

## Lehr-Lern-Labor „Videoanalyse zweidimensionaler Bewegungen“ Konzeption und Durchführung

Andreas Eberlein, Thomas Wilhelm

Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik, Am Hubland, 97074 Würzburg  
[andreas.eberlein@physik.uni-wuerzburg.de](mailto:andreas.eberlein@physik.uni-wuerzburg.de), [thomas.wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de](mailto:thomas.wilhelm@physik.uni-wuerzburg.de)

### Kurzfassung

Der außerschulische Lernort gewinnt immer mehr an Bedeutung. Vor diesem Hintergrund sollen Schülerinnen und Schüler der siebten und achten Jahrgangsstufe der Realschule und des Gymnasiums in einem Lehr-Lern-Labor die wichtigsten Grundbegriffe der Mechanik anhand zweidimensionaler Bewegungen selbst erkunden. In spielerischen Experimenten an verschiedenen Stationen, unter anderem mit Carrera- und Darda-Bahn, werden Bewegungsabläufe betrachtet und gefilmt. Mit Hilfe des Videoanalyseprogramms „measure dynamics“ ist es möglich, die aufgezeichneten Filmsequenzen zu analysieren und die Geschwindigkeit sowie die Beschleunigung visuell durch Vektorpfeile sichtbar zu machen. In diesem Artikel wird auf die Konzeption, didaktische Überlegungen und die Durchführung des Labors eingegangen.

### 1. Einführung

Das Gebiet der Mechanik zeichnet sich besonders durch seine hohe Anschaulichkeit aus. Bewegungsabläufe können leicht auf Realsituationen im Alltag übertragen werden [1]. So sind fahrende Autos und Züge ideale Anschauungsobjekte für zweidimensionale Bewegungen. Um die im Alltag oft auf skalare Größen reduzierten Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung mit korrekten physikalischen Größen zu beschreiben, ist es wichtig, diese im Zweidimensionalen einzuführen [2]. Dadurch kann den Fehlvorstellungen von Schülerinnen und Schülern (im Folgenden Schüler genannt) entgegengewirkt werden. Deswegen wurde im Lehr-Lern-Labor „Videoanalyse zweidimensionaler Bewegungen“ auf diesen Aspekt sowie auf die dynamisch ikonische Repräsentation besonderer Wert gelegt [3]. Als Medium wurden deshalb von Schülern selbst aufgenommene Videos verwendet, die es ermöglichen, die zugrunde liegende Struktur eines physikalischen Vorgangs mit dem Alltag zu verbinden [4].

Durch den Einsatz moderner Medien wie Videoanalyse können Lernprozesse optimiert und offene Aufgabenstellungen umgesetzt werden [4]. Mit dem Programm „measure dynamics“ (von Phywe) ist es möglich, zweidimensionale Bewegungen durch Videoanalyse einfach und berührungsfrei zu messen [5]. Zudem hilft die räumliche und zeitliche Kontinuität zwischen den Videos der Experimente und den zugehörigen Darstellungen physikalischer Größen den Schülern zu jedem Zeitpunkt eine Verbindung zwischen Realität und physikalischen Aussagen herzustellen [6]. Weiter bietet „measure dynamics“ die Möglichkeit durch Stroboskopbilder und Vektoreinblendungen physikalische Sachverhalte

direkt im Video zu analysieren [5]. So sind ideale Voraussetzungen für eine einfache und schnelle Analyse der erstellten Filme geschaffen.

Das Ziel eines jeden Schülerlabors ist es, das Interesse der Jugendlichen für die Physik zu steigern [7]. Deshalb wurde ein Lernumfeld geschaffen, das zur aktiven Auseinandersetzung mit möglichst lebensweltbezogenen Situationen anregt, woraus eine entspannte Atmosphäre zum Experimentieren entsteht [8]. Da es uns auch darum geht, dass die betreuenden Studierenden und die beobachtenden Lehrkräfte etwas dazulernen und positive Erfahrungen machen, sprechen wir vom „Lehr-Lern-Labor“.

Das Lehr-Lern-Labor wurde im März 2011 von drei Klassen wahrgenommen. Diese setzten sich aus zwei siebten Klassen aus einem Gymnasium sowie einer achten Klasse aus einer Realschule zusammen.

### 2. Konzeption

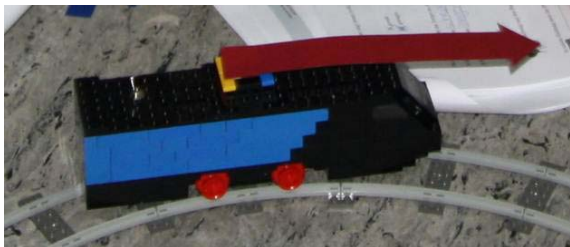
Das Lehr-Lern-Labor besteht aus insgesamt sieben Stationen. Die mehrfach vorhandenen Stationen „Eisenbahn“ und „Flummi“ dienen zur Einführung der Begriffe Geschwindigkeit und Beschleunigung sowie deren Darstellung mit Vektorpfeilen und werden von allen Gruppen gleichzeitig durchgeführt. Die anschließenden Stationen „Carrera-Bahn“, „Schiffschaukel“, „Speed-Bus“ und „Darda-Bahn“ werden im Rotationsprinzip abwechselnd von den vier Gruppen durchlaufen. Abschließend wird der mehrfach vorhandene „Torschuss“ wieder von allen Gruppen parallel absolviert.

### 3. Durchführung

Im Folgenden werden die einzelnen Stationen beschrieben sowie deren Durchführung erläutert.

### 3.1. Station Eisenbahn

Bei der Station „Eisenbahn“ wird die vektorielle Größe Geschwindigkeit eingeführt. Der Versuchsaufbau besteht aus einer Eisenbahn, die mit konstantem Tempo auf Gleisen ihre Runden dreht. Die Schüler lernen, dass sie sich den Geschwindigkeitsvektor wie einen Pfeil vorstellen können. Dafür soll an der Lok ein Papppfeil angebracht werden.

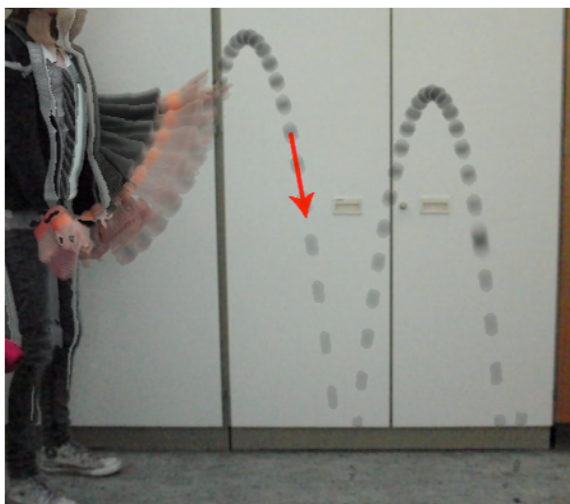


**Abb. 1:** Eisenbahn mit angebrachtem Papppfeil für die Geschwindigkeit

Als Lernziel erkennen die Schüler, dass sich die Geschwindigkeit aus Richtung und Tempo zusammensetzt. Anschließend wird der Zug ohne Papppfeil gefilmt, mit dem Videoprogramm „measure dynamics“ analysiert und der so erstellte Geschwindigkeitsvektor mit den vorherigen Aussagen abgeglichen.

### 3.2. Station Flummi

In der zweiten Station wird ein Gummiball auf den Boden geworfen und das Springen gefilmt. Mit Hilfe des Videoanalyseprogramms erstellen die Schüler ein Stroboskopbild. Dieses Bild wird auf das Arbeitsblatt übertragen. Zu drei beliebigen Zeitpunkten soll ein Geschwindigkeitspfeil eingezeichnet werden. Anschließend gleichen die Schüler ihre Zeichnungen mit den analysierten Videos am Computer ab.

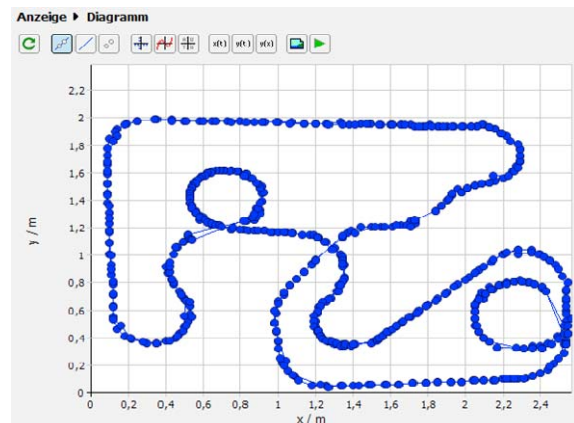


**Abb. 2:** Stroboskopbild des springenden Gummiballs

Diese Station behandelt die Änderung der Richtung des Geschwindigkeitsvektors im Laufe der Zeit. Die Schüler erkennen, dass die Länge des Geschwindigkeitsvektors vom Tempo abhängt. Bei Bodenkontakt verschwindet der Vektor, da dessen Länge null ist.

### 3.3. Station Carrera-Bahn

Auf einer vorgegeben Fläche am Fußboden bauen die Schüler eine Fahrbahn auf. Anschließend wird das Rennen gefilmt, auf den Computer übertragen und analysiert. Aus der von „measure dynamics“ errechneten Tabelle des Geschwindigkeitsbetrages wird die Höchstgeschwindigkeit ermittelt und in die für die Schüler alltagsverständliche Einheit „Kilometer pro Stunde“ umgerechnet. Die Bahnkurve wird als Diagramm (Abb. 3) ausgegeben. So kann die Bewegung des Autos beschrieben und die zurückgelegte Route bestimmt werden.

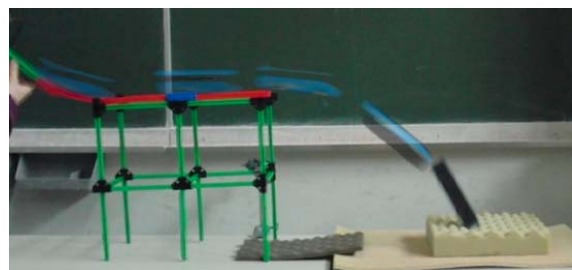


**Abb. 3:** Die Bahnkurve der der Carrera-Bahn in „measure dynamics“ als  $y(x)$ -Diagramm erzeugt

Lernziel dieser Station ist die Beschreibung einer Bewegung durch die Feststellung des Ortes zu bestimmten Zeitpunkten. Hier kann das Tempo nicht abgelesen werden.

### 3.4. Station Speed-Bus

Nachdem die Schüler den Ausschnitt aus dem Film Speed, in dem ein Bus über einen fehlenden Brückenabschnitt springt, angesehen haben, sollen sie einschätzen, ob der Sprung physikalisch möglich ist. Dieser ist als Realexperiment nachgebaut. Die Schüler sollen nun mit Hilfe des Videoanalyseprogramms feststellen, wie das zweite Brückenteil positioniert werden muss, damit der Bus heil auf der anderen Seite landet. Dazu erzeugen sie ein Stroboskopbild und betrachten die Flugbahn des Busses.



**Abb. 4:** Stroboskopbild des fallenden Busses

Lernziel dieser Station ist die Beschreibung der Wurfbewegung. Die Schüler erkennen, dass der Bus auf einer gekrümmten (parabelförmigen) Bahn auf den Boden fällt.

### 3.5. Station Schiffschaukel

Diese Station besteht aus einer aus Holz nachgebauten Schiffschaukel sowie einem mit einem Plexiglas versehenen TFT-Monitor. Das Video der gefilmten Schiffschaukel wird bis zu deren Stillstand auf dem Monitor betrachtet (siehe Abb. 5) und die jeweiligen Maximalhöhen der Schaukel mit einem Folienstift direkt auf dem Glas vor dem Bildschirm markiert. Die Schüler erkennen, dass die Maximalhöhe bei jedem Durchgang abnimmt und führen dies auf die Reibung zurück. Lernziel dieser Station ist die Einführung der Reibung. Diese bewirkt ein Abbremsen der Schaukel.



Abb. 5: Schülerin beim Analysieren der Videosequenz

Anschließend wird das Video analysiert und Geschwindigkeits- und Beschleunigungspfeil eingetragen (siehe Abb. 6). Es wird erkannt, dass eine Änderung des Tempos eine Längenänderung des Geschwindigkeitspfeils bewirkt. Die Auswirkung der Richtungsänderung wird durch den Beschleunigungsvektor beschrieben.

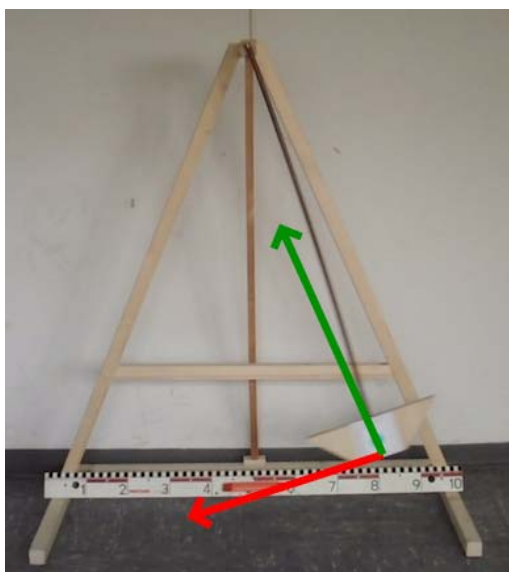


Abb. 6: Geschwindigkeitsvektor (rot) und Beschleunigungsvektor (grün) der Station „Schiffschaukel“

### 3.6. Station Darda-Bahn

Es wird die Durchfahrt eines Loopings gefilmt und analysiert. Aus der angezeigten Wertetabelle wird die Höchstgeschwindigkeit ermittelt und in km/h umgerechnet. Anschließend ergänzen die Schüler in fünf Momentaufnahmen der Loopingfahrt in ihren Arbeitsblättern den Geschwindigkeitspfeil und überprüfen ihre Aussagen mit Hilfe der Videoanalyse-Software.

Daraufhin erläutert der Betreuer den Zusammenhang von Tempo- bzw. Richtungsänderung mit dem Beschleunigungsvektor. In weiteren drei Momentaufnahmen wird der Beschleunigungsvektor eingezeichnet und wiederum mit dem von „measure dynamics“ analysierten Video abgeglichen. Während der Loopingfahrt zeigt der Beschleunigungsvektor stets ungefähr zum Mittelpunkt der kreisförmigen Loopingbahn (Abb. 7).

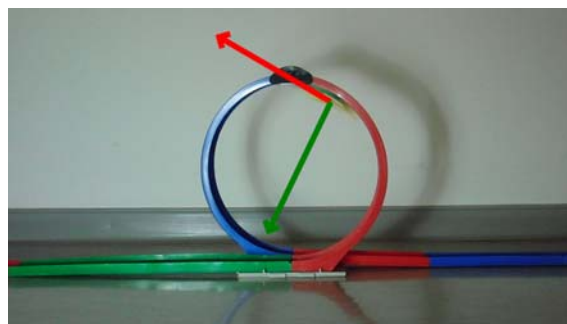


Abb. 7: Eine Loopingfahrt mit von „measure dynamics“ eingezeichnetem Geschwindigkeitsvektor (rot) und Beschleunigungsvektor (grün)

Lernziel dieser Station ist der korrekte Umgang mit dem Geschwindigkeits- und Beschleunigungsvektor. Es wird erkannt, dass der Beschleunigungsvektor eine Tempo- bzw. Richtungsänderung beschreibt.

### 3.7. Station Torschuss

Diese mehrfach vorhandene und von allen Gruppen gleichzeitig bearbeitete Station führt die Größe der Zusatzgeschwindigkeit ein. Die Schüler erhalten die Aufgabe, eine seitlich einrollende Metallkugel mit einem Holzbrett nach vorne in ein Tor zu schießen.

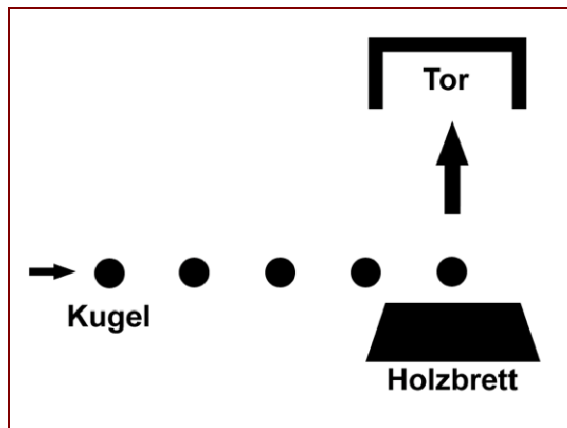


Abb. 8: Aufgabe Station „Torschuss“



Dabei verfehlen sie anfangs oft das Ziel. Nach und nach erkennen sie, dass der Stoß mit dem Brett nicht in Richtung des Tores erfolgen darf, sondern der heranrollenden Kugel entgegenwirken muss oder dass ein senkrechter Stoß weiter links geschehen muss. An dieser Stelle wird die Vektoraddition eingeführt. Lernziel dieser Station ist die Erkenntnis, dass durch eine Einwirkung von außen die Kugel eine Zusatzgeschwindigkeit erhält. Diese addiert sich zur bereits bestehenden Geschwindigkeit der einrollenden Kugel.

Mit Hilfe dieser Zusatzgeschwindigkeit kann im Unterricht die Newtonsche Bewegungsgleichung (2. Newtonsches Gesetz) in der Form  $F \cdot \Delta t = m \cdot \Delta \vec{v}$  eingeführt werden [9-10]. Dies war jedoch nicht mehr Teil des Lehr-Lern-Labors.

#### 4. Erfahrungen

Die anfänglichen Bedenken, die Schüler mit der Technik der Videokameras (Casio EX-FS10) und des Videoanalyseprogramms zu überfordern, wurden schnell widerlegt. Der Umgang mit der Kamera fiel den Schülern erstaunlich leicht. So haben sie sich schnell in das intuitiv bedienbare Programm „measure dynamics“ eingearbeitet und der Vektorcharakter wurde durch die automatische Einblendung von Geschwindigkeits- und Beschleunigungspfeil besonders gut ersichtlich. Durch die Einführung im Zweidimensionalen fiel den Schülern die Unterscheidung zwischen Tempo und Geschwindigkeit leicht. Außerdem verknüpfen die Schüler nun Alltagsgeschehen mit Physik, da sie nun reale Situationen, wie z.B. eine Kurvenfahrt im Auto, mit physikalischen Begriffen und Gesetzen erklären können.

Das Lehr-Lern-Labor wurde sehr gut von den Schülern angenommen, da der Fragebogen, der am Ende des Labors ausgefüllt wurde, belegt, dass die Mehrheit der Schüler gerne ein weiteres Schülerlabor besuchen möchte. Auch begleitende Lehrkräfte wurden dadurch motiviert, selbst einmal die Videoanalyse im Unterricht einzusetzen und dazu selbst Videos mit Schülern aufzunehmen.

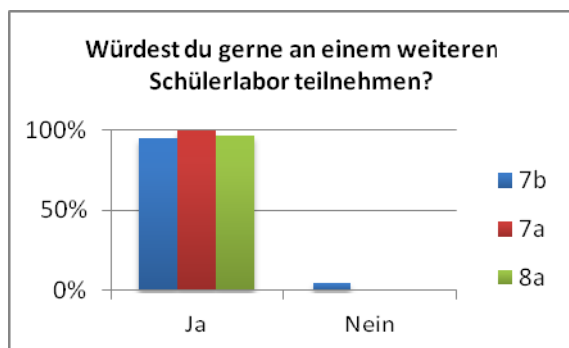


Abb. 9: Auszug Fragebogen

#### 5. Literatur

- [1] Duit, Reinders (1993): Alltagsvorstellungen berücksichtigen! In: Praxis der Naturwissenschaften, 42(6)
- [2] Wilhelm, Thomas; Heuer, Dieter (2002): Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden - durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 51, Nr. 7S. 29 - 34
- [3] Wilhelm, Thomas (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
- [4] Michel, Christine; Wilhelm, Thomas (2008): Lehrvideos mit dynamisch ikonischen Repräsentationen zu zweidimensionalen Bewegungen. In: V. Nordmeier und A. Oberländer: Beiträge zur Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik der DPG, Berlin
- [5] Benz, Michael; Wilhelm, Thomas (2008): measure Dynamics – Ein Quantensprung in der digitalen Videoanalyse. In: Nordmeier, V.; Grötzebauch, H. (Hrsg.): Didaktik der Physik - Berlin 2008, Lehmanns Media, Berlin
- [6] Wilhelm, Thomas (2009): Videoanalyse mit unterschiedlichen Darstellungsformen. In: Höttecke, D.: Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP, Schwäbisch Gmünd
- [7] Engeln, Kathrin (2004): Schülerlabors - authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. In: Studien zum Physiklernen: Aulis-Verl. Deubner (Band 36).
- [8] Euler, Manfred (2009): Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln. In: Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P.: Physikdidaktik - Theorie und Praxis, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [9] Walter, Christine; Tobias, Verena; Wiesner, Hartmut; Hopf, Martin; Wilhelm, Thomas (2010): Ein Unterrichtskonzept zur Einführung in die Dynamik in der Mittelstufe. In: Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule 59, Nr. 7, 2010, S. 9 - 22
- [10] Wilhelm, Thomas; Tobias, Verena; Walter, Christine; Hopf, Martin; Wiesner, Hartmut (2011): Zweidimensional-dynamische Mechanik – Ergebnisse einer Studie. In: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestagung der GDCP in Potsdam 2010, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 31, Lit-Verlag, Münster