

# SCHOOL-SCOUT.DE



Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus:

*Physik - Mechanik: Gravitation*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



# I.B.41

## Mechanik

# Gravitation – von Jules Verne bis zur Satellitenflugbahn

Ein Beitrag von Manfred Vogel

Illustrationen von Benjamin Streit



© John M Lund Photography Inc/DigitalVision/Getty Images

In diesem Beitrag werden den Schülerinnen und Schülern ausgehend von der fantastischen Utopie eines Mondflugs bei Jules Verne die physikalischen Grundlagen des Starts und der Flugbahn eines Projektils nahegebracht, um dann Bahnen von erdnahen Satelliten und Raketen der Apollo-Missionen zu berechnen.

---

### KOMPETENZPROFIL

<b>Klassenstufe:</b>	10–12
<b>Dauer:</b>	8 Unterrichtsstunden
<b>Kompetenzen:</b>	1. Modellieren und Mathematisieren; 2. Erkennen von Zusammenhängen und kritisches Überprüfen von Berechnungen; 3. Diskutieren von Aussagen und Vergleichen mit Berechnungen
<b>Thematische Bereiche:</b>	Gravitation, SI-Einheiten, Geschwindigkeit und Beschleunigung, Kreisbewegung, Raketen, Satelliten

---

## Fachwissenschaftliche Orientierung und Hintergrund

Jules Verne (\* 8. Februar 1828 in Nantes, † 24. März 1905 in Amiens), Bestsellerautor, Naturwissenschaftler, Zukunftsforscher und Weltreisender, schrieb Abenteuerromane, die gleichermaßen auf seiner Utopie und dem Kenntnisstand jener Zeit basierten. Dank seiner überbordenden Vorstellungskraft gelangte er zu weitsichtigen Prognosen. Er leistete sich aber auch eklatante Fehleinschätzungen.

Sein drittes Buch, der Roman „De la terre à la lune“ (deutsch: „Von der Erde zum Mond“), erschienen im Jahre 1865, soll unser Ausgangspunkt zu einigen durchgerechneten Fakten der Raumfahrt sein. Verne lässt den Präsidenten eines Klubs ehemaliger Artillerieoffiziere, Impey Barbicane, Voraussagen über die Möglichkeit eines Schusses einer bemannten Granate zum Mond machen. Dazu stellt er seine Berechnungen und Planungen vor. Sie klingen so fantastisch, dass Verne in seinem Buch erfahrene Techniker und Wissenschaftler zu Worte kommen lässt, die solch einen Flug für utopisch halten. Aber Barbicane bereitet trotzdem einen solchen Schuss vor und führt ihn am Ende auch durch.

In Vernes Roman werden viele Zahlen und Daten genannt. So soll das 20.000 britische Pfund<sup>1</sup> schwere und mit zwei Piloten besetzte Aluminiumgeschoss, genannt Columbiade, auf einem möglichst kurzen, also direkten Weg auf den Mond geschossen werden, wenn der sich 389,3 Millionen Yards<sup>2</sup>, also möglichst nahe der Erde, befindet. Die Kanone, die das bewerkstelligen soll, soll 900 Fuß<sup>3</sup> lang sein und senkrecht im Erdreich stehen. Sie hat eine Masse von 68.040 Tonnen (=  $6,804 \cdot 10^7$  kg). Ihr äußerer Durchmesser beträgt 21 Fuß und hat ein Innenmaß von sechs Fuß. Das Rohr ist aus Gusstahl und soll vor Ort gegossen werden. Zusätzlich wird es von einem dicken Betonmantel umgeben. Als Ladung sind 1.600.000 Pfund Schießbaumwolle (Nitrocellulose, Cellulosenitrat) vorgesehen, die zu jener Zeit entwickelt wurde und allmählich das Schwarzpulver ablöste. Das würde nach den Berechnungen von Barbicane sicherstellen, dass die Columbiade auf eine Geschwindigkeit von 48.000 Fuß pro Sekunde beschleunigt wird.

Als verbindlichen Abschosstermin hatte Barbicane den 1. Dezember, abends um 10.46 Uhr und 40 Sekunden berechnet. Das Jahr nennt Verne nicht. Die Columbiade sollte nach 73 Std., 13 Min. und 20 Sek. genau um Mitternacht auf dem Mond landen. Um die Landung verfolgen zu können, ließ Barbicane zusätzlich ein Riesenteleskop bauen, mit dem man ein quadratförmiges farbiges Tuch von drei Fuß Kantenlänge, auf einer ebenen Mondfläche ausgebreitet, deutlich erkennen könnte.

In unserem Arbeitsmaterial werden wir nur kurz auf die Grenzen eingehen, denen ein aus einem Rohr abgefeuertes Geschoss unterliegt. Dagegen befassen wir uns weit ausführlicher mit den physikalischen Gegebenheiten des Flugs von Raketen auf den erdnahen Umlaufbahnen und mit dem Flug der Apollo zum Mond. Es sei bereits jetzt darauf hingewiesen, dass wir, genau wie Impey Barbicane, im Ungefähren verbleiben müssen, da wir den Bremsseffekt in der Atmosphäre nicht quantifizieren können.

<sup>1</sup> Ein britisches Pfund (pound, Symbol: lb) entspricht 454 g

<sup>2</sup> Ein Yard entspricht 91,44 cm

<sup>3</sup> Ein Fuß (foot, Symbol: ft) entspricht 30,48 cm

## Didaktisch-methodische Hinweise

### Warum wir dieses Thema bearbeiten

Vernes Roman soll lediglich als eine Möglichkeit gesehen werden, die Schüler/innen mit den physikalischen Voraussetzungen und Größen vertraut zu machen, die sich mit dem Start und der Flugbahn von Projektilen befassen. Die Berechnungen in den Materialien beginnen mit der Columbiade und setzen sich fort über die Gravitation der Erde am Äquator und am Nordpol und den erdnahen Satelliten bis hin zu dem Mondflug der Apollo 11.

### Zielgruppe, Dauer und Hinweise

Diese Einheit wurde für die Klassen 10/11 für Lerngruppen mit dem Schwerpunktfach Physik konzipiert, kann aber je nach Vorwissen im Bereich Rechnen mit Einheiten generell in der Sekundarstufe I oder II eingesetzt werden.

Die Einheit umfasst 6 bis 8 Unterrichtsstunden, zuzüglich 8 Stunden Hausaufgaben bzw. Home-Office.

Nach der Einführung in das Thema im Klassenverband können die Materialien als Arbeitsbögen für die Bearbeitung in kleineren Schülergruppen oder als Arbeitsanweisungen für Hausaufgaben genutzt werden. Die Lösungsbogen werden in dem Beitrag jeweils nach dem Arbeitsbogen eingefügt. Einige Arbeitsblätter eignen sich als Testvorlagen, für eine Klassenarbeit oder eine Klausur. Einige Arbeitsblätter sind auch für den Einsatz im Home-Office (Corona-Zeiten) geeignet.

### Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise zur Gestaltung dieser Reihe

Die anfangs ausführliche Darstellung der einzelnen Arbeitsschritte und der Lösungen soll den Schüler\*innen helfen, sich mit den teilweise komplizierten Ableitungen vertraut zu machen. Sie werden später vereinfachend zusammengefasst. Nenner in Brüchen werden durch negative Exponenten ersetzt.

Die Schüler müssen sich in die Lage versetzen, ältere, früher übliche Einheiten – so die von Jules Verne benutzten englisch-anglikanischen Größen – in die metrischen und in die im Jahre 1960 eingeführten Basiseinheiten des SI-Einheitensystems für die Länge (m), die Masse (kg) und die Zeit (s) umzurechnen. Dazu ist u. a. erforderlich, sehr große und sehr kleine Größen in Zehnerexponenten umzuformen und damit zu rechnen. So müssen die Schüler beispielsweise befähigt sein, die Lichtgeschwindigkeit  $c = 299.800 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  in  $c = 2,998 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  oder die Zeit  $t = 0,00102 \text{ s}$  in  $t = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ s}$  umrechnen und deren Produkt, die Länge  $s = c \cdot t = 3,058 \cdot 10^5 \text{ m}$ , errechnen und die Dimension bestimmen zu können.

Um innerhalb der Gleichungen Größe und Definitionen nicht zu verwechseln, setzen wir die Definitionen der Einheiten erst nach der Umformung der Gleichungen ein. Die Schülerinnen und Schüler sollen erkennen, dass eine korrekt durchgeführte Wiedergabe der Einheiten eine echte Kontrollmöglichkeit der numerischen Gleichungen ist.

Die Längen werden einheitlich mit  $r$  als Radien der Körper, mit  $R$  als Abstand der Mittelpunkte der Körper und mit  $h$  als Höhe von Objekten ab der Körperoberfläche bezeichnet. Die Beschleunigung wird, wie üblich, mit  $a$  bezeichnet. Einzelne Größen werden durch Indizes unterschieden. So wird die Masse der Erde mit  $m_E$ , die des Mondes mit  $m_M$  und die des Raumschiffs mit  $m_R$  wiedergegeben.

## Mediathek

- ▶ **Verne, Jules:** *Von der Erde zum Mond*. Anaconda Verlag. Köln 2014.  
*288 Seiten starke, sehr preiswerte Ausgabe des Romans mit 49 schwarz-weißen Illustrationen der französischen Originalausgabe von 1865 von George Roux und Henri de Montaut.*
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=xKid9HJ6RG4>  
*Hier findet man eine ca. 90 Minuten lange Verfilmung von Jules Vernes Roman „Von der Erde zum Mond“. Der Film entstand im Jahr 1958 unter dem Originaltitel: From the Earth to the Moon. Mit: Joseph Cotton, Debra Paget, George Sanders. Regie: Byron Haskin. FSK: Freigegeben ab 12 Jahren. [Letzter Zugriff: 23.02.2021]*

# Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt

---

## 1.–3. Stunde

<b>Thema:</b>	<b>Gravitation Erde</b>
<b>M 1</b> (Ab)	Die Mondrakete des Mr Impey Barbicane
<b>M 2</b> (Ab)	Die Gravitationskonstante und die Erdbeschleunigung
<b>M 3</b> (Ab)	Die Gravitation der Erde und die ISS



---

## 4.–5. Stunde

<b>Thema:</b>	<b>Satelliten I</b>
<b>M 4</b> (Ab)	Kommerzielle Satelliten in der Erdumlaufbahn



---

## 6.–7. Stunde

<b>Thema:</b>	<b>Der Äquigravitationspunkt</b>
<b>M 5</b> (Ab)	Der Äquigravitationspunkt $P_{EM}$ zwischen Erde und Mond
<b>M 6</b> (Ab)	Beschleunigungen und Geschwindigkeiten vor und nach Punkt $P_{EM}$



---

## 8. Stunde

<b>Thema:</b>	<b>Gravitation Mond und Satelliten II</b>
<b>M 7</b> (Ab)	Gravitation auf dem Mond
<b>M 8</b> (Ab)	Zusammenstellung der Daten der einzelnen Satellitenbahnen



---

## Minimalplan

Die Einheit kann statt in acht Unterrichtsstunden auch in sechs Stunden unterrichtet werden, indem man jeweils nur eine Aufgabe im Unterricht bearbeitet und die restlichen Aufgaben als Hausaufgaben gibt. Alternativ kann man auch **M 5** und **M 6** weglassen, das bietet sich besonders bei etwas schwächeren Lerngruppen an.

# SCHOOL-SCOUT.DE



Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

## Auszug aus:

*Physik - Mechanik: Gravitation*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



1.B.41

Mechanik

Gravitation – von Jules Verne  
bis zur Satellitenflugbahn

Ein Beitrag von Manfred Nagel  
Erscheinensdatum: September 2011



In diesem Beitrag werden die Gedanken- und Zahlenwelt von der fantastischen Utopie eines Mannes bis hin zur physikalischen Realität des Starts und der Flugbahn eines Projektils verfolgt, um dann Bahnen von erdnahen Satelliten und Raketen der Apollo-Mission zu beschreiben.

**KOMPETENZPROBE:**

**Klassische:** 20-32

**Quar:** 8 (Gravitationskräfte)

**Komplexe:** 2 (Modellieren und Mathematisieren), 3 (Erörtern und Zusammenhängen und kritisches Überprüfen von Behauptungen), 3 (Skizzieren von Aussagen und Argumenten mit Beispielen)

**Theoretische Bereiche:** Gravitation, 1. Einheits-, Geschwindigkeit und Beschleunigung, Kreisbewegung, Raketen, Satelliten