

Martin Soegaard · Damjan Štrus

C

# Naturwissen- schaften und Sport



## EINFÜHRUNG

Die Unterrichtseinheit ist gut geeignet für die Arbeit mit Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und klassischer Mechanik. Das Computerprogramm „Tracker“ (siehe Anhang) dient zum Beispiel gut für Untersuchungen der Position und ihrer abgeleiteten Größen (Geschwindigkeit und Beschleunigung), von Kräften (z.B. Zweites Newtonsches Gesetz) und von Arbeit und Energie (Gravitation, Hookesches Gesetz, potentielle und kinetische Energie). Die Analyse kann von Schülern ab 13 Jahren ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden. Der Umfang der Versuchsauswertung kann mit zunehmendem Alter erweitert werden. ①

Die Arbeit mit Videoanalysen ist für das praxisorientierte, problembasierte Lernen und Arbeiten mit der wissenschaftlichen Methode äußerst geeignet. Die wissenschaftliche Methode ist ein sehr gutes Mittel, die Schüler vor der Durchführung des Versuchs zum Nachdenken darüber zu animieren. Dadurch geben sie nicht nur Ergebnisse wieder, sondern sind tatsächlich in den Versuch eingebunden.

## HILFSMITTEL

Man benötigt einen Computer, auf dem das kostenlose Videoanalyseprogramm und Modelliertool Tracker (siehe Anhang) installiert ist sowie eine Digitalkamera oder ein Mobiltelefon mit Videofunktion. Arbeitet Ihre Schule bereits mit einer anderen Videoanalyse-Software, können Sie auch diese verwenden. In jedem Fall werden physikalische Phänomene zunächst mit einer Videokamera aufgenommen. Im Anschluss wird die Aufnahme in das Videoanalyseprogramm importiert, mit dessen Hilfe man die einzelnen Bilder bearbeiten und das Verhältnis zwischen physikalischen Größen analysieren kann.

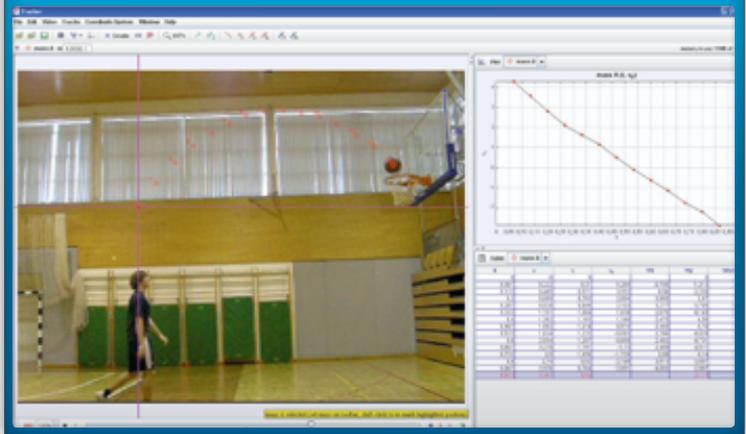
## INHALT

### Vorgaben

Für unsere Unterrichtseinheit müssen die Schüler eine bestimmte sportliche Bewegung aufzeichnen, die analysiert werden soll, z.B. ein fahrendes Fahrrad, einen Läufer, den Wurf eines Basketballs in den Korb, etc. Dann werden die physikalischen Gesetze der gewählten Bewegungsart analysiert. Anschließend präsentieren die Schüler ihr Projekt in der Schule den anderen Schülern mit Hilfe von Präsentationsprogrammen, z.B. Prezi, PowerPoint, Glogster. Schließlich besprechen sie die Ergebnisse.

Nachfolgend stellen wir unsere Unterrichtseinheit zur Analyse der Bewegung eines Fahrrads vor. Wir haben den

### ① Analyse eines fliegenden Basketballs mit Tracker



Versuch an jeweils einer Schule in Slowenien und in Dänemark durchgeführt. Anschließend haben die Schüler aus den beiden Ländern die Ergebnisse verglichen.

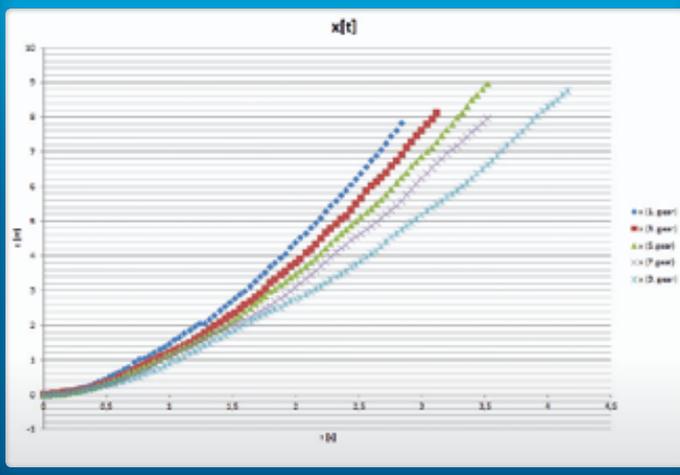
- ▮ Die Schüler zeichnen mehrere Videos auf: Ein Radfahrer legt auf horizontalem Gelände eine Strecke von zehn Metern zurück (die Kamera darf während des Versuchs nicht bewegt werden). Auf dem ersten Video fährt der Radfahrer mit maximaler Leistung im ersten Gang. Dann wird der Versuch mit einer zweiten Videoaufnahme im dritten Gang etc. wiederholt. Verfügt das Fahrrad über eine Vielzahl von Gängen, müssen diese z.B. in Fünferschritte unterteilt werden.
- ▮ Anschließend messen die Schüler die Länge des Fahrrads als typische Länge für die Videoanalyse.
- ▮ Mit Tracker erstellen die Schüler für jedes Video eine Tabelle mit Zeit  $\{t\}$ , Strecke  $\{x\}$ , Geschwindigkeit  $\{v\}$  und Beschleunigung  $\{a\}$ .
- ▮ Tracker kann die Graphen mehrerer Videos nicht miteinander vergleichen, deshalb müssen alle Daten in eine OpenOffice-, LibreOffice-, Excel- oder ähnliche Tabelle übertragen werden. Grundsätzlich sollen die Schüler nur einen Graphen zeichnen, mit dem sie die Geschwindigkeit  $v(t)$  des Fahrrads in allen Videos vergleichen



können. Ein zweiter Graph dient dem Vergleich der Beschleunigung  $a(t)$ .

- Am Ende sind die Schüler in der Lage, Graphen zu analysieren und eine physikalische Schlussfolgerung zu ziehen. Haben sie zu Beginn mit Hilfe der wissenschaftlichen Methode eine Hypothese aufgestellt, können sie das Ergebnis mit dieser Hypothese vergleichen. Auf diese Art können die Schüler feststellen, ob die Hypothese richtig, zum Teil richtig oder komplett falsch war. Dadurch denken sie noch einmal über den Versuch nach und legen ihn nicht nach Beendigung einfach zur Seite.

## 2 Vergleich der Geschwindigkeit des Fahrrades in verschiedenen Videos



Das Fahrrad-Beispiel sowie die anderen vorgenannten Vorschläge eignen sich ebenfalls gut für selbständige Hausarbeitsprojekte der Schüler, die im Unterricht präsentiert werden. Auch für Versuche im regulären Unterricht sind die Beispiele geeignet, insbesondere wenn Sie IKT einfließen lassen möchten. Die Schüler können zwischen mindestens zwei Möglichkeiten wählen: Sie können eine bestimmte sportliche Bewegung aufzeichnen, die analysiert werden soll, z.B. ein fahrendes Fahrrad, einen Läufer, den Wurf eines Basketballs in den Korb, etc., oder sie können fertige Sportvideos von Online-Videoplattformen, zum Beispiel von YouTube oder vimeo, verwenden, die bereits durchgeführte Versuche zeigen. Der gewählte Filmausschnitt muss gewisse Daten enthalten (eindeutig erkennbare räumliche Entfernung im Videoclip, z.B. die Länge des Fahrrads, Masse des betrachteten Körpers, wie auf den Bildern dargestellt, etc.).



Sämtliche Informationen können im Tracker-Programm auf dem äußeren rechten Rand der Hauptbefehlszeile des Tracker-Tools in Stichworten eingegeben werden. Diese erscheinen bei jedem Öffnen des Programms automatisch. Im Folgenden stellen wir einige nützliche Schritte für die Verwendung der Tracker-Videoanalyse am Beispiel unseres Fahrradversuchs vor:

- Importieren des ersten zu analysierenden Videos in das Programm;
- Bestimmen des Start- und Endbildes des Videos, zwischen denen die physikalischen Größen analysiert werden (schwarze Pfeile auf dem Video Slider);
- Abstimmen des Videos mit einer bekannten Länge, z.B. der Fahrradlänge, mit Hilfe des *Calibration Stick* (Kalibrierungsstift). Bei Angabe der Länge in Zentimetern, erhält man die Geschwindigkeit in cm/s und die Beschleunigung in cm/s<sup>2</sup>; bei Angabe der Länge in Metern, erhält man die Geschwindigkeit in m/s und die Beschleunigung in m/s<sup>2</sup>;
- Bestimmen des Koordinatensystems, das der Software einen Hinweis auf den Bereich des Videos gibt, der als eine Einheit in horizontaler und vertikaler Richtung betrachtet wird.

Die Schaltflächen für sämtliche Einstellungen findet man in der Hauptbefehlszeile der Tracker-Software.

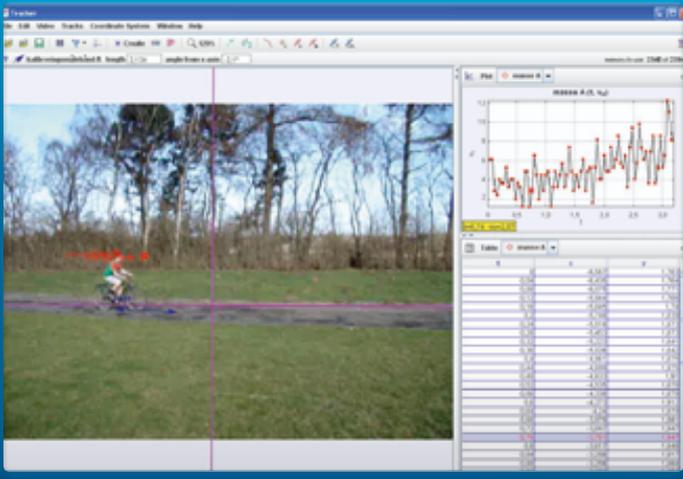
Der Hauptteil der Videoanalyse besteht in der Darstellung der Position eines fahrenden Fahrrads als Funktion der Zeit – wir stellen die Position für jedes einzelne Bild dar. Dies geschieht durch Klicken auf *Create Point Mass* (Massenpunkt erzeugen) und anschließendem Klicken auf den sich bewegenden Körper in jedem einzelnen Bild bei gleichzeitig festgehaltener Strg-Taste. Achten Sie nach Möglichkeit darauf, dass bei jedem Bild immer dieselbe Stelle am Fahrrad markiert wird. Dadurch erhält die Software Informationen über die Position des Fahrrads als Funktion der Zeit.

Dies gehört zu den Dingen, die die Schüler beim ersten Einsatz von Tracker wissen sollten. Wenn sie sich darüber hinaus informieren möchten, erhalten sie sehr gute Hinweise über die Hilfefunktion von Tracker. ☺

### Analyse

Auf Grundlage der Daten ist das Programm in der Lage, die Abhängigkeit vieler Größen (Position und Geschwindigkeit in horizontaler und vertikaler Richtung, Ist-Geschwindigkeit, Beschleunigung und kinetische Energie) von der Zeit grafisch darzustellen.

### 3 Analyse der Geschwindigkeit eines Fahrrades mit Tracker



In unserem Fahrrad-Versuch stellen wir folgende zwei Graphen dar:  $x(t)$  und  $v(t)$ . Das Bild zeigt den Graphen  $x(t)$ . ⌚

Mithilfe dieser beiden Graphen sind die Schüler in der Lage, die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Fahrrads zu betrachten und die Beschleunigung beim Einsatz unterschiedlicher Gänge zu vergleichen.

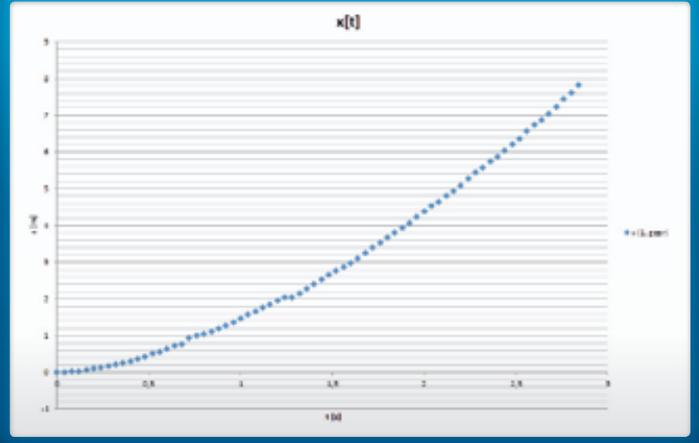
Für die Analyse der Verhältnisse zwischen physikalischen Größen ist es äußerst zweckmäßig, das Fenster mit den Graphen zu vergrößern (durch Klicken auf den Pfeil auf der rechten Seite der Hauptbefehlszeile des Grafikfensters). Die Schüler können die gewählte physikalische Größe durch Klicken auf den Namen der Größe auf der Achse ändern. Das Programm öffnet ein Fenster, in dem man eine andere physikalische Größe wählen kann. Durch das Klicken auf denselben Pfeil auf der rechten Seite, der nun nach unten zeigt, können die Schüler die Ansicht wiederherstellen.

Mit Schülern im Alter zwischen 16 und 19 Jahren ist eine detailliertere Analyse der Graphen durchzuführen. Dazu klicken die Schüler mit der rechten Maustaste auf den zu analysierenden Graphen und wählen die Option *Analyse* in dem sich dadurch öffnenden Fenster. Tracker öffnet ein neues Fenster mit einem Graphen. Im Bezug auf den Fahrrad-Versuch empfehlen wir, dass die Schüler eine angepasste Kurve für den Graphen  $x(t)$  suchen und dadurch in der Lage sind die Beschleunigung von der dazugehörigen Gleichung abzulesen. Danach wiederholen sie den Vorgang für den Graphen  $v(t)$ , lesen die Beschleunigung anhand der Kurvenneigung ab und vergleichen die beiden Werte.

#### Ergebnis

Die graphische Analyse der folgenden Größen ist sehr lehrreich:  $x(t)$ ,  $v(t)$ ,  $a(t)$  und  $E_{\text{kin}}(t)$ . Die Schüler stellen zunächst eine Vermutung an, wie der Graph aussehen müsste, dann zeichnen sie ihn und vergleichen ihre Lö-

### 4 Grafische Analyse der Geschwindigkeit



sungen mit ihren Klassenkameraden. Schließlich überprüfen alle ihre Lösungen gemeinsam in Tracker.

Durch die Analyse des Graphen  $v(t)$  können die Schüler die Durchschnittsbeschleunigung des Fahrrads feststellen, indem sie die Kurvenanpassungsfunktion verwenden.

#### SCHLUSSFOLGERUNG

Die Schüler sind in der Lage, Hypothesen für die von ihnen zu lösenden Aufgaben sowie für die Reaktion verschiedener Gegenstände oder Personen, die Teil eines Versuchs sind, aufzustellen. Videoanalyseprogramme wie Tracker können für das Verstehen vieler physikalischer Gesetze äußerst hilfreich sein. Auf besondere Weise visualisieren sie den Versuch, den die Schüler durchführen. Im Physikunterricht lernen die Schüler die theoretische Physik, erfahren zum Beispiel, dass alle Körper (solange sie der Schwerkraft ausgesetzt sind) unabhängig von ihrem Gewicht mit derselben Beschleunigung auf die Erde fallen. Sie sind in der Lage, Gleichungen für Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung bei der Bewegung mit gleichmäßiger Beschleunigung aufzustellen und anzuwenden und zeichnen Graphen für Weg, Geschwindigkeit und Beschleunigung in Abhängigkeit von der Zeit. Der Stoff soll fachübergreifend mit dem Fach Mathematik verbunden werden, so dass die Schüler in der Lage sind, den Zusammenhang zwischen  $y=kx+n$  und  $v=v_0+at$  etc. zu erkennen. Tracker ermöglicht den Schülern aktives Lernen: Durchführen von und Auseinandersetzen mit eigenen Versuchen, Beobachten der Beziehungen von Größen und detailliertes Analysieren von Versuchen. Am Ende vergleichen sie die Theorie mit ihren Versuchsergebnissen und „lernen durch Handeln“.

