

Modellieren lernen mit digitalen Werkzeugen

Agnes Szabone Varnai und Christoph Vogelsang

Universität Paderborn, Didaktik der Physik

Überblick

Schwierigkeitsgrad	schwer
Vorbereitungsaufwand	mittel
Fächer	Physik
Durchführungsdauer/Zeitaufwand	Projektarbeit
Zielgruppe	Klassenstufen 9–10 bzw. Oberstufe
Themengebiet	Mechanik, Übertragung auf andere Felder ist möglich (z. B. radioaktiver Zerfall)
Ziele	<ul style="list-style-type: none">◆ Schülerinnen und Schüler modellieren ein komplexes Phänomen.◆ Schülerinnen und Schüler erläutern Wechselwirkungen von Größen eines physikalischen Systems.◆ Schülerinnen und Schüler nutzen selbst erstellte Modelle zur Vorhersage von Beobachtungen.
Kompetenzbereiche	Problemlösen und Handeln: 5.2.1

- **Worum geht es?** Modellieren ist ein zentraler Teil naturwissenschaftlichen Arbeitens und Teil eines breiten Spektrums von technischen Berufsfeldern (z. B. Maschinenbau). Schülerinnen und Schüler sollten daher entsprechende Kompetenzen zur Modellbildung erwerben. Dieses Ziel findet sich auch in nahezu allen Physik-Lehrplänen. Die (quantitative) Modellierung von realen Phänomenen ist im Unterricht allerdings meist schwierig, da häufig mathematische Kenntnisse notwendig sind, die über den schulischen Unterricht hinausgehen. Diese Schwierigkeit umgehen digitale Werkzeuge zur grafischen Modellbildung. Sie ermöglichen es, auch reale Phänomene mit dynamischen Wechselwirkungen (z. B. Fallschirmsprung, Raketenstart) im Unterricht genauer zu untersuchen, die für Schülerinnen und Schüler besonders interessant sind. Zugleich können sie durch die Kombination mit weiteren digitalen Werkzeugen den kompletten Zyklus von Modellbildung inklusive Modellprüfung bis hin zum Vorhersagen mit Modellen selbstständig nachvollziehen. Dies veranschaulicht die besondere Form, in der in den Naturwissenschaften Probleme gelöst werden.

Vorwissen

- ▶ **Technisches Vorwissen** Hilfreich sind Grundkenntnisse im Umgang mit Modellbildungssystemen und digitaler Videoanalyse; eine Einführung hierzu kann allerdings auch im Rahmen der Projektarbeit erfolgen.
- ▶ **Fachliches Vorwissen** Kompetenzen im Umgang mit kinematischen Grundgrößen (z. B. Geschwindigkeit, Bewegungsdiagramme) und Kräften (Kraftbegriff, Newtonsche Axiome)

Ausstattung

▶ Geräte und Materialien

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

Benötigt werden Notebook oder Desktop-PC, Kamera (evtl. ins Tablet oder Smartphone integriert).

▶ Software

App bzw. Programm	Kosten	Kompatibilität	Funktion	Internet benötigt?
Viana.NET	kostenlos	Windows	Digitale Videoanalyse	nein
Coach 7	kostenpflichtig	Windows	Grafische Modellbildung	nein
Alternativ: Dynasys	kostenlos (aber weniger stabil)	Windows	Grafische Modellbildung	nein

Einsatz im Unterricht

► Wie geht das?

Grundsätzlich erfordert das Modellieren eines physikalischen Phänomens vier Schritte, die sich teilweise zyklisch wiederholen können. Digitale Werkzeuge werden dabei an verschiedenen Stellen verwendet. Die einzelnen Schritte werden am Beispiel des Phänomens „Fallschirmsprung“ erläutert.

1. Auswahl eines geeigneten Phänomens und Formulieren von Fragestellungen:

Zu Beginn wird durch die Schülerinnen und Schüler ein zu untersuchendes Phänomen gewählt bzw. durch Sie als Lehrkraft vorgegeben (z. B. Fallschirmspringen). Zu diesem Phänomen werden konkrete Fragestellungen formuliert, die mithilfe einer Modellierung beantwortet werden sollen (z. B. „Wie groß muss ein Fallschirm sein, damit ein Mensch unbeschadet am Boden ankommt?“).

2. Modellbildung des Phänomens:

Im nächsten Schritt wird das gewählte Phänomen modelliert. Hierbei müssen die Schülerinnen und Schüler zunächst wichtige Einflussgrößen identifizieren und ihre Zusammenhänge untereinander qualitativ in Beziehung setzen (z. B. Gravitationskraft, Luftreibung, Höhe etc.). Anschließend werden Variablen ausgewählt, anhand derer man die Fragestellungen untersuchen kann (z. B. die erreichte Endgeschwindigkeit beim Fallschirmsprung). Die Zusammenhänge aller Größen werden anschließend grafisch in einem digitalen Modellbildungssystem visualisiert, mit dem dann Vorhersagen über die zeitliche Entwicklung der Größen gemacht werden können (z. B. „Wie groß ist die Endgeschwindigkeit nach einer Fallzeit von 20 Sekunden?“).

3. Prüfen des Modells durch Beobachtung/Experiment:

Um zu prüfen, ob das Modell das reale Phänomen angemessen abbildet, testen es die Schülerinnen und Schüler mithilfe eines Experiments (z. B. indem sie einen kleinen Fallschirm bauen und ihn in einem Treppenhaus fallen lassen). Hierzu werden weitere digitale Werkzeuge herangezogen, die es ermöglichen, Messwerte zum Phänomen aufzunehmen (z. B. digitale Videoanalyse). Diese Werte können anschließend mit den Werten der Modellierung verglichen werden. Dabei werden die Parameter des Modells so gewählt, dass sie den Größen des Experiments entsprechen. Im Beispiel können die Schülerinnen und Schüler einen eigenen Fallschirm bauen, eine Figur oder ein Gewicht anhängen und dessen Fall auf Video aufzeichnen. Dieser kann mithilfe digitaler Videoanalyse ausgewertet werden. Abschließend wird die Güte des Modells beurteilt und dieses evtl. modifiziert.

4. Nutzen des Modells zum Klären der Fragestellung und Extrapolation:

Im letzten Schritt werden mithilfe des Modells Schlussfolgerungen für die Ausgangsfragestellung gezogen (z. B. die Größe des Fallschirms im Modell variiert, bis eine ausreichend kleine Grenzgeschwindigkeit erreicht ist).

Abschließend sollten die Schülerinnen und Schüler das Ergebnis dokumentieren. Dies kann ebenfalls digital erfolgen (z. B. in Form eines E-Books, vgl. Beiträge von Ulrich, S. 34 und Huwer, S. 66).

- ▶ **Wie kann ich das in meinen Unterricht übertragen?**

Das selbstständige Modellieren eignet sich vor allem als Projektarbeit. Möglich ist es aber auch als Thema für eine Facharbeit o. Ä. Als Projektarbeit im Unterricht beträgt der zeitliche Umfang ca. zwei Doppelstunden bei entsprechender Strukturierung; bei aufwendigen Experimenten etwas mehr. Mittlerweile gibt es für verschiedene Plattformen und Geräte entsprechende Softwarelösungen, sodass man nicht an die Beispiele in der Tabelle gebunden ist.
- ▶ **Was muss ich beachten?**

Modellieren folgt nicht immer dem gleichen Schema. So können beispielsweise Schritt 2 und 3 auch in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen werden. Das hängt von der konkreten Fragestellung zu Beginn ab. Die Fragestellung ist auch der zentrale „Knackpunkt“ in der Planung. Sie darf nicht zu einfach sein, da sonst zu ihrer Beantwortung evtl. keine Modellbildung nötig ist, und sie darf nicht zu schwierig sein, damit die Schülerinnen und Schüler sie selbstständig bearbeiten können. Fragestellungen aus der Lebenswelt haben sich bewährt (z. B. „Wie steil darf eine Spielplatzrutsche gebaut werden, damit sich Kinder auch bei nassem Wetter nicht verletzen?“). Technisch bereitet die Bedienung von grafischen Modellbildungssystemen Lernenden am ehesten Schwierigkeiten. Eine Einführung in die Software sollte daher an einem den Schülerinnen und Schülern physikalisch gut bekannten, nicht zu komplexen Beispiel erfolgen.

Material für den Unterricht

- ▶ **Weiterführende Materialien**

Weitere Materialien zur Modellierung eines Fallschirmsprungs mithilfe der beschriebenen Software finden Sie auf www.mint-digital.de/unterrichtsidee unter dem Stichwort „Modellieren“.
- ▶ **Einführung in die grafische Modellbildung**

Eine gute Einführung mit vielen Beispielen in die grafische Modellbildung bietet die Homepage von Walter Hupfeld.
<https://hupfeld-software.de/dokuwiki/doku.php/dynasys:einfuehrung>



Weiterführende Literatur

Leisen, J. (1999). Modellbildungssysteme – Didaktische und methodische Aspekte. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik*, 3(48), 1–3.