FCI-Tests von Hestenes et al. [16] sowie Items von Schüller et al. [11]. Zu diesen Items liegen bereits Vergleichswerte von Wilhelm [1, 17, 18], Schüller et al. [11] und Galmbacher [19] aus anderen Studien in Bayern vor.

Zwei Items (Nr. 5 und Nr. 9) wurden passend zur neuen Sachstruktur gewählt, so dass hier die Schüler, die nach dem neuen Konzept unterrichtet wurden, bessere Ergebnisse erzielen müssten. Item 6

entstammt Jung et al. [4] und Item 5 ist angelehnt an Flores et al. [20], wobei nur „Geschwindigkeitsänderung“ gegen „Zusatzgeschwindigkeit“ ausgetauscht wurde.

Es wurde darauf verzichtet, noch weitere Items zu verwenden, um die Gesamtlänge des Messinstruments in vertretbarem Rahmen zu halten.

| Item | Situation Thema | Quelle, Autor | bisheriger Einsatz in Bayern |
|------------|---------------------------|-------------------------|--|
| 1. | Schleuderball, Newton1 | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A4 [1] Schüller Nr. 4 [11] Galmbacher 3.8 [19] |
| 2. | Stroboskop, v | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A20 [1] Galmbacher 1.9 [19] |
| 3. | Autos, F | Schüller | Schüller Nr. 3 [11] |
| 4. | Zusammenstoß, Newton3 | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A2 [1] Galmbacher 1.4 [19] |
| 5. | Mond, $\Delta \vec{v}$ | Flores [20] | Wilhelm Nr. 6 [18] Schüller Nr. 6 [11] |
| 6. | Wagen, F | Jung [4] | Galmbacher 2.5 [19+11] Schüller Nr. 2 [11] |
| 7. | Kick, Superposit. | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A6 [1] |
| 8. | Kick2, Superpos | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A7 [1] |
| 9. | Tempo vs. \vec{v} | Schüller [11] | Schüller Nr. 1 [11] |
| 10. abc | Fußball, F | Schüller [11] | Schüller Nr. 14 [11] |
| 11. | Schieben Newton3 | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A13 [1] |
| 12. | Wurf, F | FCI 1, Hestenes [16] | Wilhelm A5 [1] |

Tab. 1: Literaturangaben zu den Items des Verständnistests

In der Regel müssen die Schüler eine mögliche Antwort auswählen, wobei auch nur eine richtig ist. Nur bei Item 6 sollen alle richtigen Antworten gewählt werden, was alle drei waren. Beim Item 9 soll entgegen dem Original nur eine Antwort ausgewählt werden, obwohl es zwei richtige gibt.

5. Ergebnisse beim Verständnistest in Kontroll- und Erprobungsgruppe

Im Folgenden wird zwischen den 12 Kernaufgaben unterschieden, die den Kerninhalt jedes Mechanikunterrichts betreffen, und den beiden Items (Nr. 5 und 9), die spezielle zusätzliche Inhalte der neuen Sachstruktur abprüfen.

5.1 Kernaufgaben

Bei den 12 Kernaufgaben sind die oberbayerischen Kontrollklassen im Prätest etwas besser als die unterfränkischen Erprobungsklassen, was aber nicht signifikant ist (auf 5%-Niveau). Beim Posttest, beim

| Item | Kontrollgruppe 18 Klassen, 422 Schüler | | | | Erprobungsgruppe 13 Klassen, 331 Schüler | | | |
|------|---|----------|----------|-------------------|---|----------|----------|-------------------|
| | Vortest | Nachtest | Zugewinn | relativ. Zugewinn | Vortest | Nachtest | Zugewinn | relativ. Zugewinn |
| 1 | 37 % | 56 % | 20 % | 31 % | 31 % | 52 % | 21 % | 30 % |
| 2 | 20 % | 21 % | 1 % | 1 % | 16 % | 24 % | 8 % | 10 % |
| 3 | 51 % | 59 % | 8 % | 17 % | 43 % | 54 % | 11 % | 19 % |
| 4 | 8 % | 26 % | 18 % | 19 % | 8 % | 26 % | 18 % | 19 % |
| 6 | 1 % | 3 % | 2 % | 2 % | 1 % | 3 % | 2 % | 2 % |
| 7 | 37 % | 40 % | 4 % | 6 % | 36 % | 83 % | 47 % | 74 % |
| 8 | 19 % | 21 % | 2 % | 2 % | 18 % | 28 % | 10 % | 12 % |
| 10a | 1 % | 8 % | 7 % | 7 % | 1 % | 23 % | 22 % | 22 % |
| 10b | 6 % | 21 % | 15 % | 16 % | 12 % | 53 % | 41 % | 46 % |
| 10c | 2 % | 6 % | 4 % | 4 % | 4 % | 25 % | 21 % | 22 % |
| 11 | 10 % | 24 % | 14 % | 16 % | 7 % | 20 % | 13 % | 14 % |
| 12 | 6 % | 6 % | 0 % | 0 % | 3 % | 5 % | 1 % | 1 % |
| Ø 1 | 16 % | 24 % * | 8 % * | 9 % * | 15 % | 33 % * | 18 % * | 21 % * |
| 5 | 8 % | 6 % | -2 % | -2 % | 5 % | 11 % | 7 % | 7 % |
| 9 | 15 % | 12 % | -3 % | -4 % | 12 % | 61 % | 49 % | 56 % |
| Ø 2 | 12 % | 9 % * | -3 % * | -3 % * | 8 % | 36 % * | 28 % * | 30 % * |

Tab. 2: Anteile richtiger Antworten beim Verständnistest in Kontrollgruppe und Erprobungsgruppe
(*: signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen auf 0,1%-Niveau)

Zugewinn und beim relativen Zugewinn (bezogen auf den möglichen Zugewinn) sind dann aber umgekehrt die Erprobungsklassen signifikant besser (auf 0,1%-Niveau) (siehe Tab. 2). Beim Posttest ergibt das eine Effektstärke von 0,58, beim Zugewinn von 0,63 und beim relativen Zugewinn von 0,61. Das bedeutet, dass die Erprobungsgruppe mehr fachliches Verständnis erreichte.

Dieser Unterschied ist aber nicht bei allen Items gleich. Bei den Items 1, 3, 4, 6, 11 und 12 ist die Erprobungsgruppe nur geringfügig besser. Dies betrifft z.B. die Trägheitsbewegung, die Bedeutung der Masse bei einer beschleunigenden Kraft, das dritte Newtonsche Axiom oder den senkrechten Wurf nach oben. Bei den Items 2, 7, 8, 10a, 10b, 10c gibt es dagegen sehr große Unterschiede. Hier geht es um die Geschwindigkeit als Ortsänderung (2), die Superposition von Geschwindigkeiten (7+8) und die Richtung von Kräften, die für eine Bewegungsänderung nötig sind (10 a, b, c).

Bei Item 7 ist der Anteil richtiger Antworten in der Erprobungsgruppe (83 %) nicht nur viel größer als in der Kontrollgruppe (40 %), sondern auch deutlich größer als bei herkömmlich unterrichteten Elftklässlern (33 %) [1].

Bei den letzten Aufgaben (10 a, b, c) waren viele Schüler nicht in der Lage, eine Kraftrichtung anzugeben. Ansonsten wurde neben der richtigen Kraftrichtung vor allem eine Kraft in Bewegungsrichtung angegeben, so dass man annehmen kann,

dass an die Kraft gedacht wurde, die ein Körper besitzt, die man auch Wucht, Schwung oder innere Kraft nennen könnte (aristotelische Vorstellung) (siehe Tab. 3). Diese Fehlvorstellung kam im Posttest in der Erprobungsgruppe seltener vor als in der Kontrollgruppe, während die richtige Antwort in der Erprobungsgruppe zwei- bis viermal so häufig wie in der Kontrollgruppe genannt wurde (siehe Tab. 3).

| Items | Posttest | | Kraft in Bewegungsrichtung | |
|-----------------------|----------|------|----------------------------|------|
| | richtig | | KGr. | EGr. |
| | KGr. | EGr. | KGr. | EGr. |
| 10a langsamerwerdend | 8 % | 23 % | 5,7% | 2 % |
| 10b schnellerwerdend | 21 % | 53 % | - | - |
| 10c Richtungsänderung | 6 % | 25 % | 29 % | 23 % |

Tab. 3: Posttestergebnisse bei den Items 10 a, b, c

Vergleicht man diese Posttestwerte mit denen des Prätests (siehe Tab. 4), stellt man fest, dass sich bei der langsamerwerdenden Fußballbewegung im Item 10a in der Erprobungsgruppe auch die Anzahl der aristotelischen Antworten im Gegensatz zur Kontrollgruppe abnahm. Bei der Fußballbewegung mit Richtungsänderung im Item 10c nehmen bei herkömmlichen Unterricht die aristotelischen Antworten sogar zu.

| Items \ Prättest | richtig | | Kraft in Bewegungsrichtung | |
|-----------------------|---------|------|----------------------------|------|
| | KGr. | EGr. | KGr. | EGr. |
| 10a langsamerwerdend | 1 % | 1 % | 5,5% | 8 % |
| 10b schnellerwerdend | 6 % | 12 % | - | - |
| 10c Richtungsänderung | 2 % | 4 % | 15 % | 22 % |

Tab. 4: Prättestergebnisse bei den Items 10 a, b, c

5.2 Konzeptbezogene Aufgaben

Bei den zwei Aufgaben, die Begriffe des neuen Konzeptes verwenden (Tempo, Zusatzgeschwindigkeit), sind die oberbayerischen Kontrollklassen im Prättest signifikant besser (auf 5%-Niveau). Interessanterweise verschlechtern sie sich hier aber durch den Unterricht (nicht signifikant, 5%-Niveau), während sich die Schüler der Erprobungsgruppe sehr stark verbessern (signifikant auf 0,1%-Niveau), so dass sie beim Posttest signifikant besser sind (auf 0,1%-Niveau) mit einer sehr großen Effektstärke von 1,07. Das ergibt auch beim Zugewinn und beim relativen Zugewinn sehr große signifikante Unterschiede (auf 0,1%-Niveau). Die Effektstärke beim Zugewinn beträgt 0,93.

Im Item 9 geht es um die Unterscheidung zwischen den Begriffen „Tempo“ (=Geschwindigkeitsbetrag) und „Geschwindigkeit“. Vor dem Unterricht gibt es hier kaum Unterschiede zwischen den beiden Gruppen: für zwei Drittel der Schüler sind Tempo und Geschwindigkeit das Gleiche. Der herkömmliche Unterricht in der Kontrollgruppe führt bei diesem Item nicht zu einer Veränderung in der Beantwortung. In der Erprobungsgruppe kommt es dagegen zu starken Veränderungen und nur noch 7 % der Schüler halten Tempo und Geschwindigkeit für das Gleiche (siehe Tab. 5). Wir schließen daraus, dass die Unterscheidung zwischen den Begriffen „Tempo“ und „Geschwindigkeit“ leicht zu verstehen ist.

| Antworten \ Gruppe | Kontrollgruppe | Erprobungsgruppe |
|--|----------------|------------------|
| 2 Körper möglich mit: \vec{v} gleich, $ \vec{v} $ verschieden | 17 % | 19 % |
| Tempo $ \vec{v} $ = Geschwindigkeit \vec{v} | 64 % | 7 % |
| 2 Körper möglich mit: $ \vec{v} $ gleich, \vec{v} verschieden | 10 % | 34 % |
| Wenn \vec{v} gleich, dann auch Richtung gleich. | 2 % | 27 % |

Tab. 5: Ergebnisse des Posttests bei Item 9 zu Tempo $|\vec{v}|$ und Geschwindigkeit \vec{v}

6. Ergebnisse zu nicht-kognitiven Merkmalen in Erprobungs- und Kontrollgruppe

Außer dem fachlichen Verständnis wurden auch nicht-kognitive Merkmale der Schüler erhoben. Der

Test, der als Prä-, Post- und Follow-Up-Test eingesetzt wurde, enthielt eine Skala aus acht Items (Nr. 1, 3, 5, 6, 9, 10, 12, 13) zum situationsunabhängigen fachspezifischen Selbstkonzept nach Helmke [23] sowie eine Skala zum allgemeinen Interesse am Physikunterricht mit Items aus PISA 2000 (Nr. 2 und 7) [24] und eigenen Items (Nr. 4, 8, 11) (siehe Anhang).

Darüber hinaus wurde die Selbstwirksamkeitserwartung der Probanden mit einem in Analogie zur in PISA 2003 [25] verwendeten Skala erhoben (siehe Anhang). Die Schüler sollten angeben, wie sicher sie glauben, bestimmte Aufgaben im Physikunterricht lösen zu können. Dabei findet sich auch ein Item zum Ablesen von Zeit-Orts-Diagrammen, was nur im herkömmlichen Unterricht der Kontrollklassen unterrichtet wurde.

Für eine Faktorenanalyse liefert der Scree-Test von Catell zwei Faktoren, die genau den beiden Subskalen „Fachspezifisches Selbstkonzept/Interesse“ und „Selbstwirksamkeitserwartung“ entsprechen.

6.1 Selbstkonzept und Interesse

Da der Prättest in der Erprobungsgruppe (im Gegensatz zur Kontrollgruppe) bereits in der ersten Physikstunde im Leben der Schüler gestellt wurde, war diese Erhebung des fachspezifischen Selbstkonzepts sehr problematisch, da die Schüler das Schulfach Physik noch nicht kannten. So hat fast ein Drittel der Schüler der Erprobungsgruppe nicht alle Items beantwortet. Deshalb werden hier nur die Posttestwerte verglichen.

Für die Items wurde eine fünfstufige Likert-Skala verwendet und die dann z.T. so umskaliert, dass 1 einem geringen und 5 einem hohen Selbstkonzept/Interesse entspricht. Da die Antworten der einzelnen Items hoch korrelieren, ergibt sich für die 13 Items eine hohe Reliabilität mit einem Cronbachs Alpha von 0,91. Als Maß für einen ersten Vergleich wurde dann der Durchschnitt der 13 Items verwendet. Im Posttest findet sich in der Erprobungsgruppe ein etwas besseres Ergebnis beim fachspezifischen Selbstkonzept und Interesse (siehe Tab. 6). Der Unterschied ist allerdings nicht signifikant (5%-Niveau).

Interessanter sind die zwei Subskalen. Die acht Items zum situationsunabhängigen fachspezifischen Selbstkonzept nach Helmke [23] haben eine Reliabilität von 0,91, es gibt aber keinen signifikanten Unterschied zwischen Kontrollgruppe und Erprobungsgruppe (siehe Tab. 6). Die fünf Items zum allgemeinen Interesse am Physikunterricht mit Items aus PISA 2000 [24] haben eine Reliabilität von 0,76 und einen signifikanten Unterschied zwischen Kontrollgruppe und Erprobungsgruppe (1%-Niveau) mit einer Effektstärke von 0,23. Man könnte also vermuten, dass das größere fachliche Verständnis in der Erprobungsgruppe auch zu mehr Interesse am Physikunterricht führt.

| Skala | Selbst-konzept | Inter-esse | gesamt |
|-------------------------------------|----------------|--------------|--------|
| Anzahl Items | 8 | 5 | 13 |
| Reliabilität | 0,91 | 0,76 | 0,91 |
| Kontrollgruppe N=422 | 3,40 | 2,88* | 3,20 |
| Erprobungs- gruppe N=331 | 3,42 | 3,08* | 3,29 |

Tab. 6: Erreichte Durchschnittswerte beim Posttest (*: Signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen auf 1%-Niveau)

6.2 Selbstwirksamkeitserwartung

Für die Items zur Selbstwirksamkeitserwartung wurde eine vierstufige Likert-Skala verwendet und die dann so umskaliert, dass 1 einer geringen und 4 einer hohen Erwartung entspricht. Da die Antworten der einzelnen Items hoch korrelieren, ergibt sich für die sechs Items eine hohe Reliabilität mit einem Cronbachs Alpha von 0,70 im Prätest und 0,68 im Posttest. Als Maß für die Selbstwirksamkeitserwartung wurde dann der Durchschnitt der sechs Items verwendet.

Sowohl in der Kontroll- als auch in der Erprobungsgruppe gibt es signifikante Veränderungen von Prä- zu Posttest (0,1%-Niveau). Außerdem zeigt die Erprobungsgruppe sowohl im Prätest als auch im Posttest ein etwas besseres Ergebnis (siehe Tab. 7). Der Unterschied ist im Prätest nicht signifikant, allerdings im Posttest signifikant (5%-Niveau). Die Effektstärke liegt im Posttest bei 0,24. Das kann man so interpretieren, dass die Schüler der Erprobungsgruppe sich bei mechanischen Aufgaben mehr zutrauen.

| Gruppe | | Zeitpunkt | |
|--------------------------------|------------|---------------|-----------------|
| | | Prätest | Posttest |
| Kontrollgruppe N=422 | Gültiges N | 406 | 409 |
| | Mittelwert | 2,34 ° | 2,79 * ° |
| Erprobungs- gruppe N=331 | Gültiges N | 297 | 321 |
| | Mittelwert | 2,41 ° | 2,92 * ° |

Tab. 7: Erreichte Durchschnittswerte beim Test zur Selbstwirksamkeitserwartung (*: Signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen auf 5%-Niveau) (°: Signifikanter Unterschied zwischen Prä- und Posttest auf 0,1%-Niveau)

Nun ist aber zu bedenken, dass recht unterschiedliche Aufgaben formuliert wurden. Beim Prätest gibt es bis auf ein Item keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, aber beim Posttest gibt es bis auf ein Item signifikante Unterschiede (0,5%-Niveau) (siehe Tab. 8). Die Schüler der Kontrollgruppe trauen sich beim Rechnen und beim Dia-

gramm Lesen mehr zu, was in diesem Unterricht sicher mehr behandelt wurde. Die Schüler der Erprobungsgruppe trauen sich dagegen beim Erklären, Kräfte Zeichnen und Bewegungen Vorhersagen mehr zu, was aus didaktischer Sicht als wichtiger zu betrachten ist.

| Item | Kontroll- gruppe | Erprobungs- gruppe |
|---|---------------------|-----------------------|
| Fallgeschwindigkeit ausrechnen | 2,52 | 2,48 |
| Durchschnitts- geschwindigkeit berechnen | 3,06 * | 2,83 * |
| Zeit-Orts- Diagramm lesen | 3,04 * | 2,81 * |
| Satellitenbewegung erklären | 2,76 * | 2,98 * |
| Kraft auf Fußball einzeichnen | 2,76 * | 3,22 * |
| Bewegung vorhersagen | 2,58 * | 3,21 * |

Tab. 8: Erreichte Durchschnittswerte bei einzelnen Items des Tests zur Selbstwirksamkeitserwartung (*: Signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen auf 0,5%-Niveau)

6.3 Situatives Unterrichtserleben

Außerdem wurde in zufällig ausgewählten Unterrichtsstunden die Einschätzung des Unterrichtsgeschehens mit neun Items erfragt. Dazu wurden sieben Items aus einem Fragebogen zum situativen Unterrichtserleben verwendet, der in der Arbeitsgruppe von Philipp Mayring an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg entwickelt wurde [21]. Es handelt sich dabei um drei Items zum situativen Interesse und vier Items zum situativen Wohlbefinden [21, S. 143, Tab. 1]. Diese Faktoren „situatives Interesse“ und „situatives Wohlbefinden“ können auch zu einem Konstrukt „positives situatives Unterrichtserleben“ zusammengefasst werden. Ergänzt wurden noch zwei eigene Items zur Verständlichkeit des erlebten Unterrichts. Leider konnten diese Tests noch nicht ausgewertet werden.

7. Fazit und Ausblick

Die Schüler der Erprobungsgruppe zeigen im Posttest signifikant mehr fachliches Verständnis, signifikant mehr Interesse am Fach Physik und eine signifikant höhere Selbstwirksamkeitserwartung. Aber es werden zwei Gruppen verglichen, in denen verschiedene Lehrer an verschiedenen Orten zu unterschiedlichen Jahreszeiten die Mechanik unterrichtet haben.

Besonders interessant ist deshalb der noch ausstehende Vergleich der Kontrollgruppe mit der Treatmentgruppe. Von Interesse sind auch die geplante Analyse des situativen Unterrichtserlebens und die Abhängigkeit der Ergebnisse von den Werten des Intelligenztests. Auch Zusammenhänge zwischen

den Ergebnissen der einzelnen Tests können interessant sein.

8. Literatur

- [1] WILHELM, T. (2005): Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung, Studien zum Physik- und Chemielernen, Band 46, Logos-Verlag, Berlin, ISBN 3-8325-1046-X
- [2] HOPF, M.; WIESNER, H. (2007). Paradigmen für physikdidaktische Forschung - ein Rück- und Ausblick: Physikdidaktik und Design-Based Research. In: Kolling, S. (Hrsg.), Beiträge zur Experimentalphysik, Didaktik und computergestützten Physik. Logos-Verlag, Berlin, S. 37-58
- [3] HOPF, M.; WIESNER, H. (2008): Design-Based Research – In: Höttecke, D. (Hrsg.): Kompetenzen, Kompetenzmodelle, Kompetenzentwicklung, Jahrestagung der GDCP in Essen 2007, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 28, Lit-Verlag, Münster, S. 68 – 70
- [4] JUNG, W.; REUL, H.; SCHWEDES, H. (1977): Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3 – 6, Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik, Diesterweg, Frankfurt am Main
- [5] SPILL, L.; WIESNER, H. (1988): Zur Einführung des dynamischen Kraftbegriffs in der Sekundarstufe I. Bericht über Unterrichtsversuche - In: Kuhn, W. (Hrsg.): Didaktik der Physik, Vorträge Physikertagung 1988 Gießen (Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), Fachausschuß Didaktik der Physik), S. 412 – 417
- [6] WIESNER, H. (1994): Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik. Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Forschungen – In: Physik in der Schule 32, Nr. 4, S. 122 – 127
- [7] WODZINSKI, R.; WIESNER, H. (1994): Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Beschreibung von Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen – In: Physik in der Schule 32, Nr. 5, S. 164 - 169
- [8] WODZINSKI, R.; WIESNER, H. (1994): Einführung in die Mechanik über die Dynamik. Zusatzbewegung und Newtonsche Bewegungsgleichung – In: Physik in der Schule 32, Nr. 6, S. 202 – 207
- [9] WODZINSKI, R. (1996): Untersuchungen von Lernprozessen beim Lernen Newtonscher Dynamik im Anfangsunterricht, Lit Verlag, Münster
- [10] HOPF, M.; SEN, A. I.; WALTNER, C.; WIESNER, H. (2008): Dynamischer Zugang zur Mechanik – In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin
- [11] SCHÜLLER, F.; WILHELM, T. (2008): Mechanik in Jahrgangsstufe 7 - Zweidimensional und multimedial – In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media, Berlin, ISBN 978-3-86541-317-8
- [12] MICHEL, C.; WILHELM, T. (2008): Lehrvideos mit dynamisch ikonischen Repräsentationen zu zweidimensionalen Bewegungen – In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media, Berlin
- [13] WILHELM, T. (2008): Mechanik - Zweidimensional und multicodal – In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media, Berlin, 2008, ISBN 978-3-86541-317-8
- [14] HOPF, M.; WALTNER, C.; WILHELM, T.; WIESNER, H. (2009): Konzeption einer Vergleichsstudie zur Mechanik in Jahrgangsstufe 7 - In: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP in Schwäbisch Gmünd 2008, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29, Lit-Verlag
- [15] HOPF, M.; WALTNER, C.; WILHELM, T.; WIESNER, H. (2008): Einführung in die Mechanik, München, Würzburg, unveröffentlicht
- [16] HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. (1992): Force Concept Inventory – In: The physics teacher 30, S. 141 – 158
- [17] WILHELM, T. (2005): Verständnis der newtonschen Mechanik bei bayerischen Elftklässlern - Ergebnisse beim Test „Force Concept Inventory“ in herkömmlichen Klassen und im Würzburger Kinematik-/Dynamikunterricht – In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule PhyDid 2/4, 2005, www.phydid.de, S. 47 – 56
- [18] WILHELM, T. (2007): Vektorverständnis und vektoriell Kinematikverständnis von Studienanfängern – In: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Regensburg 2007, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin, 2007, ISBN 978-3-86541-255-3
- [19] GALMBACHER, M. (2008): Lernen mit dynamisch-ikonischen Repräsentationen aufgezeigt an Inhalten zur Mechanik, Dissertation, Universität Würzburg, <http://www.opus-bayern.de/univuerzburg/volltexte/2008/2927>, 2008
- [20] FLORES, S.; KANIM, S.; KAUTZ, C. (2004): Student use of vectors in introductory mechanics - In: American Journal of Physics 72, Nr. 4, S. 460 – 468
- [21] LAUKENMANN, M.; BLEICHER, M.; FUSS, S.; GLÄSER-ZIKUDA, M.; MAYRING, P.; RHÖNECK, C. (2000): Eine Untersuchung zum Einfluss emotionaler Faktoren auf das Lernen im Physikunterricht. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 6, S. 139–155

- [22] TOBIAS, V.; HOPF, M., WALTNER, C., WILHELM, T., WIESNER, H. (2009): Der Einfluss der Sachstruktur im Mechanikunterricht - qualitative Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften und SchülerInnen - In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.), Didaktik der Physik – Bochum 2009, Lehmanns Media, Berlin
- [23] HELMKE, A. (1992): Determinanten der Schulleistung: Forschungsstand und Forschungsdefizit – In: Nold, G. (Hrsg.), Lernbedingungen und Lernstrategien, Tübingen, Narr, S. 23-34
- [24] KUNTER, M.; SCHÜMER, G.; ARTELT, C.; BAUMERT, J.; KLIEME, E.; NEUBRAND, M.; PRENZEL, M.; SCHIEFELE, U.; SCHNEIDER, W.; STANAT, P.; TILLMANN, K.-J.; WEIB, M. (2002): Pisa 2000 - Dokumentation der Erhebungsinstrumente, MPI für Bildungsforschung, Berlin, ISBN 3-87985-086-0
- [25] RAMM, G.; PRENZEL, M.; BAUMERT, J.; BLUM, W.; LEHMANN, R.; LEUTNER, D.; NEUBRAND, M.; PEKRUN, R.; ROLFF, H.-G.; ROST, J.; SCHIEFELE U. (HRSG.) (2006): PISA 2003 Dokumentation der Erhebungsinstrumente, Waxmann, Münster / New York / München / Berlin, ISBN-10: 3-83091-606-X

9. Adressen

AR Dr. Thomas Wilhelm, Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Physikalisches Institut der Universität Würzburg, Am Hubland, D-97074 Würzburg, Tel. 0931/31-85788,

wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de
www.physik.uni-wuerzburg.de/~wilhelm

Dr. Christine Waltner, Verena Tobias, Prof. Dr. Dr. Hartmut Wiesner, Lehrstuhl für Didaktik der Physik, Universität München, Theresienstr. 37, D-80333 München, Tel. 089/2180-2020

christine.waltner@physik.uni-muenchen.de
verena.tobias@physik.uni-muenchen.de
hartmut.wiesner@physik.uni-muenchen.de
<http://www.physik.uni-muenchen.de/didaktik>

Prof. Dr. Martin Hopf, Universität Wien, Österreichisches Kompetenzzentrum für Didaktik der Physik Währinger Straße 17, A-1090 Wien, Tel: 0043-1/4277-71110

martin.hopf@univie.ac.at
<http://aeccp.univie.ac.at/>

10. Anhang

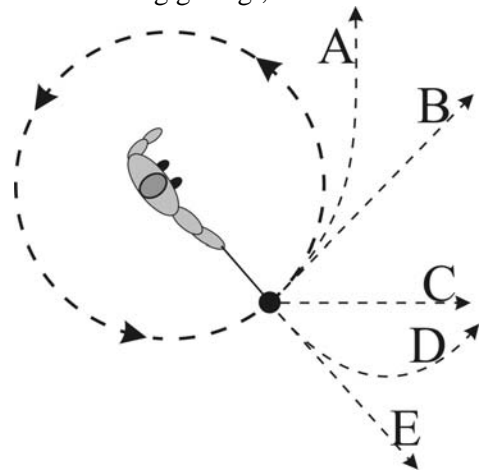
Im Folgenden findet man den verwendeten Test (Quellen siehe oben im Text).

| | | |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Trage hier bitte nur die Anfangsbuchstaben deines Vor- und Nachnamens ein. (z.B. Lisa Musterfrau = L M) | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| | Vorname | Nachname |
| Trage hier bitte nur deinen Geburtstag ein (z.B. 30 , wenn du am 30.12.1996 Geburtstag hast). | <input type="text"/> | |
| | Geburtstag | |
| Kreuze bitte an, welches Geschlecht du hast (weiblich = w / männlich = m). | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Weiblich | Männlich |

| | Denke an das Fach Physik im Allgemeinen... | trifft gar nicht zu | trifft kaum zu | teils-teils | trifft etwas zu | trifft völlig zu |
|-----|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. | Ich traue mir im Fach Physik viel zu. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2. | Mir macht Physikunterricht Spaß. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3. | Das Fach Physik fällt mir nicht schwer. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4. | Es gibt viele Themen im Physikunterricht, die mir egal sind. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5. | Ich denke, dass ich im Fach Physik immer alles schaffen werde. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6. | Das Fach Physik liegt mir nicht. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 7. | Ich lerne in Physik etwas, das für mich sehr wichtig ist. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 8. | Physik ist für mich das wichtigste Fach. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 9. | Für das Fach Physik habe ich einfach keine Begabung. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 10. | Das Fach Physik werde ich nie richtig verstehen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 11. | Physikunterricht finde ich sehr interessant. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 12. | Ich glaube, dass ich das Fach Physik nie durchschauen werde. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 13. | Das Fach Physik kann ich einfach nicht verstehen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

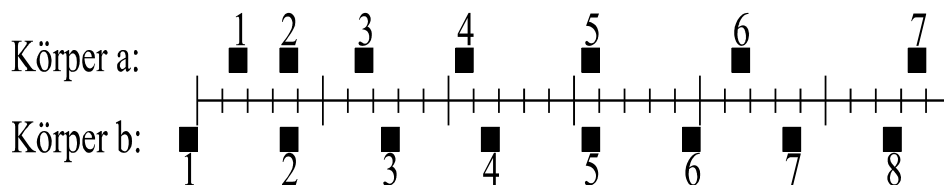
| | Wie sicher glaubst du, folgende Aufgaben im Physikunterricht lösen zu können? | Sehr sicher | Sicher | Nicht sehr sicher | Gar nicht sicher |
|----|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. | Erklären, weshalb Satelliten um die Erde kreisen und nicht ins Weltall wegfliegen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 2. | Ausrechnen, mit welcher Geschwindigkeit ein Turmspringer ins Wasser eintaucht. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 3. | Die Kraft auf einen Fußball einzeichnen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 4. | Die Durchschnittsgeschwindigkeit beim Radfahren berechnen. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 5. | Aus einem Zeit-Orts-Diagramm ablesen, wo sich ein Gegenstand gerade befindet. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| 6. | Vorhersagen, wie ein Kick die Bewegung eines Fußballs beeinflusst. | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

1. Ein schwerer Ball ist am Faden befestigt und wird, wie in der Abbildung gezeigt, im Kreis horizontal herum geschwungen. An dem gekennzeichneten Punkt reißt plötzlich der Faden. Der Vorgang wird von oben betrachtet: Welchen Weg nimmt der Ball, nachdem der Faden gerissen ist?



- A
- B
- C
- D
- E

2. Die Abbildung zeigt die Positionen zweier Körper im zeitlichen Abstand von jeweils 0,2s. Die Körper bewegen sich nach rechts.



Haben die beiden Körper irgendwann einmal die gleiche Geschwindigkeit?

- Nein
- Ja, zum Zeitpunkt 2
- Ja, zum Zeitpunkt 5
- JA, zu den Zeitpunkten 2 und 5
- Ja, irgendwann im Zeitintervall von 3 und 4

3. Ein leichter Smart und ein schwerer Ferrari beschleunigen beide aus der Ruhe auf 100 km/h und brauchen dazu beide genau 6,5 Sekunden, haben also die gleiche durchschnittliche Beschleunigung.

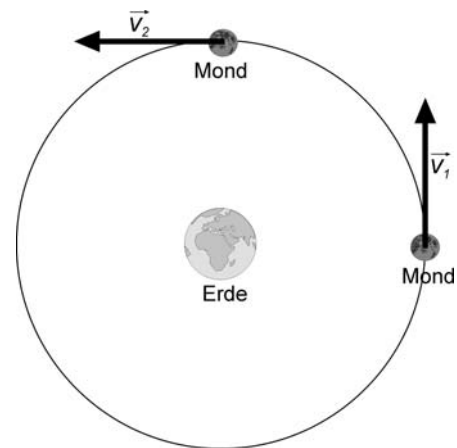
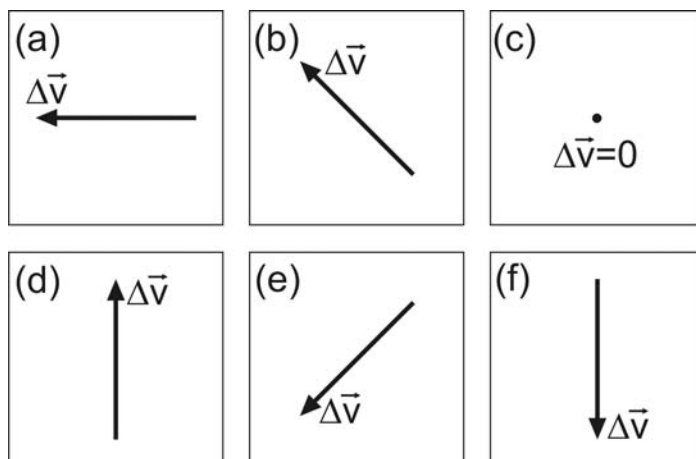
Auf welches Auto wirkt dabei eine größere Kraft?

- Auf den Smart
- Auf den Ferrari
- Auf beide wirkt die gleiche Kraft, da sie die gleiche Beschleunigung haben



4. Stelle dir einen Frontalzusammenstoß zwischen einem Lastwagen (LKW) und einem Kleinwagen (PKW) vor. Für den Zeitraum des Zusammenpralls gilt:
- Der LKW übt eine größere Kraft auf den PKW aus als der PKW auf den LKW.
 - Der PKW übt eine größere Kraft auf den LKW aus als der LKW auf den PKW.
 - Die beiden Fahrzeuge üben keine Kräfte aufeinander aus. Der PKW wird einfach deshalb zerdrückt, weil er dem LKW im Wege ist.
 - Der LKW übt eine Kraft auf den PKW aus, aber der PKW übt keine Kraft auf den LKW aus.
 - Der LKW übt die gleiche Kraft auf den PKW aus wie der PKW auf den LKW.

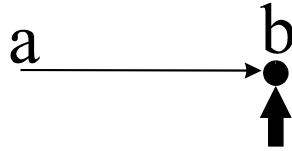
5. Der Mond
Die Zeichnung rechts zeigt den Ort des Mondes zu zwei Zeitpunkten, die ungefähr sieben Tage auseinander liegen. Welche Zusatzgeschwindigkeit $\Delta\vec{v}$ erhält der Mond in diesen sieben Tagen? Bitte ankreuzen.



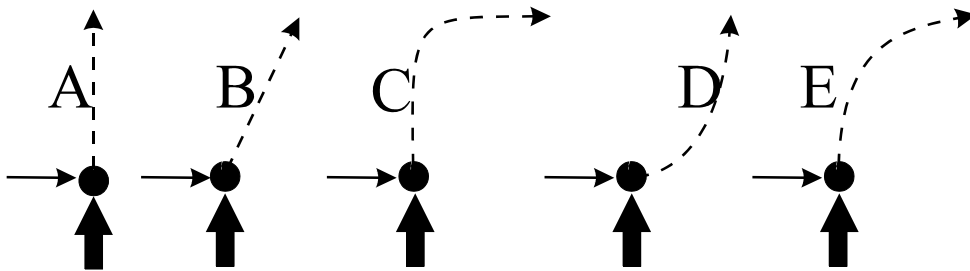
6. Stimmt das?
Antons Vater behauptet: „Ich kann meinen Wagen beschleunigen, ohne das Gas zu verändern.“
Antons Vater fährt ...
- einen Berg hinab.
 - einen Berg hinauf.
 - durch die Kurve.

Kreuze alle Aussagen an, die deiner Meinung nach richtig sind!

Den folgenden Fragen liegt folgende Situation zugrunde: Die Abbildung zeigt eine Scheibe, die mit konstanter Geschwindigkeit auf einer reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch) von Punkt „a“ nach Punkt „b“ gleitet. Wenn die Scheibe „b“ erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen „Kick“ in Richtung des dicken Pfeils.



7. Welche der gezeigten Bahnkurven beschreibt die Bewegung der Scheibe **nach** dem „Kick“? Kreuze den entsprechenden Buchstaben an.



8. Wie groß ist das Tempo der Scheibe, **nachdem** sie den „Kick“ bekommen hat?
- Gleich groß wie das Tempo v_0 vor dem „Kick“.
 - So groß wie das Tempo v , das von dem „Kick“ bewirkt wird und unabhängig von v_0 ist.
 - So groß wie die Summe von v_0 und v .
 - Kleiner als v_0 und auch als v .
 - Größer als v_0 und auch als v , aber kleiner als die Summe der beiden.

9. Tempo und Geschwindigkeit:

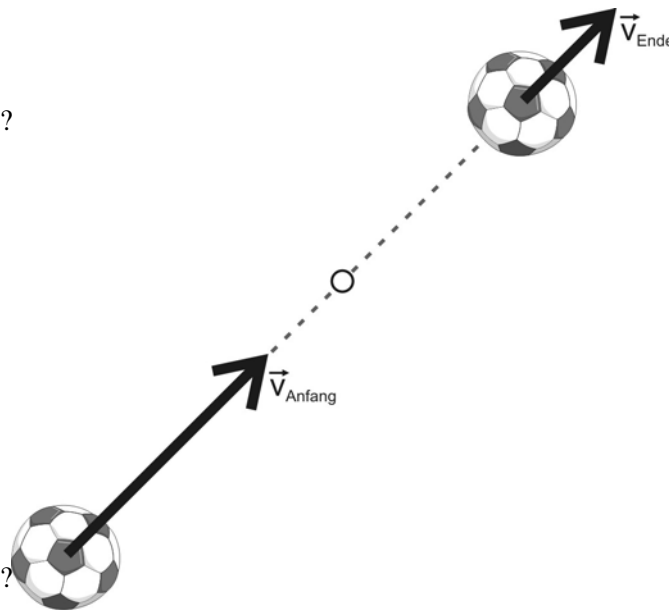
Kreuze die eine Aussage an, die dir am sinnvollsten erscheint.

- Zwei Körper können sich mit gleichem Tempo, aber unterschiedlicher Geschwindigkeit bewegen.
- Zwei Körper können sich mit gleicher Geschwindigkeit, aber unterschiedlichem Tempo bewegen
- Tempo und Geschwindigkeit sind das Gleiche.
- Bewegen sich zwei Körper mit gleicher Geschwindigkeit, so bewegen sie sich automatisch auch in die gleiche Richtung.

10. Unten siehst du jeweils die Geschwindigkeit eines Balles zu zwei Zeitpunkten.
 Gib jeweils an, ob in der Zwischenzeit eine Kraft auf den Ball ausgeübt werden musste oder ob sich die Bewegung auch ohne Kraft so verändern konnte. Wenn du glaubst es muss eine Kraft wirken, so zeichne ihre Richtung an den markierten Stellen (Punkt zwischen den Fußbällen) ein:

Muss hier eine Kraft wirken?

- Ja
- Nein



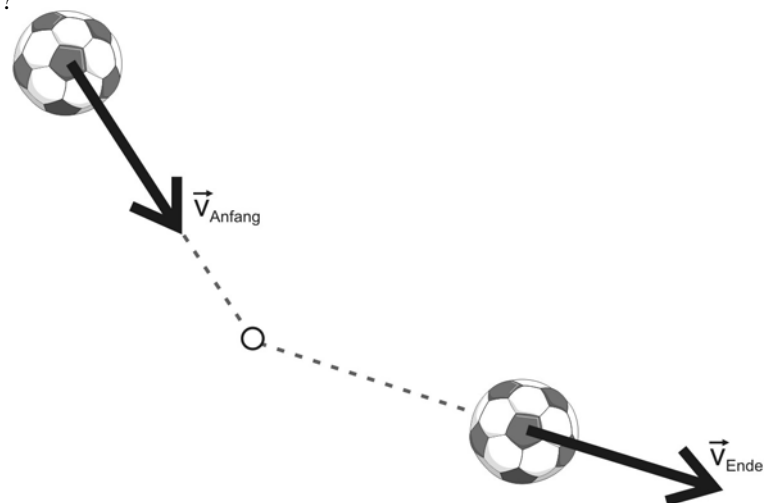
Muss hier eine Kraft wirken?

- Ja
- Nein

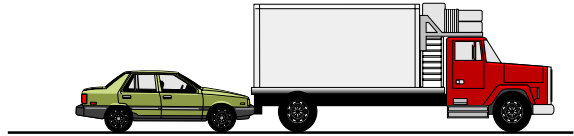


Muss hier eine Kraft wirken?

- Ja
- Nein



11. Ein LKW bleibt mit Motorschaden liegen und wird von einem Kleinwagen (Auto) zur nächsten Tankstelle geschoben. Während das Auto beschleunigt, um beim Schieben auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu kommen, gilt:



- Die Stärke der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist genauso groß wie die Kraft, mit der der LKW gegen das Auto drückt.
- Die Stärke der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist kleiner als die Kraft, mit der der LKW gegen das Auto drückt.
- Die Stärke der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt, ist größer als die Kraft, mit der der LKW gegen das Auto drückt.
- Der Motor des Autos läuft; daher übt das Auto eine Kraft aus, während es gegen den LKW drückt. Aber der LKW-Motor läuft nicht; daher kann der LKW nicht gegen das Auto drücken.
- Weder der LKW noch das Auto üben eine Kraft aus. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem Auto im Wege steht.

12. Ein Junge wirft eine Stahlkugel senkrecht nach oben. **Alle Effekte von Luftreibungskräften sollen außer Acht gelassen werden.**

Welche Kraft bzw. Kräfte wirken auf die Kugel während ihrer Flugphase, also nachdem sie die Hand des Jungen verlassen hat und bevor sie auf den Boden trifft?

- Das Gewicht der Kugel vertikal nach unten, zusammen mit einer stetig abnehmenden nach oben gerichteten Kraft.
- Keine der genannten Kräfte. Die Kugel fällt zur Erde zurück, weil das ihrem natürlichen Verhalten entspricht.
- Eine stetig abnehmende nach oben gerichtete Kraft für den Zeitraum nach dem Verlassen der Hand bis zum höchsten Punkt. Danach wirkt eine stetig zunehmende Gravitationskraft nach unten, wenn sich das Objekt der Erde nähert.
- Eine konstante nach unten gerichtete Gravitationskraft, zusammen mit einer nach oben gerichteten Kraft, die stetig abnimmt, bis die Kugel ihren höchsten Punkt erreicht. Danach wirkt nur die konstante nach unten gerichtete Gravitationskraft.
- Nur eine konstante nach unten gerichtete Gravitationskraft.