

Umsetzungsbeispiel physikalische Simulationsprogramme

Beschreibung des Artefakts

Digitale Simulationsprogramme sind Softwareanwendungen, mit denen physikalische Prozesse visualisiert und modelliert werden können. Bei solchen Simulationen können die zu untersuchenden physikalischen Größen beliebig variiert werden, wodurch die Auswirkungen dieser Veränderungen unmittelbar sichtbar werden.

Im Schulunterricht ermöglichen solche Simulationen physikalische Experimente gezielt durchzuführen, Parameter systematisch zu verändern und Zusammenhänge auf eine anschauliche Weise darzustellen. Ein Beispiel für ein solches Programm ist die Simulation der Plattform *PhET Interactive Simulations*, mit der sich Kräfte und Bewegungen interaktiv untersuchen lassen.

Beschreibung des Szenarios

In der Unterrichtseinheit untersuchen die Schüler:innen den Zusammenhang zwischen Masse, Kraft und Beschleunigung und leiten daraus das zweite Newton'sche Gesetz her. Dazu arbeiten sie in einer Stationsarbeit, in der sie Messwerte mithilfe eines realen Experiments sowie zwei digitalen Simulation aufnehmen.

Im weiteren Verlauf vergleichen sie beide Methoden anhand von verschiedenen Kriterien miteinander. Die Lernenden analysieren somit die Eigenschaften und Grenzen physikalischer Simulationsprogramme und reflektieren deren Einsatz im Unterricht.

Basisangaben

Fach	Physik	Klassenstufe	10
Schulform	Gymnasium	Lernbereich	LB 1: Newton'sche Gesetze und deren Anwendung



Zeitbedarf

90 Minuten

Kompetenzrahmen

1.2.1, 3.1.2, 3.2.2,
5.2.1, 6.1.3

Artefaktsteckbrief Auszeichnungssprachen

Wofür wird es genutzt?

Physikalische Simulationsprogramme werden eingesetzt, um physikalische Prozesse digital zu modellieren und zu visualisieren. Sie ermöglichen es den Nutzer:innen, physikalische Größen zu variieren und die Auswirkungen unmittelbar zu beobachten. Im Unterricht werden solche Programme häufig verwendet, um Experimente zu ergänzen oder gar zu ersetzen. Dies ist vor allem der Fall, wenn reale Versuche schwer durchzuführen sind, Experimentiermaterialien nicht vorhanden sind oder bestimmte Effekte besonders anschaulich dargestellt werden sollen. So können beispielsweise Kräfte, Bewegungen oder Energieumwandlungen grafisch dargestellt und in Echtzeit verändert werden.

Auch außerhalb des Unterrichts finden physikalische Simulationen Anwendung, etwa in der Forschung, der technischen Entwicklung oder der Ausbildung von Ingenieur:innen. Dort werden sie genutzt, um komplexe Systeme zu modellieren und Vorhersagen über physikalische Prozesse zu treffen.

Wie funktioniert es?

Simulationsprogramme basieren auf mathematischen Modellen der physikalischen Gesetze. Die Software berechnet mithilfe von Algorithmen die Auswirkungen bestimmter Eingaben, etwa der Veränderung von Masse oder Kraft und stellt anschließend die Ergebnisse visuell dar. Die physikalischen Größen werden dabei nicht direkt gemessen, sondern mithilfe von Gleichungen berechnet. Beispielsweise wird in einigen Simulationen zur Bewegung von Körpern das zweite Newton'sche Gesetz verwendet, um die Beschleunigung eines Körpers zu bestimmen.

Die berechneten Ergebnisse werden anschließend grafisch dargestellt, wie etwa durch die Bewegung von Objekten, Diagrammen oder auch Kraftpfeilen. Dabei vereinfachen Simulationen häufig bestimmte Aspekte der Realität, indem zum Beispiel die Reibung vernachlässigt oder Messfehler ausgeschlossen werden. Aus diesem Grund stellen physikalische Simulationen nur vereinfachte Modelle der Realität dar.

Umsetzung im Unterricht

Technisch-/ infrastrukturelle Voraussetzungen

Für den Einsatz von GeoGebra im Unterricht sind bestimmte technische und organisatorische Rahmenbedingungen erforderlich. Diese lassen sich in unbedingt erforderlich und empfehlenswerte Voraussetzungen unterteilen.

bedingt notwendige Voraussetzungen

Für die Durchführung der Unterrichtsstunde werden digitale Endgeräte benötigt, auf denen die Simulationsprogramme im Browser genutzt werden können. Diese Endgeräte könnten beispielsweise Tablets oder Laptops sein. Idealerweise steht mindestens ein Gerät pro Zweier- oder Dreiergruppe zur Verfügung, damit die Schüler:innen die Simulationen eigenständig bedienen und Parameter verändern können. Entsprechend wird also ein Internetzugang benötigt, da in der Unterrichtsstunde browserbasierte Simulationen verwendet werden.

Für die gemeinsame Auswertung der Ergebnisse im Plenum ist außerdem eine Präsentationsmöglichkeit, wie etwa ein Beamer oder ein Smartboard, erforderlich. Dadurch können Simulationen demonstriert oder Ergebnisse und Beobachtungen der Schüler:innen gemeinsam besprochen werden.

Neben den digitalen Geräten werden zudem auch Experimentiermaterialien für die Klasse benötigt – beispielsweise Rollwagen oder Massestücke.

empfehlenswerte Voraussetzungen

Empfehlenswert ist, wenn die Lehrkraft die Simulation bereits im Vorfeld testet, um technische Probleme während der Stunde zu vermeiden. Darüber hinaus könnte es hilfreich sein, wenn die Schüler:innen ihre Messergebnisse digital dokumentieren. Das könnte beispielsweise in einer vorbereiteten Tabellenkalkulation oder einem digitalen Arbeitsblatt erfolgen. Dadurch lassen sich die Ergebnisse aus Experiment und Simulation leichter vergleichen und schneller auswerten.

Schutzrechtliche Aspekte

Bei der Auswahl der verwendeten digitalen Werkzeuge sollte darauf geachtet werden, dass keine personenbezogenen Daten verarbeitet werden müssen. Deshalb können die in der Unterrichtsstunde eingesetzten physikalischen Simulationen ohne Registrierung oder Erstellung eines Benutzerkontos kostenfrei genutzt werden. Zudem können beide Simulationen direkt im Browser ausgeführt werden und es ist keine Installation einer zusätzlichen App erforderlich.

Alternativen bei eingeschränkter Ausstattung

Falls nicht ausreichend digitale Endgeräte zur Verfügung stehen, kann die Stationsarbeit angepasst werden. Eine Möglichkeit besteht darin, nur eine Simulation einzusetzen und diese mit dem realen Experiment zu vergleichen. Auch auf diese Weise kann der Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung untersucht werden.

Sollte keine digitale Ausstattung verfügbar sein, kann die Lehrkraft vorbereitete Videoaufnahmen einer Simulation verwenden. Die Schüler:innen analysieren anhand des Videos die Abläufe und können diese mit den Ergebnissen des realen Experiments vergleichen. Auf diese Weise kann die Unterrichtsstunde auch unter eingeschränkter technischer Ausstattung weiterhin bestehen. Dadurch würde allerdings der entdeckende Charakter der Stunde verloren gehen.

Curriculare Analyse

Lernplan

Das vorliegende Unterrichtsbeispiel ist im Fach Physik dem Lernbereich 1 „Newton'sche Gesetze und deren Anwendung“ der Klassenstufe 10 an sächsischen Gymnasien zuzuordnen (Staatsministerium für Kultus 2025: 30). Alternativ lässt sich die Einheit auch an Oberschulen im Lernbereich 4 „Bewegungen und ihre Ursachen“ der Klassenstufe 9 verorten (vgl. Staatsministerium für Kultus 2025: 34). Der physikalische Fachunterricht soll dazu beitragen, die Selbstständigkeit beim Experimentieren und beim Lösen von Problemlöseaufgaben, bei denen vielfältiges

werden müssen, zu entwickeln.

Insbesondere sollen die Schüler:innen möglichst vielfältige Sachkompetenzen, Erkenntnisgewinnungskompetenzen, Bewertungskompetenzen und Kommunikationskompetenzen erwerben. Diese Kompetenzen finden nicht nur im Unterricht, sondern auch darüber hinaus Anwendung (vgl. Kultus Ministerkonferenz 2022: 11 f.). Ein sehr wichtiges, fachliches Ziel in diesem Lernbereich ist die Verknüpfung quantitativer und dynamischer Betrachtungen, um verschiedene Bewegungen zu erklären. Außerdem sollen sie das Arbeiten mit Gleichungen und Diagrammen, einschließlich Formelzeichen und Einheiten, beherrschen.

Der Lernbereich „Newton'sche Gesetze und deren Anwendung“ baut zum Teil auf den Vorkenntnissen der Lernenden aus der sechsten und neunten Klasse auf. Hierbei wurden bereits verschiedene Bewegungsarten, beispielsweise die geradlinige Bewegung, eingeführt. Außerdem kennen sie die Begriffe gleichförmige und ungleichförmige Bewegung sowie die physikalische Größe Masse. Die physikalische Größe Kraft ist den Schüler:innen bereits aus der siebten Klasse bekannt. Hierbei wurden verschiedene Arten von Kräften sowie erste Grundlagen zu Alltagserfahrungen gelegt. Dieses Vorwissen ermöglicht es ihnen, neue Zusammenhänge zu explorieren, Vermutungen zu überprüfen und Beobachtungen fachlich korrekt zu begründen.

Ziele der Unterrichtseinheit sind die Förderung fachlicher und prozessbezogener Kompetenzen, die eng mit den im Lehrplan formulierten Jahrgangsstufenzielen verknüpft sind:

- **Auseinandersetzung physikalischer Sachverhalte in verschiedenen Lebensbereichen:** Hierbei verknüpfen die Schüler:innen kinematische und dynamische Betrachtungen und ziehen Schlussfolgerungen für das Verhalten im Straßenverkehr.
- **Anwendung physikalischer Denk- und Arbeitsweisen:** Die Schüler:innen sollen mithilfe von experimentellen Methoden Vermutungen begründen und Hypothesen aufstellen.

erfasst und ausgewertet. Außerdem verwenden sie zur Erklärung und Bearbeitung von Aufgaben mehrgliedrige Schlussketten.

Im ersten Lernbereich der zehnten Klasse lernen die Schüler:innen die Newton'schen Gesetze kennen. Dabei sollen sie über ausführliche Kenntnisse zu den drei Axiomen – unter anderem dem Trägheitsgesetz und dem Wechselwirkungsgesetz – verfügen. Dafür benötigen sie zunächst grundlegende Kenntnisse über die Eigenschaften der Masse. Außerdem bietet es sich in diesem Lernbereich an, viele Experimente durchzuführen und auf Alltagsanwendungen einzugehen. Ebenfalls ist ein Schüler:innenexperiment zur Ermittlung von Beschleunigungen geplant (vgl. Staatsministerium für Kultus 2025: 30). Ein weiterer Schwerpunkt ist die Beurteilung von Gefahren im Straßenverkehr bei Bremsvorgängen. Hierbei können explizit Computersimulationen eingesetzt werden, um den Einfluss der Reibung zu untersuchen (vgl. ebd. 2025: 30). Wenn man sich den gesamten Lernbereich noch einmal anschaut, ist dieser mit sieben Unterrichtsstunden relativ kurz. Die Schüler:innen erwerben unter anderem wichtige Fachkompetenzen, Methodenkompetenzen, Problemlösestrategien aber auch Kommunikationsfähigkeiten (vgl. ebd.: VII ff.). Dieser Lernbereich bildet einen zentralen Bestandteil in der physikalischen Entwicklung der Lernenden von Fähigkeiten im Themengebiet der Mechanik. Hier werden hauptsächlich Grundlagen für die Sekundarstufe zwei gelegt, die diese Thematik direkt im Lernbereich eins der elften Klasse aufgreift.

Für das vorliegende Umsetzungsbeispiel benötigen die Schüler:innen bestimmtes fachliches und methodisches Wissen. Auf fachlicher Ebene sollten grundlegende Kenntnisse mit dem Experimentieren und den physikalischen Größen Masse und Kraft vorhanden sein. Vorwissen zum Umgang mit den Simulationen ist nicht nötig, da diese selbsterklärend und jeweils auf ein spezifisches Thema zugeschnitten sind. Durch den Einsatz von physikalischen Simulationsprogrammen können die Lernenden physikalische Größen beliebig variieren, ihre Abhängigkeiten sichtbar machen und Zusammenhänge dynamisch untersuchen. Die Stunde knüpft damit unmittelbar an die im Lehrplan formulierten Lernziele an: die Auseinandersetzung mit physikalischen Sachverhalten, dem Erwerb einer Kommunikationskompetenz, der Anwendung physikalischer Arbeitsweisen und der Entwicklung von Problemlösestrategien (vgl. ebd.: 29). Gleichzeitig werden digitale Kompetenzen gefördert, die den Schüler:innen über den Physikunterricht hinaus von Nutzen sind. Auf diese Weise verbindet die Unterrichtseinheit fachliches Lernen mit

legt die Grundlage für weiterführende Inhalte in Sekundarstufe zwei.

#	MIA	K#	Qualifikationsebene Kompetenzrahmen	Handlungsebene
D1	M	6.1.3	Die Schüler:innen analysieren die Wirkungen von Medien in der digitalen Welt und gehen konstruktiv damit um,	indem sie physikalische Simulationsprogramme mit realen Experimenten vergleichen und deren Stärken, Grenzen und Modellannahmen nennen und begründen.
D2	I	1.2.1	Die Schüler:innen analysieren, interpretieren und bewerten Informationen und Daten kritisch,	indem sie die in den Simulationen dargestellten physikalischen Prozesse hinterfragen und prüfen, inwiefern diese physikalischen Vorgänge vereinfachen.
D3	A	3.2.2	Die Schüler:innen verarbeiten und integrieren digitale Informationen, Inhalte und vorhandene Produkte in bestehendes Wissen,	indem sie Messwerte aus Simulationen erfassen, dokumentieren und mit den Ergebnissen aus dem realen Experiment vergleichen.
D4	A	3.1.2	Die Schüler:innen planen, dokumentieren, gestalten, präsentieren, veröffentlichen oder teilen ein Produkt in verschiedenen Formaten,	indem sie ihre Ergebnisse aus Simulationen und Experiment ordnen und die Unterschiede zwischen den Untersuchungsmethoden erläutern.
D5	A	5.2.1	Die Schüler:innen nutzen und wenden eine Vielzahl von digitalen Werkzeugen kreativ an,	indem sie Simulationen als Modelle physikalischer Prozesse erkennen und deren Grenzen im Vergleich zur Realität beurteilen.
D6	M	-	Die Schüler:innen entwickeln eine kritische Haltung gegenüber digitalen Simulationen,	indem sie Simulationen mit realen Experimenten vergleichen, Modellannahmen reflektieren und deren Aussagekraft beurteilen.

Unterrichtsverlaufsplanung

Legende		Unterrichtsmedium	Unterrichtswerkzeug	Unterrichtsgegenstand		
Zeit	Phase	Inhalt	SF/M ¹	Medien/Material	LZ Nr.	
10'	Einstieg	Lehrkraft zeigt ein kurzes Demonstrationsexperiment mit zwei unterschiedlich schweren Rollwagen, die mit derselben Kraft angeschoben werden. - Schüler:innen beobachten - Leitfrage: „Erläutere, wovon es abhängt, wie stark ein Körper beschleunigt wird.“ Schüler:innen formulieren erste Vermutungen - Einfluss der Kraft oder der Masse - Ideen werden an der Tafel gesammelt	UG	Experimentiermaterial, Smartboard (Tafel) (Anhang 1)	-	

¹ SF – Sozialform (EA: Einzelarbeit, PA: Partnerarbeit, GA: Gruppenarbeit; FU: Frontalunterricht); M – Methode

Die Schüler:innen arbeiten in Gruppen an drei Stationen:

Station 1:

- Schüler:innen führen ein Experiment mit Rollwagen und Massestücken durch und bestimmen Messwerte für Kraft, Masse und Beschleunigung
- Reflektieren mögliche Messfehler und Schwierigkeiten bei der Durchführung, ...

45' Stationsarbeit

Station 2:

PA, GA

Arbeitsblatt, Tablets,
Experimentiermaterial,
Simulationen
(Anhang 2 und 3)

D1, D2,
D3, D5

- Schüler:innen untersuchen den Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung mithilfe einer Simulation der Plattform **PhET Interactive Simulations**
- Reflektieren mögliche Messfehler und Schwierigkeiten bei der Durchführung, ...

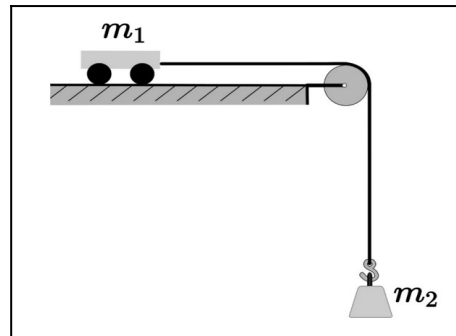
Station 3:

- Schüler:innen führen dieselbe Untersuchung mit einer weiteren Simulation (**Fahrbahnversuch**)

		LEIFI Physik) durch			
		Reflexion der Grenzen, veränderlichen Größen, ...			
		Abschlussreflexion der Stationsarbeit am Ende			
10'	Physikalisches Gesetz	Messergebnisse werden im Plenum zusammengetragen und diskutiert - Analyse der Daten - Zusammenhang zwischen Kraft, Masse und Beschleunigung Formulierung des zweiten Newton'schen Gesetzes	UG	Smartboard (Tafel), Arbeitsblatt (Anhang 4)	D3
15'	Vergleich der Untersuchungsmethoden	Die Schüler:innen vergleichen das reale Experiment mit den beiden Simulationen anhand vorgegebener Kriterien Realitätsnähe, Messgenauigkeit, Kontrollierbarkeit der Variablen, Anschaulichkeit, ... Analyse der Modellannahmen der Simulationen sowie deren Vorteile und Grenzen	GA, UG	Arbeitsblatt, Tablets (Anhang 5)	D1, D4, D5, D6

10'	Resümee und Abschluss	Zusammenfassung der Erkenntnisse über das zweite Newton'sche Gesetz sowie über den Einsatz physikalischer Simulationen Lehrkraft moderiert, wann Simulationen im Unterricht sinnvoll eingesetzt werden können und welche Grenzen sie besitzen	UG	-	D1, D4, D5, D6
-----	--------------------------	--	----	---	-------------------

Im Folgenden ist ein Bild für ein mögliches Demonstrationsexperiment für die Phase 1 dargestellt. Für den Effekt müssen die Massen entsprechend variiert und angepasst werden.



Quelle: LEIFIphysik (2026): Kraft und Bewegungsänderung. Beschleunigung auf Fahrbahn. Eingesehen am 7. März 2026, unter: <https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsänderung/aufgabe/beschleunigung-auf-fahrbahn>.



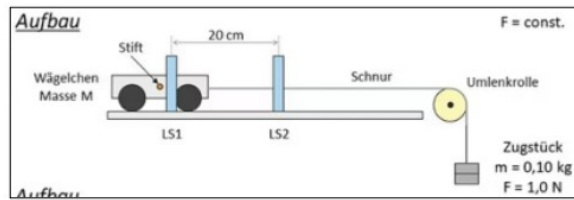
Im Folgenden ist das Arbeitsblatt für die Stationsarbeit mit entsprechenden Arbeitsaufträgen dargestellt. Hier können die Schüler:innen ihre Messwerte notieren und die Experimente auswerten. Da die Lösungen sehr individuell ausfallen können, wird kein Erwartungsbild angegeben.

Versuche: Aktionsprinzip (2. Newton'sches Gesetz)

Datum:

Station 1: reales Experiment

Führe die Messung mithilfe des aufgebauten Versuchs durch. Fülle die Tabelle aus, indem du den Versuch mit entsprechend vielen Massestücken auf dem Wägelchen wiederholst. Die Kraft beträgt dabei $F = 1 \text{ N}$.



m in kg	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
M in kg	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
t in s					
a in m/s²					
(m + M) · a in $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$					

Aufgabe:

1. Berechne jeweils die Beschleunigung a mithilfe der Gleichung $a = \frac{2s}{t^2}$ ($s = 0,20 \text{ m}$).
2. Berechne jeweils $(m + M) \cdot a$.
3. Analysiere die Messwerte, welchen Zusammenhang kannst du erkennen?

Beobachtungsauftrag

- Welche Schwierigkeiten treten bei der Durchführung auf?
- Welche Messfehler können auftreten?
- Welche äußeren Einflüsse beeinflussen das Experiment?
- Welche Größen könnt ihr im Experiment gut kontrollieren und welche nicht?

Station 2: Simulation 1

Untersuche den Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung mithilfe der Simulation **PhET Interactive Simulations**.

F in N						
v in $\frac{\text{m}}{\text{s}}$						
a in $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$						

Aufgabe:

1. Die Kiste soll in einem reibungsfreien System durch unterschiedliche Kräfte beschleunigt werden. Stelle dazu verschiedene Kräfte ein und messe immer die Geschwindigkeit nach 3 Sekunden.
2. Berechne die Beschleunigung a mittels $a = \frac{v}{t}$ und ergänze die Werte in der Tabelle.
3. Formuliere einen Zusammenhang zwischen der Kraft und der Beschleunigung des Wagens.

Beobachtungsauftrag

- Welche Größen könnt ihr in der Simulation verändern?
- Welche Größen bleiben konstant?
- Wie werden Kräfte oder Bewegungen dargestellt?
- Treten Messunsicherheiten oder Ungenauigkeiten auf?
- Welche Aspekte der Realität sind vereinfacht dargestellt?

Station 3: Simulation 2

Untersuche den Zusammenhang zwischen Kraft und Beschleunigung mithilfe der Simulation
Fahrbahnversuch in LEIFI Physik.

m in kg	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
M in kg	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50
t in s					
a in m/s²					
(m + M) · a in $\frac{kg \cdot m}{s^2}$					

Aufgabe:

1. Der Wagen soll in einem reibungsfreien System ($\mu = 0$) durch unterschiedliche Massen beschleunigt werden. Stelle dazu verschiedene Massen des Wagens ein und notiere die Zeit, bis er die Lichtschranke passiert.
2. Übertrage den berechneten Wert für die Beschleunigung a in die Tabelle.
3. Berechne jeweils $(m + M) \cdot a$.
4. Analysiere die Messwerte, welchen Zusammenhang kannst du erkennen?

Beobachtungsauftrag

- Welche Größen könnt ihr in der Simulation verändern?
- Welche Größen bleiben konstant?
- Wie werden Kräfte oder Bewegungen dargestellt?
- Treten Messunsicherheiten oder Ungenauigkeiten auf?
- Welche Aspekte der Realität sind vereinfacht dargestellt?

Reflexionsauftrag am Ende der Stationsarbeit

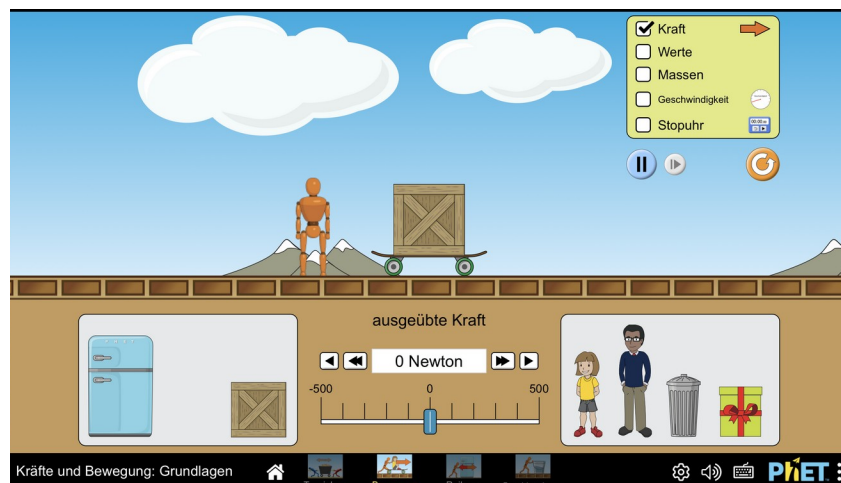
Wählt euch mindestens drei der folgenden Aufträge aus und diskutiert darüber.

- Nenne die Methode, die am einfachsten durchzuführen war.
- Entscheide, welche Methode die realistischsten Ergebnisse liefert. Begründe.
- Erläutere die Vorteile von Simulationen gegenüber realen Experimenten.
- Erläutere die Nachteile des Einsatzes von Simulationen.
- Vergleiche beide Simulationen miteinander, welche Unterschiede fallen euch auf.
- Erläutere die Grenzen der einzelnen Untersuchungsmethoden.

Im Folgenden sind die beiden Links der Simulationen, mit einem entsprechenden Bild der Oberfläche aufgeführt.

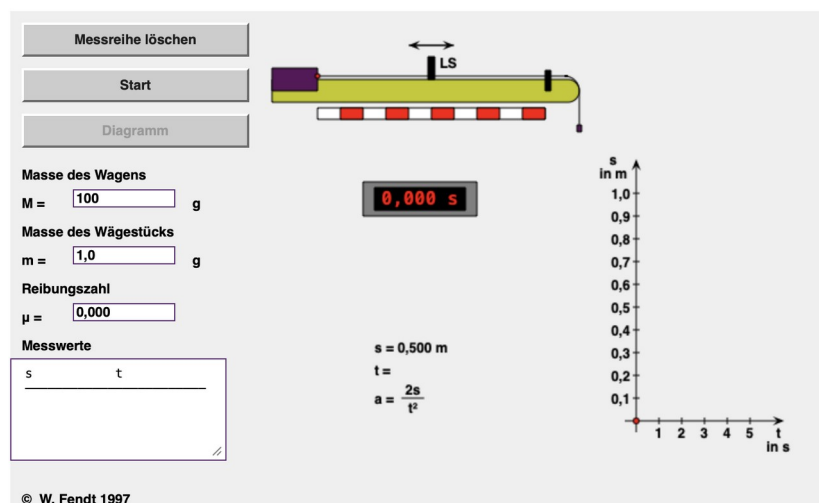
Station 2: PhET Simulation

Link: https://phet.colorado.edu/sims/html/forces-and-motion-basics/latest/forces-and-motion-basics_all.html?locale=de



Station 3: LEIFIphysik Simulation

Link: <https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsänderung/versuche/fahrbahnversuch-zum-2-newtonschen-gesetz-simulation>



Im Folgenden ist das Tafelbild für die Unterrichtseinheit zum zweiten Newton'schen Gesetz dargestellt.

Ergebnis:

2. Newton'sches Gesetz: Aktionsprinzip

Wirkt auf einen Körper der **Masse m** die **Kraft F** ein, so ergibt sich die **Beschleunigung a**. Der Zusammenhang lautet: „Kraft gleich Masse mal Beschleunigung.“

$$F = m \cdot a$$

- F: Kraft [$N = \frac{kg \cdot m}{s^2}$]
- m: Masse [kg]
- a: Beschleunigung [m/s^2]

Beispiel:

Die Einwirkung von 1 N auf die Masse 1 kg, ergibt die Beschleunigung 1 m/s^2 .

Im Folgenden ist das Arbeitsblatt für die Auswertung und den Vergleich der Untersuchungsmethoden dargestellt. Da die Lösungen sehr individuell ausfallen können, wird kein Erwartungsbild angegeben.

Vergleich Experiment und Simulation			Datum:
Kriterium	Experiment	Simulation 1:	Simulation 2:
Realitätsnähe			
Messunsicherheiten			
Kontrolle von Variablen			
Durchführung			
Zeitaufwand			
Darstellung der Kräfte			

- Quellenverzeichnis

Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.) (2025): Lehrplan Gymnasium Physik. Eingesehen am 06.03.2026 auf: <https://www.schulportal.sachsen.de/lplandb/index.php?lplanid=125&lplansc=vo3eXMDs8Ua4hqbRxPxG&token=01c601405b99f4b73bbf34ab275b1ddd>.

Kultusminister Konferenz (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen.

Sächsisches Staatsministerium für Kultus (Hrsg.) (2025): Lehrplan Oberschule Physik. Eingesehen am 06.03.2026 auf: <https://www.schulportal.sachsen.de/lplandb/lehrplan/141>.

LEIFIphysik (2026): Kraft und Bewegungsänderung. Beschleunigung auf Fahrbahn. Eingesehen am 07.03.2026, unter: <https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsänderung/aufgabe/beschleunigung-auf-fahrbahn>.