

Die folgenden Seiten beinhalten ein Manuskript, das bei der Zeitschrift „Naturwissenschaften im Unterricht Physik“ eingereicht wurde. Die in der Zeitschrift veröffentlichte Version weicht vom Manuskript ab.

Die exakte Quellenangabe des publizierten Artikels ist:

SPATZ, V.; WILHELM, T.

***Zweidimensionaler Mechanikansatz. Eine Chance zum Überwinden von Lernschwierigkeiten***

Naturwissenschaften im Unterricht Physik 32, Heft 181, 2021, S. 10 - 13

Verena Spatz, Thomas Wilhelm

# Zweidimensionaler Mechanikansatz

## Chance zum Überwinden von Lernschwierigkeiten

KLASSENSTUFE: 7-8

ZEITUMFANG: ca. 6 Unterrichtsstunden

THEMEN: vektorieller Geschwindigkeitsbegriff

KOMPETENZEN: Basiswissen über Wechselwirkung, Kenntnisse über einfache physikalische Gesetze, Anwendung der Kenntnisse, Unterscheidung alltags-sprachliche und fachsprachliche Beschreibung von Phänomenen.

METHODEN: Unterrichtsgespräch, Lernen an Stationen

MATERIALIEN: Auswahl an Arbeitsblättern digital bereitgestellt

Die ersten fachdidaktischen Arbeiten, die eine Einführung in die Mechanik über zweidimensionale Betrachtungen stützen, datieren bereits in die späten 1960er Jahre. So gingen Jung, Reul und Schwedes in ihrem 1975 veröffentlichten Forschungsprojekt [1] der Fragestellung nach, ob es im Sinne Piagets „entwicklungsnotwendig“ sei, dass „Kinder zunächst einmal für viele Jahre über den Richtungscharakter der (physikalischen) Geschwindigkeit nichts lernen, dass sie jahrelang einen am Muskelgefühl orientierten statischen – wenn nicht gar animistischen – Kraftbegriff ausbilden und erst sehr spät den Zusammenhang zwischen (physikalischer) Kraft und kinematischen Größen kennenlernen“. Es wurde ein Unterrichtskonzept entwickelt und erprobt, welches auf der Vermittlung eines vektoriellen Geschwindigkeitsbegriffs basiert und das bereits Schülerinnen und Schüler der Primarstufe erfolgreich erlernen können.

Entgegen der domänenübergreifenden Theorie von Piaget legten Jung, Reul und Schwedes [1] einen domainspezifischen Ansatz zugrunde, welcher aktuellen Auffassung vom Wissenserwerb als konstruktivistischem Prozess ähnelt. Demnach beeinflussen die im Vorwissen der Schülerinnen und Schüler angelegten Voraussetzungen den Lernprozess in hohem Maße, da neue Lerninhalte durch diese Brille interpretiert werden. Aus heutiger Sicht unterstreichen die Erkenntnisse von fachdidaktischer Forschung der nachfolgenden Jahr(zehnt)e zu den Präkonzepten der Schülerinnen und Schüler, [2, in diesem Heft] die Forderung nach einem vektoriellen Geschwindigkeitsbegriff, ohne den „es keine einheitliche dynamische Beschreibung der Phänomene, d.h. eine Beschreibung aufgrund des Zusammenspiels von Kraft und Bewegung“ [2, S. 10] gibt.

### **Risiko der Aktivierung von Präkonzepten**

Präkonzepte von Schülerinnen und Schülern sind in der Literatur besonders im Bereich der Mechanik umfassend dokumentiert [3, 4]. In dieser Hinsicht birgt ein eindimensionales Vorgehen das Risiko der Aktivierung von unpassenden Präkonzepten, welche die Geschwindigkeit als den Geschwindigkeitsbetrag und Beschleunigung als eine Änderung des Geschwindigkeitsbetrages auffassen. Bei der anschließenden Betrachtung von zweidimensionalen Fällen, etwa von Kreisbewegungen, sind diese Konzepte oft so weit gefestigt, dass die Änderung der Richtung bei gleichbleibendem Betrag der Geschwindigkeit nicht als Beschleunigung erkannt werden kann. Außerdem erschwert diese Herangehensweise die Abgrenzung der Größe Geschwindigkeit von der Beschleunigung (und damit von der Kraft), da diese im eindimensionalen Fall stets entlang der gleichen Achse ausgerichtet sind. Eine spätere Erweiterung der Konzepte Geschwindigkeit und Beschleunigung auf vektorielle Aspekte ist dann mit erheblichen Lernschwierigkeiten verbunden.

Gegenüber stark abstrahierten und idealisierten Beispielen (bspw. reibungsfreie Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit oder konstante Beschleunigung auf der Luftkissenfahrbahn), welche von Schülerinnen und Schülern häufig als alltagsfern wahrgenommen werden, kann die Betrachtung von Bewegungen aus dem Sport oder dem Alltag bei einem zweidimensionalen Mechanikansatz außerdem in besonderer Weise an den Interessen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen und diese fördern.

### **Unterrichtskonzeption für die Sek. I**

Zusammenfassend ergeben sich aus diesen Überlegungen gute Gründe für einen Einstieg in die Mechanik über einen zweidimensionalen Ansatz, um auf dieser Grundlage ein tragfähiges Verständnis von Beschleunigung und Kraft entwickeln zu können. Anknüpfend an die Vorschläge von Jung, Reul und Schwedes [1] wurden daher mehrere Lehrgänge für zweidimensionalen Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I ausgearbeitet [5 - 11]. Dies mündete in einer Sachstruktur, die inzwischen Einzug in die Lehrpläne gehalten hat [12] und durch die folgenden Merkmale gekennzeichnet ist:

- Einstieg über die Betrachtung zweidimensionaler Bewegungen vor der Betrachtung eindimensionaler Bewegungen, die als Spezialfall angesehen werden,
- ikonische Darstellung von Bewegungen in Tempo und Richtung anhand von Geschwindigkeitspfeilen,
- vektorielle Beschreibung der Größen Geschwindigkeit und Kraft (Tempo und Richtung der Bewegung eines Körpers werden durch den Geschwindigkeitsbegriff gefasst, Einwirkungsstärke und Einwirkungsrichtung eines Körpers auf einen anderen Körper werden durch den Kraftbegriff beschrieben),

- Betrachtung von Geschwindigkeitsänderungen anstelle der Beschleunigung: Wird auf einen Körper der Masse in einem Zeitintervall eine Kraft ausgeübt, so erhält dieser eine Zusatzgeschwindigkeit, wobei Kraft und Zusatzgeschwindigkeit die gleiche Richtung haben.
- Diskussion der Zusammenhänge von Masse, Zeitintervall, Kraft und Zusatzgeschwindigkeit anhand der Newton'schen Bewegungsgleichung in der Form  $\vec{F} \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$
- Argumentative Anwendung der Gleichung in Alltagsbeispielen

Im Folgenden werden mögliche Inhalte und Abfolgen einer Unterrichtseinheit aus dem Bereich der Kinematik zur Einführung der Geschwindigkeit vorgeschlagen (orientiert an [13]).

### Unterrichtsvorschlag zur Einführung der Geschwindigkeit

Als Ziele dieser Unterrichtseinheit sollen die Schülerinnen und Schüler angeben und an Beispielen erklären, dass die physikalische Größe der Geschwindigkeit das Tempo sowie die Richtung einer Bewegung beschreibt und diese durch Pfeile dargestellt wird. Sie sollen außerdem diese Festlegung in der Fachsprache in Abgrenzung zur Alltagssprache erfassen sowie bewerten.

Der Unterrichtsvorschlag gliedert sich in vier Schritte, die je circa ein bis zwei Unterrichtsstunden in Anspruch nehmen:

1. Einführung: Beschreibung von Bewegungen
2. Das Tempo als die Schnelligkeit
3. Die Geschwindigkeit, dargestellt als Geschwindigkeitspfeil
4. Übungen, bspw. zur Abgrenzung von Tempo und Geschwindigkeit

Als ersten Schritt dieser Einheit soll verdeutlicht werden, dass zur Beschreibung von Bewegungen nicht nur Angaben dazu nötig sind, wie schnell sich ein Gegenstand bewegt. Vielmehr werden auch Angaben dazu benötigt, wohin sich ein Gegenstand bewegt. Hierzu wird durch das Spiel „Fangen mit verbundenen Augen“ (Abbildung 1) eine eindrückliche Erfahrung ermöglicht, an welche die Schülerinnen und Schüler in den darauffolgenden Stunden gut anknüpfen können. Das Spiel findet auf einer ausreichend großen Fläche statt und wird in Zeitlupe durchgeführt. Eine Person soll durch eine andere Person gefangen werden, der allerdings die Augen verbunden werden. Weitere Personen geben Hinweise dazu, welche Bewegung die Person mit verbundenen Augen ausführen soll, beispielsweise „rechts“, „links“, „mehr links“, „geradeaus“, „schneller“ oder „stopp“ usw. Es werden also sowohl Hinweis zum Tempo wie auch

zur Richtung der Bewegung geäußert. Die Schülerinnen und Schüler erleben dabei, dass die Richtungsangaben am wichtigsten sind, um erfolgreich zu sein.

Denkbare Fallstricke: Anfangs verstehen Schülerinnen und Schüler unter der „Richtung“ manchmal das Ziel der Bewegung. („Ich fahre Richtung Supermarkt.“) Die momentane Bewegungsrichtung kann veranschaulicht werden, indem ein Pfeil aus Papier ausgeschnitten und auf einem bewegten Gegenstand befestigt wird (Abbildung 2). Außerdem sollte im Unterricht angesprochen werden, dass Richtungsangaben ein Bezugssystem voraussetzen und man z.B. bei Stadtplänen die Himmelsrichtungen zugrunde legt.



Abb. 1: Fangen mit verbundenen Augen (erstellt von Florian Schüller) [14]



Abb. 2: Spielzeugauto mit aufgeklebtem Richtungspfeil aus Papier

Im zweiten Schritt wird diskutiert, wie das Tempo, beispielweise beim Fahrradfahren, bestimmt werden kann. Oft erwähnen die Schülerinnen und Schüler in diesem Zusammenhang den Tacho. Im Unterricht wird dann erarbeitet, was die Angabe des Tachos bedeutet: Bei einem Tempo von 15 km/h wird in einer Stunde eine Strecke von 15 km zurückgelegt. Oder es wird innerhalb von 20 Minuten eine Strecke von 5 km zurückgelegt. Oder es werden zwei Stunden benötigt,

wenn Strecke von 30 km bewältigt werden muss. Daraus wird klar, dass zur Angabe des Tempos eines bewegten Objektes die zurückgelegte Strecke auf ein gewisses Zeitintervall bezogen werden muss. Außerdem wird besprochen, dass zur Angabe der Richtung ein Pfeil auf dem bewegten Objekt angebracht werden kann.

Denkbare Fallstricke: Die Unterscheidung zwischen Momentan- und Durchschnittsgrößen stellt einen wichtigen Lerninhalt dar. Sie sollte daher im Zusammenhang mit dem Tempo im Unterrichtsgespräch angesprochen, aber nach unserer Einschätzung nicht vertieft werden. So kann man etwa danach fragen, welchen Wert der Tacho des Fahrrades im obigen Beispiel zu einem bestimmten Zeitpunkt anzeigt. Diese Frage nach dem Momentanwert kann aus der Angabe des Durchschnittswertes von 15 km/h nicht beantwortet werden. Der Momentanwert kann aber bei Betrachtung sehr kleiner Zeitdauern des Durchschnittswertes angenähert werden.

Nachdem erarbeitet wurde, dass sowohl Tempo als auch Richtung zwei wesentliche Angaben zur Beschreibung von Bewegungen darstellen, erfolgt im dritten Schritt die Erklärung, dass in der Physik beide Aspekte zur Größe Geschwindigkeit zusammengefasst werden. Diese wird durch einen Geschwindigkeitspfeil dargestellt. Seine Länge gibt das Tempo der Bewegung an, seine Richtung gibt die Richtung der Bewegung an.

Dies wird anhand von verschiedenen Übungsbeispiel im vierten Schritt geübt. So kann danach gefragt werden, ob es in Abbildung 3 Fahrzeuge gibt, die die gleiche Geschwindigkeit haben. Oder welche Fahrzeuge unmittelbar Gefahr laufen, in einen Unfall verwickelt zu werden. In Abbildung 4 fährt ein Auto an der durch X gekennzeichneten Stelle mit einer bestimmten Geschwindigkeit in den Kreisverkehr hinein. Die Schülerinnen und Schüler sollen begründen, bei welcher Ausfahrt (A, B, C oder D) es möglich wäre, dass das Auto den Kreisverkehr mit derselben Geschwindigkeit wieder verlässt. Abbildung 5 zeigt die Bewegung beim Hammerwurf von oben. Den Schülerinnen und Schülern soll hier klarwerden, dass sich die Geschwindigkeit des Hammers während der Kreisbewegung im Bild ständig ändert, da sich dessen Richtung ändert (obwohl das Tempo gleichbleibt). Erst nach Abwurf des Hammers ist dessen Geschwindigkeit im Bild konstant. Eine weitere schöne Möglichkeit ist es, an dieser Stelle auf die von der Klasse erstellen Stroboskopbilder zurückzugreifen und die Geschwindigkeitspfeile der Gegenstände an einigen Stellen einzeichnen zu lassen. Hierfür kann mit den entsprechenden Informationen aus einem Videoanalyseprogramm (Zeitintervall zwischen zwei Positionen) ein geeigneter Maßstab gewählt werden.

Eine Auswahl an Arbeitsblättern wird digital bereitgestellt. Weitere Arbeitsblätter finden sich in [14]. Um auf den individuellen Übungsbedarf der Schülerinnen und Schüler eingehen zu können, eignen sich die Arbeitsblätter auch gut für das Lernen an Stationen.

Denkbare Fallstricke: Die unterschiedliche Verwendung des Begriffs Geschwindigkeit im alltagssprachlichen und im fachsprachlichen Zusammenhang stellt für Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung dar. Auch als Lehrkraft ist man im Verlauf der Unterrichtseinheit gezwungen, den eigenen Sprachgebrauch anzupassen. So werden über das Fachliche hinaus auch insbesondere Kompetenzen die Kompetenzen im Bereich der Kommunikation und im Bereich der Bewertung gefördert, indem Unterscheidungen „zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen“ vorgenommen und „an einfachen Beispielen die Chancen und Grenzen physikalischer Sichtweisen“ aufgezeigt werden.

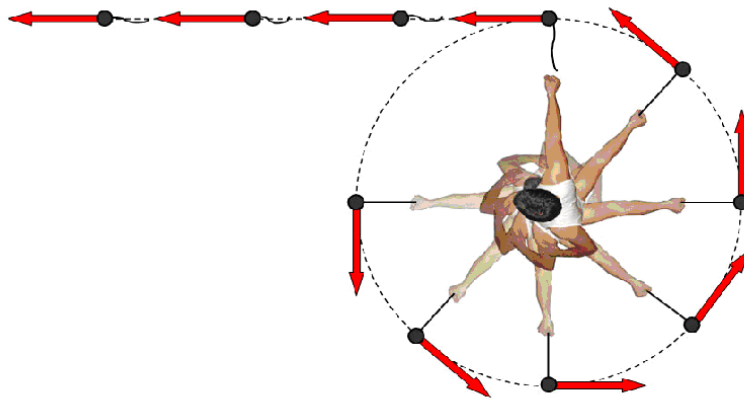


Abb. 5: Geschwindigkeitspfeile während einem Hammerwurf zur Frage, wo sich die Geschwindigkeit ändert



Abb. 3: Geschwindigkeitspfeile von Autos zur Frage, welche Autos gleiches Tempo oder gleiche Geschwindigkeit haben

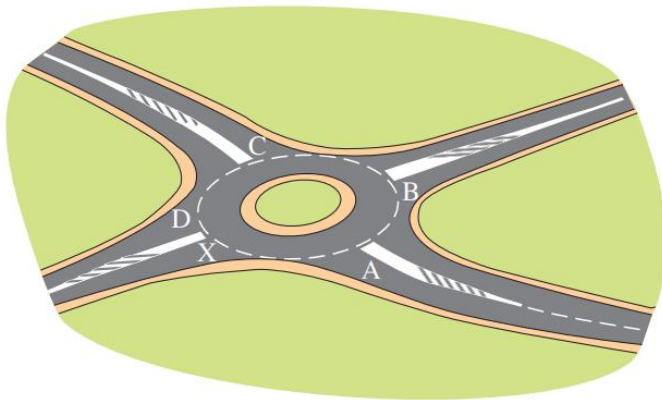


Abb. 4: Kreisverkehr zur Frage, wo die Geschwindigkeit gleich sein kann

## Literatur

- 1 Jung, W., Reul, H. & Schwedes, H.: Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6. Frankfurt am Main: Diesterweg, 1975.
- 2 Wilhelm, T. & Spatz, V.: in diesem Heft
- 3 Müller, R., Wodzinski, R. & Hopf, M.: Schülervorstellungen in der Physik: Festschrift für Hartmut Wiesner, Hallbergmoos: Aulis, 2011.
- 4 Schecker, H., Wilhelm, T., Hopf, M. & Duit, R.: Schülervorstellungen und Physikunterricht. Berlin: Springer, 2018.



- 5 Wiesner, H.: Unterrichtsversuche zur Einführung in die Newtonsche Mechanik. In: Wiesner, H.: Verbesserung des Lernerfolgs durch Untersuchungen von Lernschwierigkeiten im Physikunterricht. Habilitationsschrift, Universität Frankfurt/M., 1992, 261-272.
- 6 Wiesner, H.: Zum Einführungsunterricht in die Newtonsche Mechanik: Statisch oder dynamisch? In: Naturwissenschaften im Unterricht (1994a), 16-23.
- 7 Wiesner, H.: Verbesserung des Lernerfolgs im Unterricht über Mechanik: Schülervorstellungen, Lernschwierigkeiten und fachdidaktische Folgerungen. In: Physik in der Schule (1994b), 122-126.
- 8 Wodzinski, R. & Wiesner, H.: Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Beschreibung von Bewegungen und Geschwindigkeitsänderungen. In: Physik in der Schule (1994a), 164-168.
- 9 Wodzinski, R. & Wiesner, H.: Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Zusatzbewegung und Newtonsche Bewegungsgleichung. In: Physik in der Schule (1994b), 202-207.
- 10 Wodzinski, R. & Wiesner, H.: Einführung in die Mechanik über die Dynamik: Die Newtonsche Bewegungsgleichung in Anwendungen und Beispielen. In: Physik in der Schule (1994c), 331-335.
- 11 Tobias, V.: Newtonsche Mechanik im Anfangsunterricht. Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen. Berlin: Logos, 2010.
- 12 Lehrplan plus Bayern, <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/8/physik>
- 13 Wiesner, H., Wilhelm, T., Waltner, C., Tobias, V., Rachel, A. & Hopf, M.: Kraft und Geschwindigkeitsänderung. Neuer fachdidaktischer Zugang zur Mechanik. Hallbergmoos: Aulis in der Stark Verlagsgesellschaft, (2016)
- 14 Schüller, F.; Wilhelm, T.: Mechanik in Jahrgangsstufe 7 - Zweidimensional und multimedial – In: Nordmeier, V.; Oberländer, A.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media – LOB.de, Berlin, 2008