

Bewegungen ortsunabhängig analysieren – Videoanalyse mit dem Tablet im Mechanikunterricht

Sebastian Becker, Alexander Gößling, Jochen Kuhn

Technische Universität Kaiserslautern

Überblick

Schwierigkeitsgrad	für Fortgeschrittene
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	Physik
Durchführungsdauer/Zeitaufwand	mindestens 2 Doppelstunden, Projektarbeit
Zielgruppe	Sekundarstufe II (Einführungsphase)
Themengebiet	Mechanik, Bewegungslehre
Ziele	<ul style="list-style-type: none">◆ Schülerinnen und Schüler erstellen selbst Videos von Bewegungsvorgängen.◆ Schülerinnen und Schüler führen eine Videoanalyse durch und ermitteln so die zeitabhängigen Messgrößen Ort und Geschwindigkeit.◆ Schülerinnen und Schüler erlangen ein vertieftes Verständnis der Bewegungslehre, indem sie bei der Videoanalyse zwischen verschiedenen Repräsentationsformen (Video, Stroboskopspur, Wertetabelle, Diagramme, Formeln) wechseln.
Kompetenzbereiche	Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren: 1.2.1 Produzieren und Präsentieren: 3.1.1, 3.2.1, 3.2.2, 3.3.3

- **Worum geht es?** Mit der Videoanalyse-Applikation können Schülerinnen und Schüler mit der integrierten Kamera eines iPads die Bewegungen von beliebigen Körpern eigenständig aufnehmen und die physikalischen Gesetzmäßigkeiten nahezu in Echtzeit analysieren – und zwar orts- und zeitunabhängig. Durch die hohen Bildwiederholungsraten von Tablet-PCs können auf diese Weise auch sich schnell bewegende Objekte untersucht werden. Die einzelnen Prozessschritte der Videoanalyse können dabei auf ein und demselben mobilen Endgerät durchgeführt werden, von der Aufnahme des Videos über die Erfassung von Positions- und Geschwindigkeitsdaten bis hin zur Visualisierung der Messdaten in unterschiedlichen Repräsentationsformen. Die Mobilität des Tablet-PCs ermöglicht die physikalische Untersuchung in für die Schülerinnen und Schüler natürlichen Umgebungen. So können beispielsweise Freihandversuche zu Wurfbewegungen mit Alltagsmaterialien auf dem Schulhof oder dem Spielplatz anstatt im Physikfachraum durchgeführt und somit physikalische Lerninhalte an die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler angekoppelt werden.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Grundlegende Funktionen eines iPads, Bedienung der Videoanalyse-Applikation, gegebenenfalls Bedienung der Datenanalyse-Applikation, Bemerkung: Entsprechendes Material zur Vermittlung des Vorwissens wurde von den Autoren erstellt und findet sich unter „Material für den Unterricht“.
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Grundlagenwissen zur Bewegungslehre aus der Mittelstufe ist wünschenswert, aber nicht unbedingt erforderlich.

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien

Geräteanzahl	Betriebssystem	Gerätetyp
<input type="checkbox"/> nur Lehrkraft <input checked="" type="checkbox"/> 1 Gerät pro Gruppe <input type="checkbox"/> 1:1-Ausstattung	<input checked="" type="checkbox"/> iOS <input type="checkbox"/> Android <input type="checkbox"/> Windows <input type="checkbox"/> macOS <input type="checkbox"/> Linux	<input type="checkbox"/> Smartphone <input checked="" type="checkbox"/> Tablet (iPad) <input type="checkbox"/> Notebook <input type="checkbox"/> Desktop-PC

Um die Unterrichtssequenz wie im angefügten Material durchzuführen, werden zusätzlich für jede Experimentiergruppe ein Aluminium-U-Profil, eine dazu passende Stahlkugel und Stativmaterial benötigt, um die Schiene zu neigen. Ein Stativ für das Tablet ist hilfreich.

▶ Software

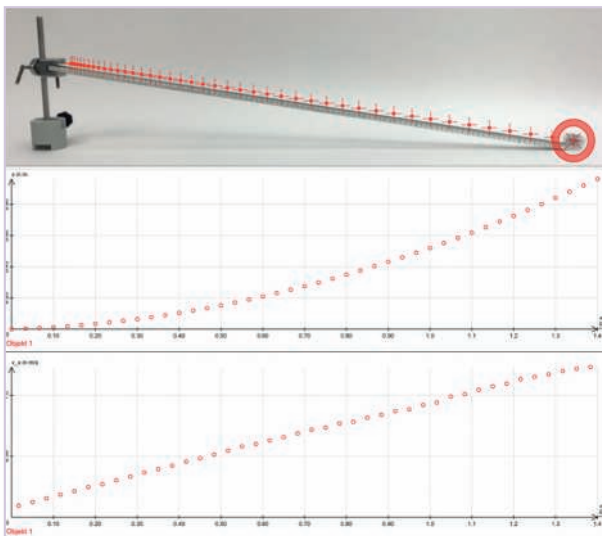
App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
Viana – Videoanalyse	kostenlos	iOS	Videoaufnahme, Videoanalyse, Messwertdarstellung	nein
Vernier Graphical Analysis	kostenlos	iOS und Android	Detailanalyse der aufgenommenen Messwerte	nein

Einsatz im Unterricht

► Wie geht das?

Nach dem Start der Videoapplikation können Sie entweder ein neues Video aufnehmen oder eines von zwei Beispielvideos (Federpendel oder Fadenpendel) analysieren. Wenn Sie ein neues Video aufnehmen möchten, stellen Sie zunächst die gewünschte Bildwiederholungsrate ein (30, 60 oder 120 Einzelaufnahmen pro Sekunde). Anschließend stellen Sie die Shutter-Zeit und die Helligkeit so ein, dass das zu verfolgende Objekt noch gut gegen den Hintergrund erkennbar ist. Dafür muss die Shutter-Zeit kleiner als die Bildwiederholungsrate sein. Nach der Aufnahme können Sie das Video über Schaltflächen am unteren Bildschirmrand analysieren. Über die Schaltfläche „Details“ können Sie den Abschnitt des Videos auswählen, der analysiert werden soll. Legen Sie den Maßstab für die Bewegungsanalyse fest, indem Sie auf die entsprechende Schaltfläche tippen, anschließend eine Strecke bekannter Länge zwischen einem Start- und Endpunkt markieren und dafür die reale Länge eingeben. Beachten Sie, dass im Video ein Objekt aufgenommen wird, für das eine bekannte Länge angegeben werden kann. Positionieren Sie nachfolgend das Koordinatensystem im Videobild über die gleichnamige Schaltfläche. Beachten Sie, dass Position und Orientierung des Koordinatensystems auch nach erfolgter Objektverfolgung verändert werden können, die Bewegungsdiagramme werden automatisch von der Applikation angepasst. Für die Objektverfolgung können Sie zwischen manueller (die Position des Objekts muss mit dem Finger markiert werden) und automatischer

Objekterkennung wählen. Für die automatische Erkennung stehen Ihnen zwei Schaltflächen zur Verfügung: „Bewegungserkennung“ (die Positionserkennung des Objekts erfolgt über die Analyse des Hell-Dunkel-Kontrasts) und „Farberkennung“ (die Positionserkennung des Objekts erfolgt über die Analyse des Farbkontrasts). Die zeitabhängige Position des Objekts wird im Videobild als überlagerte Stroboskopabbildung dargestellt (siehe Abbildung 1, oben). Durch ein Antippen der Schaltfläche „Diagramme“ rufen Sie die Visualisierung der Messdaten auf. Die Applikation ermittelt dazu automatisch die eindimensionalen Positions- und Geschwindigkeitswerte des verfolgten Objekts entlang der Koordinatenachsen und stellt die Messwerte zum einen in einem zweidimensionalen x-y-Positions-Diagramm und zum anderen in eindimensionalen Zeit-Position- und Zeit-Geschwindigkeit-Diagrammen dar (siehe Abbildung 1, unten). Die Daten können abschließend in anderen Applikationen zur weiteren Analyse verwendet werden, z. B. für eine Regressionsanalyse mithilfe von Vernier Graphical Analysis. Details zur Bedienung finden sich in den digitalen Ressourcen zum Download.



▲ **Abb. 1** Bildschirmaufnahmen der Videoanalyse-Applikation Viana; Realbild und überblendete Stroboskopabbildung (oben), $x(t)$ -Diagramm (mittig) und $v_x(t)$ -Diagramm (unten)

► Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?

Die Methode der Tablet-gestützten Videoanalyse kann sowohl in Erarbeitungsphasen als auch in Übungsphasen in der Mechanik eingesetzt werden. Der Vorteil der Methode ist der hohe Grad an Schülerorientierung und die Zeiteffizienz. Viele Versuche, die sonst nur als Demonstrationsexperiment möglich sind, können nun als Schülerexperiment durchgeführt werden. Durch die automatisierte Messwertaufnahme und die teilautomatische Auswertung sind die Schülerexperimente auf Basis einer Videoanalyse (sofern die Technik einmal erlernt wurde) deutlich weniger zeitintensiv als klassische Schülerexperimente.

Geeignete Inhalte für Erarbeitungsphasen sind beispielsweise die Einführung der gleichförmigen oder gleichmäßig beschleunigten Bewegung durch kontextfreie Versuche (eine Kugel rollt auf einer ebenen oder geneigten Schiene). Ebenso kann aber auch eine gleichmäßig gehende Person zur Analyse genutzt werden.

Weitere Beispiele für Erarbeitungsphasen sind Fallbewegungen. Hierbei können jegliche Arten von Bällen genutzt werden. Alternativ kann aber auch die Abwärtsbewegung einer hüpfenden Person

untersucht werden. Eine farbige Markierung (roter Punkt) an der Kleidung der Person erleichtert die Videoanalyse. Interessante Erweiterungen ergeben sich bei Fallversuchen, bei denen Reibung eine Rolle spielt. Hier lassen sich Bezüge von frei fallenden Backförmchen zum Fallschirmspringen herstellen (Becker, Klein, Kuhn, & Wilhelm, 2018). Der Fall einer Metallkugel in einem Gefäß gefüllt mit Rapsöl und Glycerin weist Parallelen zu Stratosphärensprüngen auf (Göbbling, Becker & Kuhn, 2021).

In Übungsphasen kann die Tablet-gestützte Videoanalyse dazu dienen, den Umgang und den Wechsel zwischen verschiedenen Darstellungsformen zu vertiefen. Hierbei bieten sich klassische Arbeitsblätter an, bei denen eine Darstellungsform einer Bewegung vorgegeben ist (z. B. eine Wertetabelle aus Zeit und Ort) und bei der alle anderen Darstellungsformen (z. B. ein Zeit-Ort-Diagramm, ein Zeit-Geschwindigkeit-Diagramm, Formeln für Orts- und Geschwindigkeitsabhängigkeit, eine Stroboskopspur der Bewegung) ergänzt werden müssen. Ein schon vorhandenes Video dieser Bewegung kann genutzt werden, um diese Aufgaben eigenständig zu lösen oder auch schon gelöste Aufgaben zu kontrollieren.

► **Was muss ich beachten?**

Zur erfolgreichen Nutzung der besonders zeitsparenden automatischen Bewegungserkennung muss bei der Videoaufnahme auf einen möglichst einfarbigen Hintergrund ohne Kantenübergänge geachtet werden. Die Bilderkennung würde sonst an diesen Kanten hängen bleiben. Das zu verfolgende Objekt muss scharf gestellt sein (auf das entsprechende Objekt im Bild tippen). Die Kamera sollte ruhig gehalten werden sowie parallel zur Bewegungsebene ausgerichtet sein, um Bildverzerrungen möglichst zu vermeiden. Die Verwendung eines Stativs verbessert die Qualität der Aufnahmen deutlich. Start und Ende der Bewegung müssen im Bild sein. Es darf kein Kamerасhwenk erfolgen. Ein Maßstab (eine bekannte Länge im Bild) sollte immer mit aufgenommen werden.

Sollten Videoaufnahmen von Personen gemacht werden, muss die Einverständniserklärung von Erziehungsberechtigten gemäß der im entsprechenden Bundesland geltenden Datenschutzvorschriften vorliegen. Zusätzlich sollte über die Wahrung der Persönlichkeitsrechte (Recht am eigenen Bild) gesprochen werden. Die Autoren empfehlen, die iPads bei der Durchführung solcher Videoaufnahmen vom Internet zu trennen und die Aufnahmen direkt nach Durchführen der Unterrichtseinheit zu löschen.

Material für den Unterricht

- **Weiterführende Materialien**
- ◆ Anleitungsheft
 - ◆ Experimentieranleitung zur gleichförmigen Bewegung
 - ◆ Experimentieranleitung zur beschleunigten Bewegung

Alle hier vorgestellten Materialien finden Sie auf www.mint-digital.de/unterrichtsidee unter „Videoanalyse“.



Weiterführende Literatur

Becker, S., Göbbling, A., Thees, M., Klein, P., & Kuhn, J. (2020). Mobile Videoanalyse im Mechanikunterricht. *Plus Lucis*, 1, 24–31.

Becker, S., Klein, P., Kuhn, J., & Wilhelm, T. (2018). Viana analysiert Bewegungen. *Physik in unserer Zeit*, 49(1), 46–47.

Göbbling, A., Becker, S., & Kuhn, J. (2021). Hands-on experiment for modeling the Baumgartner jump using free-fall kinematics with drag. *The Physics Teacher*, 59, 111–113.

Weitere Informationen und Materialien finden Sie unter: www.mint-digital.de/unterrichtsidee