



# Schüler\*innenvorstellungen am Beispiel des Kraftbegriffs – Probleme und Lösungsansätze –

ARLIND, LIMANI  
ARLIND.LIMANI@GMX.AT

## Zusammenfassung

Lehrerinnen und Lehrer sind fortlaufend mit Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schülern im Fach Physik beschäftigt. In manchen Bereichen werden Fehlvorstellungen bezwungen. Problematisch wird es dann, wenn SuS<sup>1</sup> physikalische Konzepte mit alltäglichen Erfahrungen verknüpfen. Dieses Phänomen kann man beim physikalischen Kraftbegriff beobachten. SuS verstehen den Kraftbegriff im Sinne von Aristoteles. Das Prinzip der Kraft laut Aristoteles ist jedoch spätestens seit Newton nicht mehr aktuell. In dieser Arbeit wird die Geschichte der Kraft historisch dargestellt. Hierbei wird geklärt, weshalb der aristotelische Ansatz Anklang bei den SuS findet. Weiters werden die SuS-Vorstellungen näher beleuchtet. Außerdem wird analysiert, mit welchen Problemen SuS und LuL<sup>2</sup> zu kämpfen haben. Zum Schluss werden mögliche Lösungen des Problems der Fehlvorstellung der Kraft präsentiert.

## 1 Einleitung

Der Begriff Kraft wird im Alltag in verschiedenen Zusammenhängen gebraucht – Person X hat Kraft, Person Y verliert Kraft oder Person Z wirft kräftig etc. Aus der physikalischen Perspektive ist Kraft jedoch etwas komplett anderes. Seit Newton benötigen wir Kraft  $\vec{F}$ , um mechanische Vorgänge physikalisch beschreiben zu können. (vgl. Härtel, o.J.) Demnach ist das Prinzip der Kraft  $F$  ein fundamentaler Aspekt der klassischen Physik. Darauf aufbauend werden weitere physikalische Prinzipien in der Schule gelehrt. Dementsprechend ist es problematisch, wenn SuS diesen wichtigen Teil der klassischen Physik nicht oder kaum verstehen. Weiters haben SuS Probleme, die Kraft in verschiedenen Bereichen anzuwenden. Dies wurde oft in Tests und Studien bestätigt. Der Physiker Hermann Härtel hat gemeinsam mit der Universität Kiel und anderen Universitäten eine Testung durchgeführt, welche überprüfen soll, ob und inwiefern SuS die Konzepte Kraft, Trägheit und Gravitation verstehen. Insgesamt nahmen europaweit 19 Klassen und 363 SuS teil.<sup>3</sup> Die Testung wurde nicht nur in Deutschland durchgeführt, da man herausfinden wollte, ob das Problem der Vermittlung physikalischer Konzepte ein nationales oder ein globales Problem ist. Bevor man die SuS dem Test unterzog, besuchten die Lernenden intensive Mechanikkurse (gymnasiale Oberstufe). Demnach waren die Gesetze der Mechanik bei den SuS bekannt. Die Testung wurde in zwei Abschnitten durchgeführt.

Im ersten Abschnitt der Studie wurden Fragen bezüglich Kräfte und Bewegungen gestellt. Darüber hinaus wurde überprüft, ob SuS zwischen träger und schwerer Masse unterscheiden können. Dies wurde in Form des freien Falls kontrolliert. Die Ergebnisse waren recht deutlich.

Der zweite Abschnitt handelte von einer weiteren Testung, die nach einem computerbasierten Input durchgeführt worden ist. Dabei wurden die physikalischen Konzepte der Bewegung, Kraft, Trägheit und Gravitation mithilfe Simulationen visualisiert. Nach dem Input wurde abermals das Wissen der SuS überprüft. (vgl. Härtel, o.J.) Um diese Untersuchung verstehen zu können, müssen zuvor die Konzepte Aristoteles' und Newtons zur Kraft  $\vec{F}$  näher beleuchtet werden. Dahingehend wird der Kraftbegriff historisch von der Antike bis hin zum 17. Jahrhundert nach Christus dargelegt. Mithilfe dieser Hintergrundinformation werden die Ergebnisse des 5L-Tests von größerer Bedeutung sein.

## 2 Aristoteles versus Newton

Die Frage, die sich hier stellen mag, kann vermutlich so aussehen: Was haben Aristoteles und Newton gemeinsam, obwohl etwa 2000 Jahre zwischen diesen beiden Persönlichkeiten liegen? Um diese Frage beantworten zu können, wird die Geschichte physikalischer Konzepte (Bewegung, Kraft, Trägheit etc.) mit Physikern/Philosophen in Verbindung gesetzt.

<sup>1</sup> Kurzfassung von „Schülerinnen und Schüler“.

<sup>2</sup> Kurzfassung von „Lehrerinnen und Lehrer“.

<sup>3</sup> Im Laufe dieser Arbeit wird diese Untersuchung aus praktischen Gründen kurz „5L-Test“ (5-Länder-Test) genannt.

## 2.1 Aristoteles' Bewegungslehre

Aristoteles unterteilt Bewegungen in zwei Kategorien: natürliche Bewegungen und erzwungene Bewegungen. Jeder Körper hat eine innere Tendenz, sich in natürlichen Bewegungen dem ihm zukommenden Ort zu nähern. Das bedeutet, dass das Leichte nach oben streben möchte und das Schwere nach unten. Deshalb fällt ein Stein zu Boden und aus demselben Grund steigt der Rauch nach oben. Erzwungene Bewegungen jedoch benötigen einen aktiven äußeren Beweger. Dieser äußere Beweger kann auch eine einwirkende Kraft sein. Nur aus diesem Grund kann sich laut Aristoteles ein Körper von seinem natürlichen Ausgangspunkt wegbewegen. (vgl. Schecker, 1988) Die aristotelische Sichtweise auf den Kraft- und Bewegungsbegriff lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Je größer die Kraft, desto größer die Geschwindigkeit
- Kraft entspricht Bewegungs- oder Wirkungsvermögen
- Alles Bewegte wird von etwas bewegt
- Ein Körper kann sich nur durch ständige Krafteinwirkung bewegen
- Ruhe und Bewegung sind zwei unterschiedliche Zustände (vgl. Schecker, 1988)

Das Konzept der Kraft laut Aristoteles ist im Alltag gut anwendbar. Aus diesem Grund wurde seine Theorie bis ins Mittelalter nicht angezweifelt. SuS verstehen „Kraft“ heute ähnlich wie Aristoteles vor über 2300 Jahren.

Letztlich konnte die Theorie Aristoteles' die Wurfbewegung nicht beschreiben. Auf die Fragestellung „Wodurch wird bei einem Steinwurf die Luft bewegt?“ gab es aus aristotelischer Sicht keine Antwort. Die Impetustheorie brachte der mittelalterlichen Mechanik im 13. und 14. Jahrhundert einen bedeutsamen Erkenntnisfortschritt. (vgl. Schecker, 1988)

## 2.2 Impetustheorie

Die Impetustheorie kann man in fünf groben Punkten zusammenfassen:

- „Ein Körper bewegt sich aufgrund einer ihm "eingepprägten Kraft", dem Impetus.“
- Diese Kraft wurde auf den Körper beim Vorgang des In-Bewegung-Setzens von einem ersten Beweger übertragen oder durch Kontakt (Stoß) von einem anderen bewegten Körper übermittelt.
- Ein Körper kann um so mehr Impetus aufnehmen, je schwerer er ist.
- Die Bewegungsstärke (Wucht) eines Körpers ist dem Impetus proportional.

- *Der im Körper befindliche Impetus erschläfft mit der Zeit. Dies geschieht entweder von allein, oder es wird durch den Widerstand des Mediums bewirkt, bzw. verstärkt.“*

(Schecker, 1988)

Laut dieser Theorie endet jede Bewegung automatisch, wenn der Körper „keine Kraft“ mehr hat. Demnach war Kraft eine Eigenschaft, die ein Körper entweder haben konnte, diese nach einer Zeitspanne verlor oder nicht hatte. Auch diese Theorie ist eine weit verbreitete SuS-Vorstellung, die physikalisch gesehen falsch ist.

Physikalisch betrachtet war der Erkenntnisgewinn durch Erfahrung das Problem der damaligen Zeit vor Newton. Man versuchte Bewegungen mithilfe von Denkmustern zu erklären. Newton gelang es, nicht die Bewegung selbst, sondern die Änderung des Bewegungszustandes zu beschreiben. (vgl. Schecker, 1988)

## 2.3 Gesetze der Bewegung - Newton

1687 veröffentlichte Isaac Newton das Werk namens „Philosophiae Naturalis Principia Mathematica“, welches kurz Principia genannt wird. Darin leitete er fundamentale physikalische Gesetzmäßigkeiten ab und formte die Grundsteine der klassischen Mechanik. Die für diese Arbeit wichtigsten Gesetze sind die „Newtonschen Gesetze“. Diese werden benötigt, um mechanische Vorgänge beschreiben und verstehen zu können. (vgl. Härtel, o.J.)

Erstes Newtonsches Gesetz – Trägheitsgesetz:

*„Ein Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit weiter, wenn keine resultierende äußere Kraft auf ihn wirkt.“*

(Tipler & Mosca, 2015)

Das erste Newtonsche Gesetz erklärt, was mit einem Körper geschieht, wenn keine Kraft auf einen Körper wirkt. (vgl. Tipler & Mosca, 2015) Darüber hinaus bildet dieses Gesetz zusammen mit dem Konzept des Inertialsystems die Definition der Kraft  $\vec{F}$ . Die Kraft  $\vec{F}$  ist eine äußere Einwirkung auf einen Körper, die folglich eine Geschwindigkeitsänderung des Körpers bewirkt. Diese Geschwindigkeitsänderung findet relativ

zu einem Inertialsystem statt.<sup>4</sup> Die Kraft  $\vec{F}$  ist physikalisch betrachtet eine vektorielle Größe mit Betrag und Richtung. Der Betrag, der die Größe bzw. Stärke der Kraft beschreibt, kann gleichermaßen wie die Richtung geändert werden. (vgl. Tipler & Mosca, 2015) Kraft und Geschwindigkeit müssen nicht dieselbe Richtung haben (Beispiel: Kreisbewegung), wie viele SuS zunächst annehmen. (vgl. Waltner et al., 2010)

Zweites Newtonsche Gesetz:

*„Die Änderung der Bewegung ist der Einwirkung der bewegenden Kraft proportional und geschieht nach der Richtung derjenigen geraden Linie, nach welcher jene Kraft wirkt.“*

(Schecker, 1988)

Das zweite Newtonsche Gesetz macht eine Aussage darüber, was mit einem Körper geschieht, wenn Kräfte auf diesen wirken. Betrachtet man beispielsweise einen Eiswürfel, der mit konstanter Geschwindigkeit auf einer glatten und reibungsfreien Fläche gleitet und man diesen zusätzlich anstößt, geschieht folgendes: Eine Kraft  $\vec{F}$  wird auf den Eiswürfel ausgeübt, die bewirkt, dass seine Geschwindigkeit geändert wird. Je stärker man den Körper stößt, desto höher ist seine Beschleunigung auf der reibungsfreien Fläche. Demnach ist die Beschleunigung eines Körpers direkt proportional zu der auf ihn ausgeübten Gesamtkraft. Diese Gesamtkraft auf einen Körper ruft die Beschleunigung hervor. Dabei ist die Gesamtkraft die Ursache und die Beschleunigung die Wirkung auf einen Körper. (vgl. Tipler & Mosca, 2015) Das zweite Newtonsche Gesetz findet man oftmals in folgender Formelschreibweise:

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \quad (1)$$

Drittes Newtonsche Gesetz:

*„Wenn der Körper A eine Kraft auf den Körper B ausübt, übt der Körper B auf den Körper A eine Kraft aus, die betragsmäßig gleich, aber entgegengesetzt gerichtet ist.“*

(Tipler & Mosca, 2015)

Das dritte Newtonsche Gesetz erläutert das stetige Auftreten von Kräften in Paaren. In der Literatur wird ein solches Kräftepaar oft als ein „Aktions-Reaktions-Paar“ bezeichnet. Diese Bezeichnung ist physikalisch betrachtet falsch,

denn eine Reaktion impliziert eine zuvor geschehene Krafteinwirkung  $\rightarrow$  in diesem Fall die „Aktion“. Kräftepaare treten jedoch immer gleichzeitig auf. (vgl. Tipler & Mosca, 2015) Eine solche Bezeichnung kann zusätzlich zu Fehlvorstellungen bei den SuS führen.

## 2.4 Kraft in der Physik

In der Physik wird die Kraft  $\vec{F}$  nur zur Beschreibung der Wechselwirkung zwischen Körpern verwendet. Bei Wechselwirkungen ändert sich das Bewegungsverhalten und die Form der Körper. Demnach kann ein einzelner Körper keine Kraft besitzen oder ausüben. (vgl. Schecker 1988) Die Aussage „Körper X hat viel Kraft“ ist demnach physikalisch gesehen falsch. Viele SuS haben jedoch eine Vorstellung der Kraft als Körpereigenschaft. Dies ist auch der Alltagssprache geschuldet und muss von Lehrpersonen angesprochen werden. (vgl. Schecker et al., 2018) Die Verwendung der Fachsprache während des Unterrichts ist eine Methode, wie man solchen Vorstellungen entgegenzutreten kann. Dabei müssen SuS über die Eigenschaften physikalischer Konzepte<sup>5</sup> Bescheid wissen.

Alle Themengebiete in der Physik zu beschreiben, in denen die Kraft  $\vec{F}$  behandelt wird, würde den Rahmen dieses Papers sprengen. Deshalb werden die Themen aufgezählt, die in der Schule ausgeführt werden und zur klassischen Mechanik zählen.

- Dynamische Kraft ( $\vec{F}$  Ursache für eine Bewegungsänderung)
- Statische Kraft ( $\vec{F}$  Ursache für die Verformung eines Körpers)
- Geschwindigkeit und Beschleunigung
- Trägheit
- Gewicht / Gewichtskraft
- Massenmittelpunkt
- Gravitation – Freier Fall
- Federkraft
- Druck- und Zugkraft
- Reibungskraft
- Kräfte in beschleunigten Bezugssystemen
- Etc.

<sup>4</sup> Es muss angenommen werden, dass keine weiteren Kräfte Einfluss auf den Körper haben.

<sup>5</sup> Kraft, Arbeit, Energie, Wärme etc.

### 3 Ergebnisse des 5L-Tests (Teil 1)

Der erste Teil des Tests handelte vom Verständnis der Kinematik in Form von „Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit“ und „Der freie Fall und die träge Masse“. SuS mussten die newtonschen Prinzipien auf einfache Bewegungsvorgänge anwenden. Hierbei muss wieder angemerkt werden, dass alle SuS vor der Testung einen intensiven Mechanikkurs besucht haben. Demnach hätten die Lernenden Kenntnisse über die newtonsche Bewegungslehre haben sollen. Das Ergebnis der ersten Testung sah folgendermaßen aus:

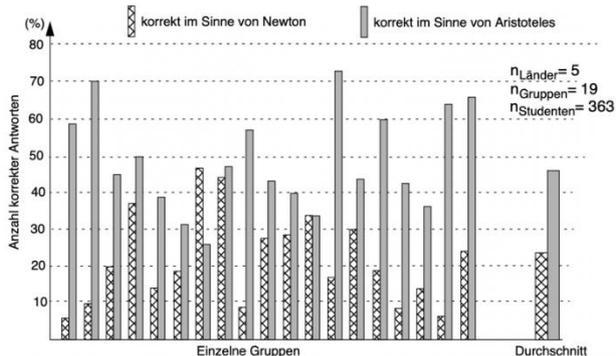


Abb. 1 - 5L-Testergebnisse (Härtel et al., o.J.)

In fast allen Klassen überwiegt die aristotelische Sichtweise der Kinematik. Knapp 80% der Beteiligten gelingt es nicht, die newtonschen Prinzipien auf einfache Bewegungsvorgänge anzuwenden, obwohl zuvor ein Mechanikkurs besucht wurde. Dies liegt daran, dass SuS physikalische Konzepte aus dem Alltag kennen und diese im Fach Physik anwenden. Diese aristotelische Sichtweise ist jedoch aus heutiger Sicht nicht akkurat. Die komplexen Themen der Physik sind nicht in Form von Alltagserfahrungen zu verstehen. Aus der Perspektive eines Physikers / einer Physikerin würde man Phänomene im Alltag mithilfe idealisierter Bedingungen (wie zum Beispiel Reibungsfreiheit) versuchen zu dekodieren. (vgl. Wilhelm & Heuer, 2002)

Weiters ist anzumerken, dass Fehlvorstellungen gegenüber der Kinematik ein globales (vermutlich sogar internationales) Problem in den Schulen sind. Diese Lerndefizite stellen sich als ein großes Problem aus physikdidaktischer Sicht dar. Weshalb SuS solch große Schwierigkeiten mit den newtonschen Konzepten haben, wird nun diskutiert.

### 4 Fehlvorstellungen und Präkonzepte

Fehlvorstellungen und Präkonzepte sind nicht vermeidbar. Beide können jedoch den Unterricht erschweren. Präkonzepte entstehen durch

Interpretationen von Alltagserfahrungen. Darüber hinaus gibt es unterschiedliche Ausprägungen von Vorstellungen. Diese können in Form von Gesprächsrunden, offenen Fragen oder Multiple-choice-Antworten durch die Lehrkraft rekonstruiert werden. Eine Veränderung von Fehlvorstellungen muss unterstützt und gefördert werden, vor allem in komplexen Themenbereichen wie den Naturwissenschaften. (vgl. Labudde & Metzger, 2019)

Nun werden ausgewählte Fehlvorstellungen von SuS im Bereich der newtonschen Prinzipien zusammengefasst und erörtert.

Das Prinzip der Trägheit ist für viele SuS nicht trivial. Denn in der Physik hängt es vom Bezugssystem ab, ob sich ein Körper in Bewegung oder in Ruhe befindet. Für SuS, die im Alltag natürliche feste Bezugssysteme gewöhnt sind, macht es einen Unterschied, ob sich etwas in Ruhe befindet oder sich gleichförmig bewegt. SuS sehen Trägheit als einen Zustand, den man überwinden kann, sogar muss. Dies ist den alltäglichen Erfahrungen geschuldet. Bewegt man einen Körper aus dem Zustand der Ruhe in Bewegung, sinkt die Trägheit laut den SuS. Den Lernenden zufolge wird es damit einfacher, den Körper zu beschleunigen. Im Unterricht sollte man überdies eher vom „Beharrungsprinzip“ sprechen, nicht von der Trägheit aufgrund der Fehlvorstellungen der SuS. (vgl. Schecker et al., 2018)

Eine Aussage zur Kraft kann von SuS so aussehen: „Je schwerer und schneller der Körper ist, desto größer ist die im Körper gespeicherte Kraft. Schwerer Körper können demnach größere Kräfte ausüben, wie leichtere.“ Bei einem Zusammenstoß zwischen einem LKW und PKW würde demnach der LKW eine größere Kraft ausüben als ein PKW. Aus physikalischer Sicht sind jedoch, laut dem dritten newtonschen Gesetz, beide Kräfte betragsmäßig gleich groß. Die Beschleunigungen der Fahrzeuge sind die ausschlaggebenden Punkte an diesem Beispiel. Größere Massen erfahren eine größere Beschleunigung im Vergleich zu kleinen Massen. Zusammengefasst bedeutet dies, dass der PKW bei gleicher Dauer der Krafteinwirkung eine stärkere Beschleunigung (Geschwindigkeitsänderung) erfährt als der Lastkraftwagen. (vgl. Schecker et al., 2018)

Die fundamentalen Prinzipien der Mechanik müssen im Unterricht deutlich hervorgehoben werden. Dies zeigt uns das folgende Beispiel. Lernende verstehen das zweite newtonsche Gesetz  $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$  als eine von vielen Kraftformeln. Dabei wird diese Formel mit anderen Kraftformeln wie der Federspannkraft ( $\vec{F}_F = -D \cdot \Delta\vec{x}$ )

oder der Erdanziehungskraft ( $\vec{F}_G = m \cdot \vec{g}$ ) gleichgesetzt. Die mangelnde Unterscheidung zwischen der resultierenden Kraft (in der Schule wird dies oft „Gesamtkraft“ bezeichnet), die auf einen Körper wirkt und den speziellen Einzelkräften stellt sich als Problem heraus. (vgl. Schecker et al., 2018)

Diese Problematik kann man mittels einer schüler\*innengerechten Einführung in die newtonsche Mechanik vermeiden. Dies wird in den folgenden Punkten verdeutlicht.

*„Die Mechanik soll dynamisch eingeführt werden und zwar über die Kraftstoßgleichung, weil der verbreitete Weg über die Statik und die (eindimensionale) Kinematik Lernschwierigkeiten bestärkt und erzeugt [...]“*

(Waltner et al., 2010)

Weiters soll die Geschwindigkeit vektoriell eingeführt werden, damit später der Beschleunigungsbegriff plausibel entwickelt werden kann. Mittels der vektoriellen Geschwindigkeit sind Bewegungsbeschreibungen sowohl symbolisch als auch ikonisch möglich. Darüber hinaus sind Begriffe wie Anfangsgeschwindigkeit, Endgeschwindigkeit, Geschwindigkeitsänderung, Zusatzgeschwindigkeit, Einwirkungs- bzw. Stoßrichtung (beim Kraftstoß) grundlegende Konzepte, die SuS beherrschen sollen, um die newtonschen Prinzipien verstehen zu können. (vgl. Waltner et al., 2010)

Um die Grundbeziehungen der Mechanik strukturieren zu können, kann die Kraft  $\vec{F}$  über die Beziehung  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  definiert werden. Hierbei wird die Kraft mittels physikalischer Festlegung von Stärke und Richtung einer Einwirkung eingeführt. (vgl. Waltner et al., 2010)

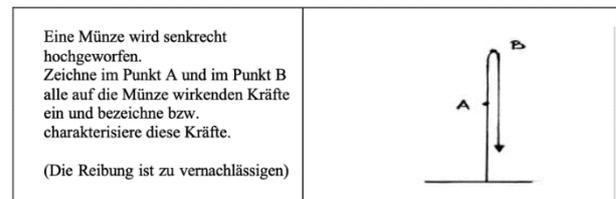
Einen weiteren Ansatz für das Verständnis des zweiten newtonschen Gesetzes schildert Schecker und andere Die Größengleichungen  $\vec{a} = \frac{\vec{F}_{res}}{m}$  bzw.  $\Delta \vec{v} = \frac{(\vec{F}_{res} \cdot \Delta t)}{m}$  können den SuS verdeutlichen, dass die resultierende Kraft (Gesamtkraft) über einen bestimmten Zeitraum wirken muss, um den Bewegungszustand eines Körpers ändern zu können. (vgl. Schecker et al., 2018)

Eine weitere Fehlvorstellung zur Kraft ist, dass SuS darunter eine „universelle Wirkungsfähigkeit“ verstehen. Schecker und andere sprechen dabei von „Kraft als Clusterbegriff“. Eine solche Beschreibung jedoch umfasst Elemente des Impulses, der (kinetischen) Energie und des newtonschen Kraftkonzeptes. Demnach können die Lernenden oftmals diese physikalischen Elemente nicht unterscheiden. Wenn eine solche

Fehlvorstellung bei den SuS erkennbar wird, soll die Lehrkraft genau an diesem Punkt ansetzen und die physikalischen Konzepte der Kraft, Energie und Impuls deutlich charakterisieren. (vgl. Schecker et al., 2018) Dabei wird abermals betont, dass die Kraft den Einfluss der Umgebung auf das System beschreibt (Kraft wirkt auf ein System). Der Impuls hingegen charakterisiert den dynamischen Zustand eines Körpers (bzw. Systems) und ist somit eine Eigenschaft des Systems. Also kann man sagen, dass ein Körper einen Impuls, aber keine Kraft innehat. Eine Klärstellung der Begrifflichkeiten kann bei den SuS Verwechslungen physikalischer Elemente vorbeugen. (vgl. Müller et al., 2011)

Edeltraud Schwaiger führte eine Untersuchung zur Mechanik (Kraftbegriff) in ihrer sechsten Klasse Oberstufe (Sekundarstufe 2), die aus 17 Schülerinnen und drei Schülern bestand, durch. Dabei handelte es sich um ein Arbeitsblatt (siehe Abb. 2), in dem ein Münzwurf eingezeichnet war. Die SuS hatten die Aufgabe, wirkende Kräfte auf der Münze einzuzeichnen und zu charakterisieren. Die Reibung wurde als vernachlässigbar angenommen.

• Münzproblem:



**Abb. 2** – Aufgabenstellung Schwaiger (Schwaiger, 2002)

Die richtige Antwort lautete, dass sowohl im Punkt A als auch im Punkt B nur die Schwerkraft (=Gewichtskraft=Gravitationskraft) wirkt. Nur drei SuS gaben für Punkt A die richtige Lösung. Für Punkt B zählte Schwaiger rund elf richtige Antworten. Alternative Antworten lauteten „Wurfkraft nach oben und Aufwurfskraft nach unten“, „Antriebskraft“, „Beschleunigungskraft nach oben und Gravitationskraft nach unten“, „kinetische Energie und Hubkraft“, „Impuls und Gravitationskraft“, potentielle und Bewegungsenergie“. (vgl. Schwaiger, 2002) Hier wird erneut deutlich, dass SuS oftmals physikalische Elemente wie Energie, Impuls und Kraft untereinander verwechseln. Weiters wird es erkennbar, dass SuS mit einfachen newtonschen Bewegungen Probleme haben. Dies bestätigte auch der 5L-Test unmissverständlich.

## 5 Ergebnisse des 5L-Tests (Teil 2)

Laut Schwaiger ist die physikalische Sicht auf Kraft der Alltagsicht fremd. Dies wird bei den SuS dann ersichtlich, wenn Verständnisfragen gestellt werden. SuS können mit physikalischen Bedingungen, die im Alltag nicht gegeben sind (beispielsweise Reibungslosigkeit), kaum umgehen. (vgl. Schwaiger, 2002) Aufgrund dessen sollte man im Physikunterricht auf digitale Medien setzen. Diese können die physikalischen Bedingungen realisieren und visualisieren. Digitale Medien unterstützen das Verständnis der Physik für Schülerinnen und Schüler. Der zweite Teil des 5L-Test bestätigt diese These. Dabei gab es vor der Testung einen animierten Input zur newtonschen Mechanik, der speziell dafür entwickelt wurde. Beispielsweise wurden den SuS reibungslose Bewegungsabläufe mittels computerbasierter Animation gezeigt. Es handelte sich dabei um Bewegungsvorgänge, die im Alltag präsent sind, wie aufsteigende Seifenblasen oder ein fahrendes Auto (siehe Abb. 3).



**Abb. 3** – Schlusszenen der Animationen (Härtel et al., o.J.)

Ziel dieser Animationen war die Veranschaulichung, dass die Summe aller Kräfte Null ist, sofern die Geschwindigkeit konstant bleibt. Die SuS-Vorstellung, dass eine Kraft notwendig ist, um eine Bewegung aufrechtzuerhalten, soll damit uminterpretiert werden. Die Ergebnisse der zweiten Testung waren durchwegs positiv. Rund 20% mehr SuS erreichten die richtigen Antworten nach dem animierten Input, im Vergleich zum Vortest (ohne Input). (vgl. Härtel et al., o.J.)

## 6 Zusammenfassung

Dieses Paper soll darauf aufmerksam machen, dass LuL fortlaufend mit Fehlvorstellungen von SuS konfrontiert werden. Dies ist nicht unbedingt ein Problem, das vor kurzem in den Physiksalen präsent wurde. Es gibt diese Problematik schon seit mehreren Jahrzehnten. Doch mithilfe der modernen Technik ist ein passender Umgang mit den Präkonzepten der Lernenden verfügbar. Ob diese Möglichkeit von den Lehrenden genutzt wird oder nicht, ist jeder Lehrperson selbst überlassen. Es existieren bereits Plattformen, die kostenlose Simulationen zur Mechanik zur Verfügung stellen. Die Universität Bayreuth hat

beispielsweise frei zugängliches Material online veröffentlicht (unter <http://www.virtphys.uni-bayreuth.de>). Die Website „Schul-Physik.de“ hat überdies kostenloses Material für den Mechanikunterricht.

Der historische Teil dieser Arbeit soll deutlich machen, dass vor Newton die Physik aus alltäglicher Perspektive betrachtet wurde. Erst seit dem 17. Jahrhundert wurde die Mechanik unter idealen Bedingungen „reformiert“. Genau diese Bedingungen erweisen sich als ein Verständnisproblem für viele SuS. Zusätzlich zur Anwendung von Simulationen kann die Art und Weise der Einführung in die Mechanik einen positiven Einfluss auf Lernergebnisse haben (beispielsweise über die Kraftstoßgleichung). Die Unterscheidung von Kraft, Energie und Impuls muss hier betont werden. Folglich sollen LuL früh auf die Präkonzepte der Lernenden eingehen. Aus der Physikdidaktik ist bekannt, dass die Veränderung von Vorstellungen dann erfolgreich ist, wenn diese frühzeitig erkannt werden. (vgl. Labudde & Metzger, 2019)

## 7 Literatur

- Härtel H. (o.J.) Klassische Mechanik, Computerunterstützte Materialien zu ausgewählten Kapiteln, ITAP Universität Kiel, [http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/Mechanics/Mechanik\\_html/pdf/Mechanik.pdf](http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/Mechanics/Mechanik_html/pdf/Mechanik.pdf) (10.02.2022)
- Härtel H. et al. (o.J.) Newton verliert noch immer gegenüber Aristoteles, Universität Kiel, [http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/TuS\\_eva.pdf](http://www1.astrophysik.uni-kiel.de/~hhaertel/PUB/TuS_eva.pdf) (10.02.2022)
- <http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/Mechanikkonzept.pdf> (12.02.2022)
- Labudde, P.; Metzger S. (Hrsg.) (2019) Fachdidaktik Naturwissenschaften, Bern
- Müller R.; Wodzinski R. & Hopf M. (Hrsg.) (2011) Schülervorstellungen in der Physik, München
- Schecker H. (1988) Der Weg zum physikalischen Kraftbegriff von Aristoteles bis Newton, Kurzfassung Universität Regensburg, [https://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/ExpSemgemMat/Mechanik/physikalischer\\_kraftbegriff\\_von\\_aristoteles\\_bis\\_newton\\_info-jr.pdf](https://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/ExpSemgemMat/Mechanik/physikalischer_kraftbegriff_von_aristoteles_bis_newton_info-jr.pdf) (07.02.2022)
- Schecker H. et al. (2018) Schülervorstellungen und Physikunterricht, Berlin
- Schwaiger E. (2002) Physikunterricht und Schülervorstellungen, IFF Universität Klagenfurt, [https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/5/56/N0216\\_Langfassung\\_Schwaiger.pdf](https://www.imst.ac.at/imst-wiki/images/5/56/N0216_Langfassung_Schwaiger.pdf) (08.02.2022)
- Tipler P., Mosca G. & Wagner J. (Hrsg.) (2015) Physik für Wissenschaftler und Ingenieure, Berlin
- Waltner C. et al. (2010) Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Dynamik in der Mittelstufe, München, <http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/Mechanikkonzept.pdf> (14.02.2022)
- Wilhelm, T.; Heuer D. (2002) Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden. Durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung, in: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule, 29-34, <http://www.thomas-wilhelm.net/veroeffentlichung/kinematik.pdf> (10.02.2022)