

tion des Unterrichts beinhaltet einen detaillierten Ablaufplan, beschreibt die notwendigen Rahmenbedingungen (Technik, Spielkompetenz etc.) und enthält konkrete Kompetenzen und Materialien.

## Projektplan für Moonbase Alpha im Physikunterricht

*Zeitvolumen:* ca. vier Unterrichtsstunden

*Zielgruppe:* Schüler der 9./10. Klasse (Gymnasium)

*Fachbereich:* Physik (G8 Sek I und II)

*Lehrplankonformität:* Anknüpfungspunkte zu den KLP des Faches Physik der 9./10. Klassenstufe finden sich unter anderem zu folgenden Schwerpunktthemen:

- Kraft, Energie
- Grundlagen der Newton'schen Gravitationsgesetze
- Beschäftigung mit astronomischen Weltbildern von der Antike bis heute
- Keplers Forschungstätigkeiten
- Themen zur Entwicklung des Universums oder
- Möglichkeiten zur Überwindung der Schwerkraft

Da nicht alle Bundesländer eine Doppelstunde Physik in der 9./10. Klassenstufe vorgesehen haben, ist die Unterrichtssequenz jeweils auf 45 Minuten angelegt, um die Lerneinheiten sinnvoll zu beenden. Ebenso ist es aber möglich, den Unterrichtsvorschlag in zwei Doppelstunden durchzuführen.

- *Verfügbarkeit des Spiels:* kostenloser Download über die Plattform Steam der Firma Valve unter [www.store.steampowered.com](http://www.store.steampowered.com) (25.05.2011)
- *Titel des Spiels:* Moonbase Alpha
- *Entwickler:* Virtual Heroes / NASA
- *Genre:* Kombination aus Strategie-, Action- und Simulationsspiel
- *Altersfreigabe:* für alle Altersgruppen freigegeben
- *Spielzeit:* freie Spielzeit oder 25 Minuten-Kampagne im Wettbewerbsmodus
- *Spielmodus:* Single- oder Multiplayermodus (bis zu sechs Spieler pro Team)
- *Inhalt des Spiels:* Die Spieler schlüpfen in die Rolle eines Astronauten, der gemeinsam mit anderen Teammitgliedern eine Basis auf dem Mond reparieren und instand halten soll. Nur durch die Zusammenarbeit der Spieler und durch ein gutes Timing der zum Teil voneinander abhängigen Aufgaben können die Lebenserhaltungssysteme der Mondbasis funktionsfähig gemacht werden.
- *Zusatzmaterialien:* Weiterführende Lernmaterialien und -anregungen sind auf den Webseiten der NASA erhältlich (<https://www.nasa.gov/>)

offices/education/programs/national/ltp/games/moonbasealpha/mbalpha-landing-collection1-TrainingResources.html, 25.05.2011). Ebenso wie das Spiel sind die Lernmaterialien auf den Webseiten zurzeit nur auf Englisch erhältlich.

- *Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“*: Grundwissen und Anwendung der Newton'schen Gesetze
- *Geschichte*: Einblick in die Geschichte der Raumfahrt, Technik der Welt- raumstationen (z. B. MIR und ISS)
- *Energie*: Energieversorgung (Solarzellen, Brennstoffzellen, Akkumulatoren)
- *Astronomie*: Planetenbewegungen, Kepler-Gesetze, Lebens- und Arbeitsbedingungen auf dem Mond (Nahrungsaufnahme, Schwerelosigkeit, Leben auf dem Mond?)
- *Übergreifende Kompetenzen*: Teamfähigkeit, kooperative Problemlösestrategien, fächerübergreifendes Wissen zur Technik und Historie der Raumfahrt, Medienkompetenz im Bereich „Computerspiele“

### Step one: learning the game

Vorbereitung für die erste Stunde (je nach Computerspielerfahrung und technischer Kompetenz der Lehrer ca. ein bis zwei Zeitstunden). Falls nicht vorhanden: Installation von Steam und das Einrichten eines Steam-Accounts:

1. Aufrufen der Webseite <https://store.steampowered.com> (25.05.2011)
2. Steam nach Anweisung auf dem Rechner installieren
3. Im Shop über die Eingabe „Moonbase Alpha“ das Spiel suchen und ebenfalls installieren
4. Spiel starten

Mit der Spielsteuerung und -umgebung vertraut machen durch das Spielen im Singleplayer-Modus. Für die gesamte Kampagne ist, je nach Erfahrung, ca. eine Stunde Spielzeit nötig.

### Step two: cross over

Ablauf der ersten Unterrichtsstunde

In Tabelle 3 ist der Ablauf dieser Stunde vorgegeben. Die einzelnen Punkte der Tabelle werden in diesem Kapitel ausführlicher besprochen.

Tab. 3: Ablauf der ersten Unterrichtsstunde

	Zeitplan (in Min.)	Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“	Methodisch-didaktische Hinweise
1.	10	Hintergrundwissen zum Mond	Gespräch mit Leitfragen: Was wissen die Schüler über den Mond? Was wissen sie über die Mondlandung?
2.	10– 15	(Wiederholung): Newton'sche Gesetze	Die Formeln können je nach Vorwissen der Schüler angewandt werden.
3.	10– 15	Grundlagen zu Kreisbewegung und Gravitation	Mit den Schülern einen allgemeinen Lösungsalgorithmus erarbeiten.
4.	10– 15	Erkenntnissicherung; Anwendung des Lösungsalgorithmus	Übungsaufgabe
5.		Vorbereitung für die nächste Stunde	Die Schüler sollen als Hausaufgabe <i>Steam</i> und <i>Moonbase Alpha</i> (zu Hause oder auf einem Schulrechner) installieren und sich bereits mit der Spielsteuerung vertraut machen.

### Zu 1: Hintergrundwissen zum Mond

- Erste bemannte Mondlandung am 20. Juli 1969 durch die US-amerikanische Raumfahrtbehörde NASA
- erste Menschen auf dem Mond: die amerikanischen Astronauten Neil Armstrong und Edwin Aldrin
- einziger Trabant der Erde
- Die Gravitation des Mondes beeinflusst die Gezeiten auf der Erde.
- Der Mond umkreist die Erde im Durchschnitt alle 27 Tage (siderische Periode).
- 13. Oktober 2009: Nach einem gezielten Absturz der NASA-Sonde „LCROSS“ am 09. Oktober bestätigten NASA-Wissenschaftler, dass gefrorenes Wasser auf dem Mond nachgewiesen werden konnte.

Weitere Informationen zum Mond siehe unter anderem: [https://schulen.eduhi.at/riedgym/physik/11/astronomie/mond/start\\_mond.htm](https://schulen.eduhi.at/riedgym/physik/11/astronomie/mond/start_mond.htm), 25.05.2011

## Zu 2: (Wiederholung): Newton'sche Gesetze

### ■ 1. Gesetz: Trägheitsprinzip

Ein Körper verharrt im Zustand der Ruhe oder der gleichförmigen geradlinigen Bewegung, solange keine äußere Kraft auf ihn wirkt.

### ■ 2. Gesetz: Grundgesetz der Mechanik

Die Kraft  $F$ , die einem Körper der Masse  $m$  die Beschleunigung  $a$  erteilt, ist das Produkt aus dieser Masse  $m$  und der Beschleunigung  $a$ .

**Formel 1:** Grundgesetz der Mechanik  $F = m \cdot a$

Die Einheit der Kraft ist  $[F] = 1 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1 \text{ N (Newton)}$

### ■ 3. Gesetz: Reaktionsprinzip

Übt ein Körper  $A$  auf einen Körper  $B$  die Kraft  $\vec{F}_A$  aus, so übt auch  $B$  auf  $A$  die Gegenkraft  $\vec{F}_B$  aus, die entgegengesetzt gleich der ersten Kraft ist.

**Formel 2:** Reaktionsprinzip

Kraft  $\vec{F}_A$ , Gegenkraft  $\vec{F}_B$

$$\vec{F}_A = -\vec{F}_B$$

## Zu 3: Grundlagen zu Kreisbewegung und Gravitation

**a Formel 3:** Bahngeschwindigkeit  $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T}$  mit Kreisbahnradius  $r$  und Umlaufzeit  $T$

**b Formel 4:** Radialbeschleunigung  $a_r = \frac{v^2}{r}$

**c Formel 5:** Dichte  $\rho = \frac{m}{V}$  mit Masse eines Körpers  $m$  und Volumen eines Körpers  $V$

**d Formel 6:** Zentripetalkraft  $F_Z = m \cdot a = m \cdot \frac{v^2}{r}$

e **Formel 7:** Gewichtskraft  $F_G = m \cdot g$  mit der Fallbeschleunigung  $g = 9,81 \frac{m}{s^2}$

f **Formel 8:** Gravitation  $F_{Grav} = G \frac{m_A \cdot m_B}{r^2}$

Zwei Massen  $m_1$  und  $m_2$ , deren Körpermittelpunkte den Abstand  $r$  voneinander haben, ziehen sich mit der Gravitationskraft  $F_{Grav}$  an. Hierbei ist  $G$  eine wichtige Naturkonstante (die sogenannte „Gravitationskonstante“), die folgenden Wert annimmt:

**Formel 9:** Gravitationskonstante  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{N \cdot m^2}{kg^2}$

#### Zu 4: Erkenntnissicherung durch Übungsaufgaben

**Aufgabe 1: Messung von Kräften:** Mit welcher Anfangskraft  $F_A$  muss eine Rakete, welche die Schüler zur Mondstation *Moonbase Alpha* transportiert, beschleunigt werden, wenn diese nach dem Start in den ersten 120 Sekunden über Schubkraft:  $F_S = 33,4$  MN und Gewichtskraft:  $F_G = 26,9$  MN verfügt? (Lösung: Die Rakete muss mit einer Kraft von  $F_A = F_S - F_G = 6,5$  MN beschleunigt werden.)

**Aufgabe 2: Einstieg in die Messung der Gravitation:** Die beiden Planeten A und B ziehen sich mit einer Kraft von 20 N an. Wie groß ist die Kraft, wenn der Abstand zwischen den beiden Planeten verdoppelt wird? (Lösung:  $F = 5$  N, die neue Kraft ist 1/4 der ursprünglichen Kraft)

Ablauf der zweiten Unterrichtsstunde

Die zweite Unterrichtsstunde sollte im Computerraum stattfinden. Stellen Sie sicher, dass auf jedem Rechner *Steam* vorhanden und das Spiel *Moonbase Alpha* installiert ist. In Tabelle 4 ist der Ablauf dieser Stunde vorgegeben. Anschließend werden die einzelnen Punkte besprochen.

#### Zu 1: Leitfragen für die zweite Unterrichtsstunde

- Welche Vorerfahrungen haben die Schüler mit Computerspielen bereits gemacht? Wie oft wird gespielt? Welche Spiele spielen die Schüler? Spielen sie die alleine oder mit Freunden?
- Wie sind die Schüler mit dem Spiel *Moonbase Alpha* zurechtgekommen?
- Welche Herausforderungen bietet die Spielmechanik beziehungsweise das Spielziel?
- Wo sehen die Schülerinnen und Schüler schon jetzt Anknüpfungspunkte zum Physikunterricht?

**Tab. 4:** Ablauf der zweiten Unterrichtsstunde

	<b>Zeitplan (in Min.)</b>	<b>Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“</b>	<b>Methodisch-didaktische Hinweise</b>
1.	10	Austausch über Spielerfahrungen der Schüler	Sprechen Sie anhand der Leitfragen über die Erfahrungen, die die Schüler mit Computerspielen allgemein und mit dem Spiel Moonbase Alpha gemacht haben.
2.	15–20	Kennenlernen der Spielmechanik	Lassen Sie die Schüler noch einmal im Singleplayer-Modus spielen und erarbeiten Sie gemeinsam mit Schülern die Spielmechanismen.
3.	10	Klärung relevanter Begriffe für das Spiel	Da das Spiel auf Englisch ist, können Sie die Begriffe auch vorab als Handout austeilen.
4.	5	Vorbereitung für die Arbeit mit dem Computerspiel: Aufteilung der Schüler in Teams aus ca. 4–5 Mitgliedern	Die Teams so aufteilen, dass Schüler mit viel/wenig Computerspielerfahrung gemeinsam spielen.

### Zu 2/3: Kennenlernen der Spielmechanik / Klärung relevanter Begriffe

Damit sich die Schülerinnen und Schüler mit dem Spiel und der „Mission“ vertraut machen können, lassen Sie diese zunächst unter Ihrer Anleitung im Singleplayer-Modus die Spielumgebung erkunden. Entdecken Sie gemeinsam die Spielumgebung und zeigen Sie (beziehungsweise lassen Sie sich von den Schülern zeigen), wie man Gegenstände aufhebt bzw. repariert. Geben Sie anschließend gegebenenfalls Unterstützung bei Fragen zur Steuerung, zum Spielziel oder bei unbekanntem Begriffen wie:

- beacon – Lichtsignal
- bridgecircuit – Brückenschaltung
- coolant – Kühlflüssigkeit
- coupler – Kopplungsstück
- equipmentsshed – Ausrüstungscontainer

- leak – Leck
- power cable – Netzkabel
- power distributor – Verteiler
- solar array – Solarzellenverbund
- weldingtorch – Schweißbrenner
- wrench – Schrauben- / Sechskantschlüssel

Vergewissern Sie sich anschließend, dass alle Schüler die Spielmission verstanden haben.

Ablauf der dritten Unterrichtsstunde

**Tab. 5:** Ablauf der dritten Unterrichtsstunde

	<b>Zeitplan (in Min.)</b>	<b>Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“</b>	<b>Methodisch-didaktische Hinweise</b>
1.	30	Team-Wettbewerb: Das schnellste Team gewinnt	Spielen des Spiels im Multiplayermodus
2.	10– 15	Anwendung des Newton’schen Gravitationsgesetzes	Transferaufgabe
3.		Erkenntnissicherung	Hausaufgabe

### Zu 1: Team-Wettbewerb

Das schnellste Team gewinnt: Lassen Sie die Schülerinnen und Schüler das Spiel *Moonbase Alpha* im Wettbewerbsmodus spielen. Dazu ist es nötig, dass sich jede Gruppe zunächst einen eigenen Servernamen gibt, auf dem sich die Mitglieder einloggen. Um die Schulklasse zu motivieren, die Mission bis zum Ende durchzuspielen, könnte z. B. das Gewinnerteam von den Hausaufgaben befreit werden.

### Zu 2: Anwendung des Newton’schen Gravitationsgesetzes

Geben Sie die Masse der Erde  $m_{\text{Erde}}$  aus den angegebenen Werten an:

**Formel 10:** Anwendung

Abstand Erdmittelpunkt – Mondmittelpunkt:  $r = 384\,000$  km und Umlaufdauer des Mondes  $T = 27,3$  Tage

**Formel 11:** Lösung zu 10

Lösung:  $m_{Erde} \approx 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  (Gravitationskraft = Zentripetalkraft)

**Zu 3: Erkenntnissicherung**

Bei der Planung des Fluges zur Mondstation *Moonbase Alpha* haben zwei Wissenschaftler der NASA unterschiedliche Meinungen über die Gravitationstheorien. Finden Sie durch Internetrecherche heraus, worin sich die Gravitationstheorien von Newton und Einstein unterscheiden. Welche Konsequenzen sehen Sie aufgrund Ihrer Recherche für die bemannte Raumfahrt?

**Step three: Games as a Theory of the Content**

Ablauf der vierten Unterrichtsstunde

**Tab.6:** Ablauf der vierten Unterrichtsstunde

	<b>Zeitplan (in Min.)</b>	<b>Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“</b>	<b>Methodisch-didaktische Hinweise</b>
1.	15–20	Transfer: Physikunterricht – Spiel	Gespräch mit Leitfragen
2.	10–15	Besprechung der Hausaufgabe	–
3.	15	Erkenntnissicherung	Abschließende Übungsaufgabe zur Gravitation

**Zu 1: Transfer: Physikunterricht – Spiel**

- Wie hat den Schülern der Einsatz von *Moonbase Alpha* im Unterricht gefallen?
- Hat das Spiel dazu beigetragen, die theoretischen Ausführungen der Newton'schen Gesetze besser zu verstehen?
- Was konnte durch das Spiel nicht vermittelt werden?
- Welche Erfahrungen wurden durch die Simulation von Arbeitssituationen bei Schwerelosigkeit gemacht?
- Wie realistisch schätzen die Schüler die durch das Computerspiel vermittelten Kommunikations- und Kooperationsmöglichkeiten im Weltall ein?



- Wie realistisch schätzen die Schüler die Umsetzung einer Mondstation in naher Zukunft ein?
- Welche Verbesserungsvorschläge haben die Schülerinnen und Schüler zum Einsatz von Computerspielen im Physikunterricht?

### Zu 2: Besprechung der Hausaufgabe:

Lösung (<https://www.einstein-online.info>, 25.05.2011):

- Gravitation lässt sich auf unterschiedliche Weise erklären.
- mathematische Einfachheit der Newton'schen Gravitationstheorie
- ungenaue, weil von der Realität abweichende mathematische Vorhersagen für die Bahnen von Himmelskörpern
- steht im Widerspruch zu Einsteins Relativitätstheorie; denn Einstein zeigt, dass Gravitationsfelder unlösbar mit der durch sie gekrümmten Raumzeit verbunden sind
- Einsteins allgemeine Relativitätstheorie: Materie, die Masse, Energie oder Druck aufweist, verzerrt die Raumzeit ebenso, wie diese Verzerrung auch auf die in der Raumzeit enthaltene Materie zurückwirkt.

### Zu 3: Erkenntnissicherung

Sie sind auf einer neuen Expedition zur Moonbase Alpha, um vor Ort weitere Untersuchungen vorzunehmen. An welchem Punkt auf dem Weg zum Mond befindet sich Ihr Raumschiff in einem schwerelosen Zustand? Rechnen Sie mit folgenden Angaben:

- a Abstand Erdmittelpunkt – Mondmittelpunkt = 384 400 km
- b Mondmasse = 1 / 81 Erdmasse

#### Formel 12: Erkenntnissicherung

$$\text{Lösung: } F_E = F_M, G \frac{m \cdot m_E}{r_E^2} = G \frac{m \cdot m_M}{r_M^2}$$

So liegt der gesuchte Punkt 345 600 km von der Erde und 38 400 km vom Mond entfernt.

## Fazit und Ausblick

Obwohl Computer- und Videospiele klassische Methoden des Schulunterrichts keinesfalls ersetzen können oder sollten, so gibt es zahlreiche Möglichkeiten, diese als sinnvolle Ergänzungen im Lehrbetrieb einzusetzen.