

# Sport und Physik



Dionysis Konstantinou

Damjan Štrus



## 1 | Zusammenfassung

In dieser Lehreinheit stellen wir einige Beispiele vor, wie Schüler Smartphones für physikalische Videoanalysen unterschiedlicher physikalischer Ereignisse (Bewegungen) einsetzen können. Man kann das Smartphone für die gesamte Analyse nutzen, man kann es aber auch mit dem Freeware-Programm Tracker (oder einem ähnlichen Programm) kombinieren.

- ▶ **Stichwörter:** Tracker, Physik, Videoanalyse
- ▶ **Fach:** Physik (lineare Bewegungen und Kurvenbewegungen, Pendelbewegungen, Kollisionen)
- ▶ **Altersgruppe der Schüler:** 15–19 Jahre
- ▶ **Android-App:** VidAnalysis (Veröffentlichung im Dezember 2014)
- ▶ **iOS-Apps:** Adidas Snapshot, Video Physics von Vernier
- ▶ **Zusätzliche Computer-Software:** Tracker

## 2 | Vorstellung des Konzepts

Die Schüler bereiten einen Versuch vor oder beobachten ein Ereignis (siehe Beispiele unten), nehmen ein Video auf und importieren es in eine App, die eine physikalische Analyse des ausgewählten Phänomens durchführen kann (Smartphone-App oder Tracker).

### Die Schüler bekommen folgende Aufgabenstellung:

- ▶ Vergleich ihres theoretischen Wissens mit ihren eigenen Daten, die sie aus einem Echtzeitexperiment oder -ereignis erhalten haben und/oder
- ▶ Ableitung eines physikalischen Gesetzes.

Dieses Projekt ist sehr gut für außerschulische Lernorte geeignet (Exkursion, Klassenfahrt, Sommercamp etc.), wenn die Schüler kein Unterrichtsmaterial, sondern nur ihr Smartphone dabei haben. Sie können sogar während der Busfahrt mit dem Smartphone lernen, statt nur Spiele zu spielen.

## 3 | Aufgabe der Schüler

Die Schüler müssen zunächst entscheiden, ob sie ein neues Video aufnehmen, ein bereits vorhandenes Video auf ihrem Smartphone auswählen oder ein kostenloses Video aus Sample Videos (E-Book, Beispiele aus Tracker oder einem ähnlichen Programm) auf ihr Smartphone laden möchten. Hier einige Beispiele physikalischer Experimente oder Ereignisse, die Schüler mit ihrem Smartphone aufnehmen können:

- ▶ schräger Basketballwurf
- ▶ horizontaler Basketballwurf
- ▶ freier Fall und vertikaler Wurf eines Basketballs
- ▶ Beschleunigung eines Radfahrers auf horizontaler Ebene (in verschiedenen Gängen)

- ▶ freie Beschleunigung eines Radfahrers (oder Tennisballs) bergab
- ▶ harmonische oder gedämpfte Schwingungen einer Feder
- ▶ Lauf der Spitze des Sekundenzeigers einer Uhr
- ▶ Fahrt eines Autos in einem Kreisverkehr
- ▶ elastische und inelastische Kollisionen in einer Luftförderrinne

Im gleichnamigen iBook „iStage 2“ sind einige Beispielvideos, die unsere Schüler während ihrer Projektarbeit aufgenommen haben, zu finden.

Wenn die Schüler Bewegungen aufnehmen, müssen sie auf einige wichtige Faktoren achten. Wir erklären unsere Tipps anhand des Beispiels eines schrägen Basketballwurfs.

ABB.1 Screenshot des Videos von einem schrägen Basketballwurf



- ▶ Während der Aufnahme müssen die Schüler ihre Smartphones ruhig halten. Sie sollten die Kamera nicht bewegen, da die Analyse von einer fixen Kameraposition ausgeht. Auch muss die Bewegungsebene parallel zur Ebene der Kameralinse bleiben.
- ▶ Das bewegte Objekt sollte etwa in einer Ebene bleiben, die sich im rechten Winkel zur Sichtrichtung befindet.
- ▶ Das Video muss aus kleinstmöglichem Abstand aufgenommen werden, doch der gesamte Bewegungsablauf muss sichtbar sein. Hier bedeutet dies, dass der Basketball nicht an der Spitze der Parabel aus dem Bild verschwinden darf.
- ▶ Die Schüler müssen eine echte Dimension des bewegten Objekts messen, um den Maßstab des Videos zu bestimmen. In unserem Beispiel haben wir dazu den Durchmesser des Basketballs genommen.
- ▶ Während der Aufnahme sollten die Schüler für eine möglichst hohe Bildqualität auf die Lichtverhältnisse achten.

Nach der Aufnahme und dem Import des Videos in die App sollten die Schüler eine physikalische Analyse des ausgewählten Phänomens durchführen. Zur Durchführung der Videoanalyse

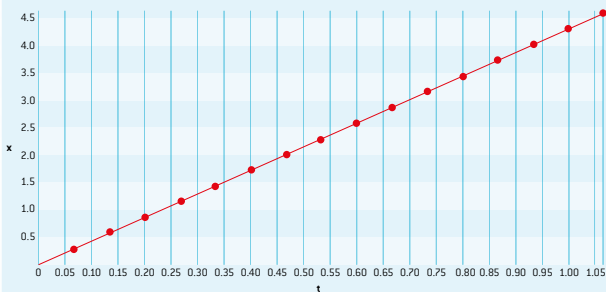


können die Schüler eine der o. g. Apps, Tracker oder ein ähnliches Programm verwenden. Eine vollständige Anleitung zum Gebrauch von Tracker ist in der iStage 1 Broschüre unter [www.science-on-stage.de/istage1-download](http://www.science-on-stage.de/istage1-download) zu finden.

Hauptzweck der Analyse ist das Erstellen von Graphen wie  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $y(x)$ ,  $v_x(t)$ ,  $v_y(t)$ ,  $v(t)$ ,  $E_{\text{kin}}(t)$ ,  $E_{\text{pot}}(y)$  etc. Die Schüler nutzen diese Funktionen zur Ableitung weiterer experimenteller Daten, die sie mit einer Theorie vergleichen und für weitere Berechnungen verwenden können.

Im Folgenden einige Ergebnisse (Graphen) und Tipps zum ausgewählten Beispiel (schräger Basketballwurf):

**ABB. 2 Graph  $x(t)$  zum schrägen Wurf**

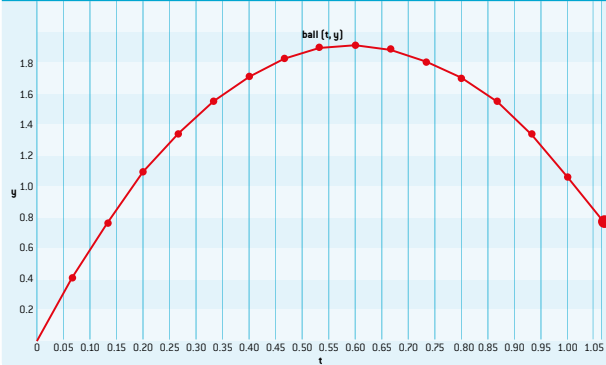


In Graph 1 sieht man, dass  $v_x$  konstant ist; auf der x-Achse ist die Einheit Meter, auf der t-Achse Sekunden. Unter diesem Graphen steht die Gleichung zur Anpassung ( $x = a \cdot t + b$ ) und das Programm liefert uns den Wert der Beschleunigung des Balls in horizontaler Richtung (Parameter a):  $v_x = 4,3 \text{ m/s}$ .

#### Weitere Aufgaben für die Schüler:

- ▶ Umrechnung dieses Werts in km/h und mph.
- ▶ Auswahl zweier Punkte auf der Linie, Berechnung der Steigung und Vergleich mit dem  $v_x$ -Wert.

**ABB. 3 Graph  $y(t)$  zum schrägen Wurf**



Auf der y-Achse ist die Einheit Meter, auf der t-Achse Sekunden. Die Steigung der Tangente der Parabel zeigt die Geschwindigkeit unseres Balls. Das Vorzeichen der Steigung ändert sich, da sich die vertikale Richtung des Balls ändert. Der Ball erreicht den höchsten Punkt am Scheitel, wo die Steigung der Tangente null beträgt.

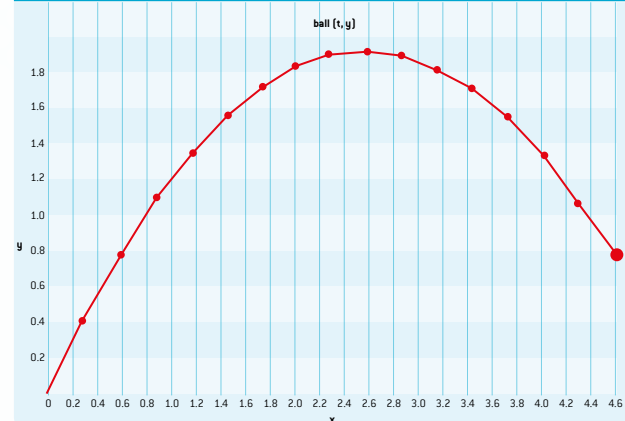
#### Weitere Aufgaben für die Schüler:

**1.** Mathematische Gleichung für die Parabel aufstellen. Physikalische Gleichung für den Weg des Balls bei schrägem Wurf aufstellen. Überlegen, welche Informationen man aus den Parametern der Parabel ziehen kann.

**ABB. 3** zeigt den tatsächlichen Weg des Balls. Die Kurve ist eine Parabel und die Smartphone-App oder Tracker ermöglichen das Anpassen des Weges und die Ermittlung der Parabelparameter.

**2.** Die Schüler sollten basierend auf den Graphen in **ABB. 2** und **3** vier weitere Graphen zeichnen, bevor sie sich die Lösung ansehen:

**ABB. 4 Graph  $y(x)$  zum schrägen Wurf**



Graph  $v_x(t)$  und  $v_y(t)$   
Graph  $a_x(t)$  und  $a_y(t)$

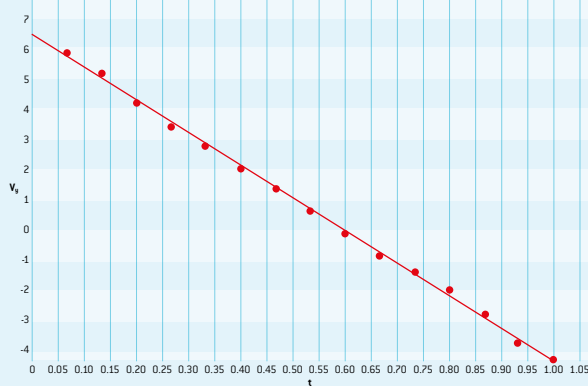
**ABB. 5** zeigt die Veränderung der Geschwindigkeit in der vertikalen Dimension während des Wurfs; auf der  $v_y$ -Achse ist die Einheit Meter pro Sekunde, auf der t-Achse Sekunden.

**3.** Zwei Punkte auf der Linie auswählen und die Steigung der Linie berechnen. Bei der Berechnung die richtigen Einheiten benutzen.

Unter dem Graphen steht die Gleichung zur Anpassung ( $v_y = a \cdot t + b$ ). Vergleich der berechneten Steigung mit dem Parameter a zum Erhalt der Beschleunigung der Bewegung. In diesem Fall:  $a = -10,7 \text{ m/s}^2$  (sollte  $-g$  sein).



**ABB.5 Graph der Veränderung der Geschwindigkeit in der vertikalen Dimension während des Wurfs**



Schnittpunkt der Linie mit der vertikalen Achse ablesen ( $v_y$ ). Man erhält die Anfangsgeschwindigkeit des Balls in vertikaler Richtung [Parameter  $b = v_{y0} = 6,4 \text{ m/s}$ ].

Mit der Gleichung zur Anpassung wird die Zeit berechnet, die der Ball benötigt, um aufzusteigen,  $v_y = a \cdot t + b$ . In diesem Fall:  $t = 0,60 \text{ s}$ .

Mit den vorherigen Daten wird der Höchstpunkt des Balls bei schrägem Wurf berechnet. In diesem Fall:  $h_{\text{max}} = 1,9 \text{ m}$ . Die Berechnung lässt sich in **ABB. 3** überprüfen.

Welche Information erhält man, wenn man die Fläche zwischen den Linien dieses Graphen und der  $t$ -Achse berechnet? Berechnung der Größe dieser Fläche (die richtigen Einheiten verwenden).

Abschließend noch einige Anmerkungen zu VidAnalysis, einer mobilen App für das Android-Betriebssystem, entwickelt 2014 von Richard Sadek (Veröffentlichung in Dezember 2014). Der Gebrauch dieser App in einer frühen Phase ermöglicht den Schülern, etwas über die Grundlagen der physikalischen Analyse dynamischer Phänomene zu lernen. Der Betrieb der App ähnelt dem der zuvor beschriebenen Hilfsmittel. Zu Beginn muss ein physikalisches Phänomen aufgenommen, das Video in die App importiert und die typische Länge des Phänomens im Video bestimmt werden. Die größte Herausforderung ist erneut die möglichst genaue Bestimmung der Position eines bewegten Objekts. Das ist ein großes Problem, da es sehr schwierig ist, auf einem Smartphone-Display ein bewegtes Objekt präzise mit dem Finger anzutippen. Danach zeigt die App sofort eine graphische Analyse von  $x(t)$ ,  $y(t)$  und  $y(x)$ .

#### 4 | Option zur Kooperation

Sie können eine Kooperation zwischen unterschiedlichen Schulen organisieren. Die Schüler der einen Schule bereiten einen Versuch vor, nehmen ein Video auf und schicken es an die Schüler der anderen Schule, die es in Tracker analysieren und einen Bericht schreiben (und umgekehrt). Während der Kooperation können sich die Schüler per Videokonferenz über Skype, Viber oder ein anderes Tool über ihre Erfahrungen austauschen.

#### 5 | Fazit

Die Schüler können eine physikalische Theorie mit Hilfe ihrer eigenen Experimente und anhand von Situationen aus dem echten Leben testen. Sie setzen ihr eigenes Smartphone als Messgerät ein. Auch zur Analyse nutzen sie ihr Smartphone oder per Mausclick ihren Computer – beides sind heutzutage die Lieblingshilfsmittel/-spielzeuge der Schüler. Wenn die Ergebnisse ihres Versuchs zur Theorie passen, ist das für sie eine Bestätigung. Wenn die Ergebnisse nicht passen, können sie über die Gründe dafür nachdenken (ein möglicher Grund ist z. B. der Luftwiderstand; sie könnten das Experiment unter anderen Bedingungen wiederholen).

Durch Auswahl und Analyse eines angemessenen Experiments können die Schüler ein physikalisches Gesetz formulieren.

#### 6 | Persönliche Erfahrung

Die Schüler lernen oder prüfen die Aufnahme nützlicher Videos, lernen den Gebrauch von Video-Analyse-Tools und denken bei Diskrepanzen zwischen Theorie und Praxis über die Gründe nach.



# Impressum

## Entnommen aus

iStage 2 - Smartphones im naturwissenschaftlichen Unterricht erhältlich in Deutsch und Englisch [www.science-on-stage.de/istage2](http://www.science-on-stage.de/istage2)

## Herausgeber

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin

## Revision und Übersetzung

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## Text- und Bildnachweise

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

## Gestaltung

WEBERSUPIRAN.berlin

## Illustration

tacke -atelier für kommunikation  
[www.ruperttacke.de](http://www.ruperttacke.de)

## Bestellungen

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Zur besseren Lesbarkeit wurde auf die Verwendung der weiblichen Form verzichtet. Mit der männlichen Form ist auch stets die weibliche Form gemeint.

Creative-Commons-Lizenz: Attribution  
Non-Commercial Share Alike



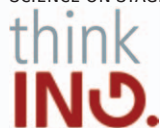
1. Auflage 2014

© Science on Stage Deutschland e.V.



THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

HAUPTFÖRDERER VON  
SCIENCE ON STAGE DEUTSCHLAND



Die Initiative für  
Ingenieurnachwuchs

Ermöglicht durch



## Science on Stage – The European Network for Science Teachers

... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.  
... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.  
... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieurnachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

## Machen Sie mit!

### [WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE)

Newsletter: [www.science-on-stage.de/newsletter](http://www.science-on-stage.de/newsletter)

[www.facebook.com/scienceonstagedeutschland](http://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)

[www.twitter.com/SonS\\_D](http://www.twitter.com/SonS_D)

Science on Stage Deutschland ist Mitglied in Science on Stage Europe e.V.

### [WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU](http://WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU)

[www.facebook.com/scienceonstageeurope](http://www.facebook.com/scienceonstageeurope)

[www.twitter.com/ScienceOnStage](http://www.twitter.com/ScienceOnStage)

