

Gefördert aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds und des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung



 **Bundesministerium**  
Bildung, Wissenschaft  
und Forschung

**Kompetenzfeld** Natur und Technik

# Natur und Ökologie

GEKRÜMMTE WEGE AUF DER ERDE UND IM WELTALL



## Impressum

### Herausgegeben von

BFI Salzburg

### Für den Inhalt verantwortlich

BFI Salzburg

### Autor\_in

Georg Rizos, 2018

### Layout

Entwurf: typothese – M. Zinner Grafik und Raimund Schöftner

Umschlaggestaltung: Adriana Torres

Satz: Kunstlabor Graz von uniT, Jakominiplatz 15/ 1. Stock, 8010 Graz

Die Verwertungs- und Nutzungsrechte liegen beim Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Forschung. Die Beispiele wurden für Einrichtungen der Erwachsenenbildung entwickelt, die im Rahmen der Initiative Erwachsenenbildung Bildungsangebote durchführen. Jegliche kommerzielle Nutzung ist verboten.

Die Rechte der verwendeten Bild- und Textmaterialien wurden sorgfältig recherchiert und abgeklärt. Sollte dennoch jemandes Rechtsanspruch übergangen worden sein, so handelt es sich um unbeabsichtigtes Versagen und wird nach Kenntnisnahme behoben.

Erstellt im Rahmen des ESF-Projektes Netzwerk ePSA. Gefördert aus Mitteln des Europäischen Sozialfonds und des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung.

## NETZWERK ePSA



# Inhalt

1.	<b>Inhalt und Ziele</b> .....	3
2.	<b>Notwendige Vorkenntnisse</b> .....	3
3.	<b>Deskriptoren</b> .....	3
4.	<b>Arbeitsaufträge</b> .....	4
	Arbeitsauftrag 1: Qualitative Beschreibung der Kreisbewegung .....	4
	Arbeitsauftrag 2: Formel der Kreisbewegung .....	4
	Arbeitsauftrag 3: Qualitative Beschreibung der Gravitation .....	5
	Arbeitsauftrag 4: Formel der Gravitation .....	5
	Weiterführende Arbeitsaufträge (optional) .....	6
4.	<b>Handouts</b> .....	7
	Handout 1 – Kreisbewegung	
	Handout 2 – Formeln zur Kreisbewegung	
	Handout 3 – Gravitationskraft	
	Handout 4 – Formeln zur Gravitationskraft	
	Lösungen zu den Aufgaben	

# 1. Inhalt und Ziele des Moduls

Die Lernenden sollen in der Lage sein zu verstehen, dass eine Beschleunigung auch dann vorhanden ist (und daher eine Kraft wirkt), wenn ein Objekt seine Bewegungsrichtung ändert und nicht nur bei Änderung des Betrags der Geschwindigkeit. Sie lernen das Gravitationsgesetz kennen und verstehen, dass die Gravitation die notwendige Kraft ist, welche die Planeten auf ihren Bahnen hält. Auch soll ihnen klarwerden, dass es Wissenschaftler nicht immer erlaubt war (und oft immer noch nicht erlaubt ist) ihre Entdeckungen offen und frei auszudrücken.

# 2. Notwendige Vorkenntnisse

Grundlagen der Bewegungslehre, Newtonsche Gesetze

# 3. Deskriptoren

2. Phänomene, Vorgänge und Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur beschreiben
3. Phänomene, Vorgänge und Erscheinungen der belebten und unbelebten Natur hinterfragen und kausale Zusammenhänge herstellen
8. Das Prinzip der Modellbildung und die Grenzen der Naturwissenschaft verstehen

## 4. Arbeitsaufträge

### Arbeitsauftrag 1:

#### Qualitative Beschreibung der Kreisbewegung

**Setting:** Gruppe, Einzelarbeit, Frontalunterricht

**Methode(n):** fragend erarbeitender Unterricht, Textverständnis mittels Lückentext

**Dauer:** 40 Minuten

**Materialien:** Tafel, Handout 1, einfache Materialien (z.B. Schlüssel an eine Schnur aufgehängt)

#### Ablauf:

Zuerst versucht jede Person den Lückentext (Handout 1) selbst auszufüllen und notiert unbekannte Wörter (Einzelarbeit). Diese Wörter werden dann erklärt. Der Text wird anschließend im Plenum noch einmal zusammengefasst. Anschließend erfolgt eine Darstellung der Vorgänge mit einfachen Objekten. Beispielsweise kann man zuerst zeigen, dass eine Kraft notwendig ist, um ein Objekt zu beschleunigen oder zu stoppen. Wenn es keine offenbare Kraft gibt, aber das Objekt doch stoppt, dann ist die Reibung im Spiel, also doch eine Kraft. Mit einem an eine Schnur aufgehängten Schlüssel wird gezeigt, dass eine Kraft auch dann notwendig ist, um ihn in einer Kreisbewegung zu halten. Man kann allerdings die Schnur einfach ziehen, dann entsteht eine geradlinige Bewegung.

### Arbeitsauftrag 2:

#### Formel der Kreisbewegung

**Setting:** Gruppe, Einzelarbeit, Partner\_innenarbeit

**Methode(n):** fragend erarbeitender Unterricht

**Dauer:** 60 Minuten.

**Materialien:** Handout 1 und 2, Tafel, Taschenrechner

#### Ablauf:

Eingangs wird das letzte Modul wiederholt. Es wird daran erinnert, dass eine Kraft notwendig ist, um die Bewegungsrichtung eines Körpers zu ändern (z.B. ein auf eine Schnur gebundenes Objekt in Kreisbewegung setzen). Danach werden die Formeln der Bewegung erklärt. Die Lernenden erarbeiten anschließend ein Handout über die Formel der Zentripetalkraft (Handout 2). Zuerst versuchen die Lernenden die Aufgaben selber zu lösen, dann in Partner\_innenarbeit und am Ende im Plenum. Der Zusammenhang der direkten und indirekten Proportionalität, der so oft in der Physik und in der Mathematik vorkommt, wird dadurch vertieft.

### Arbeitsauftrag 3:

## Qualitative Beschreibung der Gravitation

**Setting:** Plenum, Einzelarbeit, Partner\_innenarbeit

**Methode(n):** fragend erarbeitender Unterricht

**Dauer:** 40 Minuten

**Materialien:** Tafel, Handout 3

#### Ablauf:

Zuerst versucht jede Person den Lückentext (Handout 3) selbst auszufüllen und notiert unbekannte Wörter (Einzelarbeit). Diese werden dann erklärt. Es wird daraufhin noch einmal erörtert, dass zwischen zwei Massen immer eine Kraft entsteht und dass Newton auf die einmalige Idee gekommen ist, den Fall eines Körpers und die Bewegung der Planeten durch diese Kraft zu erklären. Die Kraft wirkt also wie eine Schnur: sie kann eine geradlinige aber auch eine kreisförmige Bewegung haben. Sie wirkt allerdings im Gegensatz zur Schnur ohne eine sichtbare direkte Verbindung.

### Arbeitsauftrag 4:

## Formel der Gravitation

**Setting:** Plenum, Einzelarbeit, Partner\_innenarbeit

**Methode(n):** fragend erarbeitender Unterricht

**Dauer:** 60 Minuten.

**Materialien:** Handout 3 und 4, Tafel, Taschenrechner

#### Ablauf:

Am Anfang wird das letzte Modul wiederholt: Es wird daran erinnert, dass eine Kraft zwischen zwei Massen immer besteht, die Gravitationskraft. Danach werden die Formeln der Gravitationskraft erklärt. Die Lernenden erarbeiten anschließend ein Arbeitsblatt über die Formel der Gravitationskraft (Handout 4). Zuerst versuchen sie die Aufgaben selber zu lösen, dann in Partner\_innenarbeit und am Ende im Plenum. Der Zusammenhang der direkten und indirekten Proportionalität, der so oft in der Physik und in der Mathematik vorkommt, wird dadurch weiter vertieft.

## Weiterführende Arbeitsaufträge (optional)

Je nach Interesse der Lernenden lässt sich das Thema weiter vertiefen. Das Niveau kann man dabei flexibel gestalten, beispielsweise durch das Ersetzen oder Erläutern schwieriger Begriffe bzw. durch Textkürzung und –vereinfachung:

### Planetenbewegung, Finsternisse und Jahreszeiten

Die Lernenden lesen zwei Texte aus dem Internet und erfahren dadurch die Funktionsweise der Wissenschaft. Anhand des Beispiels der Jahreszeiten wird insbesondere das Argumentieren geübt. Es wird erklärt, warum der Abstand zwischen Erde und Sonne nicht der Grund der Entstehung der Jahreszeiten sein kann.

#### Quellen:

[https://de.wikibooks.org/wiki/Himmelsgesetze\\_der\\_Bewegung/\\_Finsternisse](https://de.wikibooks.org/wiki/Himmelsgesetze_der_Bewegung/_Finsternisse)

[https://de.wikibooks.org/wiki/Himmelsgesetze\\_der\\_Bewegung/\\_Unsere\\_Zeitregelmäßigkeiten:\\_Jahreszeiten,\\_Tag\\_und\\_Nacht,\\_Mondphasen#Die\\_Jahreszeiten](https://de.wikibooks.org/wiki/Himmelsgesetze_der_Bewegung/_Unsere_Zeitregelmäßigkeiten:_Jahreszeiten,_Tag_und_Nacht,_Mondphasen#Die_Jahreszeiten)

### Weltbilder

Die Lernenden lesen zwei Texte aus dem Internet. Das Wissen über die Funktionsweise der Wissenschaft wird dadurch weiter vertieft. Die Notwendigkeit der Kreativität in der Wissenschaft wird durch die Vermessung der Erde von Eratosthenes unterstrichen.

#### Quellen:

[https://de.wikibooks.org/wiki/Mechanik:\\_9.-10.\\_Schulstufe/\\_Weltbilder](https://de.wikibooks.org/wiki/Mechanik:_9.-10._Schulstufe/_Weltbilder)

[https://de.wikibooks.org/wiki/Himmelsgesetze\\_der\\_Bewegung/\\_Vermessung\\_der\\_Erde\\_und\\_des\\_Abstandes\\_zum\\_Mond#Die\\_Vermessung\\_der\\_Erde\\_nach\\_Eratosthenes](https://de.wikibooks.org/wiki/Himmelsgesetze_der_Bewegung/_Vermessung_der_Erde_und_des_Abstandes_zum_Mond#Die_Vermessung_der_Erde_nach_Eratosthenes)

### Mechanik im Straßenverkehr

Die Lernenden können verstehen, dass eine Reibungskraft notwendig ist, um einen Wagen beim Abbiegen auf der Straße zu halten. Die Rolle der Neigung der Straße wird auch erklärt. Sicherheit auf der Straße, Statistiken über Unfälle und Folgen des Verkehrs auf die Umwelt werden im Internet recherchiert und in der Klasse diskutiert.

### Apropos Galilei - Der Wissenschaftler und die Gesellschaft

Die Verurteilung des Wissenschaftlers seitens der Kirche und die Weltanschauung der Wissenschaft wird thematisiert und diskutiert.



## 5. Handouts

Handout 1 – Kreisbewegung

Handout 2 – Formeln zur Kreisbewegung

Handout 3 – Gravitationskraft

Handout 4 – Formeln zur Gravitationskraft

Lösungen zu den Aufgaben





# HANDOUT 1 – KREISBEWEGUNG

**Bitte füllen Sie den folgenden Lückentext mit den folgenden Wörtern aus!**

*Abstand, Mittelpunkt, geradlinige, Masse, konstanter, Radius, Geschwindigkeit, Kraft, Zentripetalkraft, ausüben, Abwesenheit, drehen, Trägheitsprinzip*

Das \_\_\_\_\_ (1) von Newton besagt, dass ein Objekt eine gleichförmige Bewegung macht, wenn die Gesamtkraft null ist (und umgekehrt). Gleichförmig bedeutet eine \_\_\_\_\_ (2) Bewegung mit \_\_\_\_\_ (3) Geschwindigkeit). Damit ein Körper immer schneller wird, muss man eine Kraft auf ihn \_\_\_\_\_ (4). Ein Beispiel hierfür ist Air-Hockey (siehe Bild 1). Wird der Puck gestoßen, wird er schneller oder die Richtung der Bewegung wird sich ändern. Sonst bleibt der Puck auf eine geradlinige Bewegung mit (fast) konstanter \_\_\_\_\_ (5).



Abbildung 1: Air-Hockey<sup>1</sup>



Abbildung 2: Hammerwurf<sup>2</sup>

Was ist mit der Drehbewegung? Wenn die Person im Bild (siehe Bild 2) ein Objekt auf einer Schnur aufhängt und es zu \_\_\_\_\_ (6) anfängt, spürt sie eindeutig eine \_\_\_\_\_ (7) an ihrer Hand. Sie muss das Objekt ziehen, damit es in Drehbewegung bleibt. Es gibt also eine zum \_\_\_\_\_ (8) der Drehbewegung gerichtete Kraft, die das Objekt in Drehbewegung hält. Diese Kraft wird \_\_\_\_\_ (9) genannt. Sobald diese Kraft ausfällt, bewegt sich das Objekt wieder geradlinig.

1 Bildquelle: ©Haem / Wikimedia Commons

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:X\\_b038c5e8.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:X_b038c5e8.jpg) (20.06.2018)

2 Bildquelle: Pixabay

<https://pixabay.com/de/hammerwurf-athlet-leichtathletik-673449> (20.06.2018)



Bei \_\_\_\_\_ (10) der Zentripetalkraft macht der Körper also eine geradlinige Bewegung, wie etwa anhand der tangentialen Bahn auf dem Bild links dargestellt. Die Formel für die Zentripetalkraft ist:

Dabei gilt:

- $F_z$  ist die Zentripetalkraft
- $m$  ist die \_\_\_\_\_ (11) des Körpers
- $v$  ist die Bahngeschwindigkeit
- $R$  ist der \_\_\_\_\_ (12) zwischen Mittelpunkt und Körper ( \_\_\_\_\_ (13) genannt).

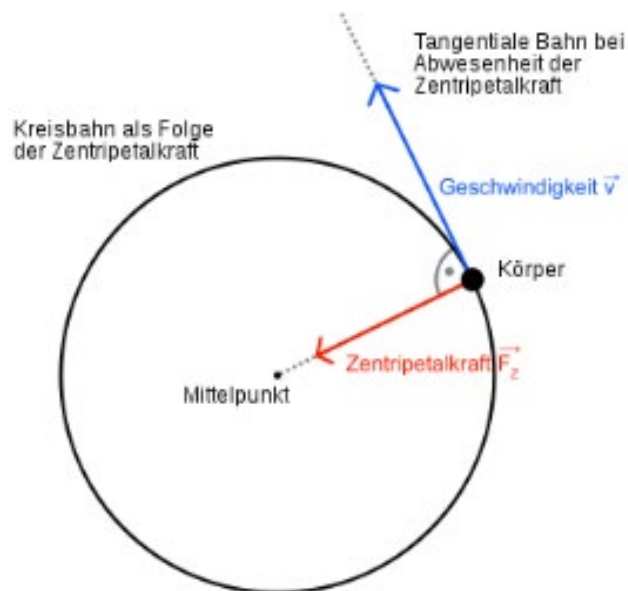


Abbildung 3: Kreisbewegung



# HANDOUT 2 - FORMELN ZUR KREISBEWEGUNG

Die Formel für die Zentripetalkraft  $F_z$  bei einer Kreisbewegung lautet:

$$F_z = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$m$  ist die Masse des Objektes, das sich im Kreis bewegt (in kg)

$v$  ist die Bahngeschwindigkeit (in m/s)

$R$  ist der Radius des Kreises (in m)

$F_z$  ist die Zentripetalkraft (in N). Die Richtung dieser Kraft ist zum Mittelpunkt des Kreises.

Die Formel für die Kraft allgemein ist  $F = m \cdot a$ . Daraus kann man folgen, dass die Formel für die

Beschleunigung  $a_z$  in einer Kreisbewegung  $a_z = \frac{v^2}{r}$  ist (Beschleunigung in  $\text{m/s}^2$ ).

Wie man oft bei einer Bewegung feststellen kann, ist die Beschleunigung nicht von der Masse des bewegten Objektes abhängig.

## Fragen:

1. Ein Bleistift und ein LKW kreisen um die Erde im gleichen Abstand (und mit gleicher Geschwindigkeit). Welche der folgenden Aussagen ist wahr?

- a) Die Beschleunigung ist in beiden Fällen gleich.
- b) Die Kraft ist in beiden Fällen gleich
- c) Die Kraft ist in beiden Fällen zum Mittelpunkt der Erde gerichtet.
- d) Die Geschwindigkeit ist in beiden Fällen zum Mittelpunkt der Erde gerichtet.

2. Ist eine Kraft notwendig für die Kreisbewegung? Wenn ja, wie nennt man diese Kraft? Was für eine Bewegung macht ein Körper, wenn keine Kraft auf ihn ausgeübt wird?

## Aufgaben:

1. Bei einer Kreisbewegung ist der Radius 35m und die Geschwindigkeit 20m/s. Wie groß ist die Beschleunigung?
2. Bei einer Kreisbewegung ist der Radius 83cm und die Geschwindigkeit 10,8km/s. Wie groß ist die Beschleunigung?
3. Bei einer Kreisbewegung ist der Radius 3m, die Masse des Objektes 6kg und die Geschwindigkeit 0,5m/s. Wie groß ist die Beschleunigung und wie groß die Kraft?



**Zusatzaufgaben:**

1. Was passiert mit der Kraft, wenn die Masse sich verdoppelt?
2. Was passiert mit der Kraft, wenn der Radius sich verdreifacht?
3. Was passiert mit der Kraft, wenn die Geschwindigkeit sich verdoppelt?
4. Was passiert mit der Beschleunigung bei einer Kreisbewegung, wenn sich die Geschwindigkeit verfünffacht?



## Handout 3 – GRAVITATIONS-KRAFT

**Bitte füllen Sie den folgenden Lückentext mit den folgenden Wörtern aus!**

*Bewegung, unsichtbare, null, aufstehen, Drehbewegung, gleichförmig, Planeten, Gravitationskraft, Massen, angezogen, freiem, fällt, verhindert, Zusammenhang*

Wir haben schon gelernt, dass ein Körper sich \_\_\_\_\_ (1) bewegt, wenn die Gesamtkraft auf ihn \_\_\_\_\_ (2) ist. Wenn man ein Objekt wirft, bewegt es sich nicht geradlinig, sondern macht es eine Kurve und \_\_\_\_\_ (3) auf die Erdoberfläche, wie das Wasser im Bild 1. Das liegt daran, dass es noch eine Kraft gibt, die Gravitationskraft (was man im Alltag "Gewicht" nennt). Die \_\_\_\_\_ (4) (Gewichtskraft) kann man beispielsweise beim Aufstehen spüren. Um aufzustehen muss man eine Kraft ausüben! Das liegt daran, dass unserer Körper von der Erde \_\_\_\_\_ (5) wird. Woran liegt das?



Abbildung 1: Kurve beim Wurf eines Körpers

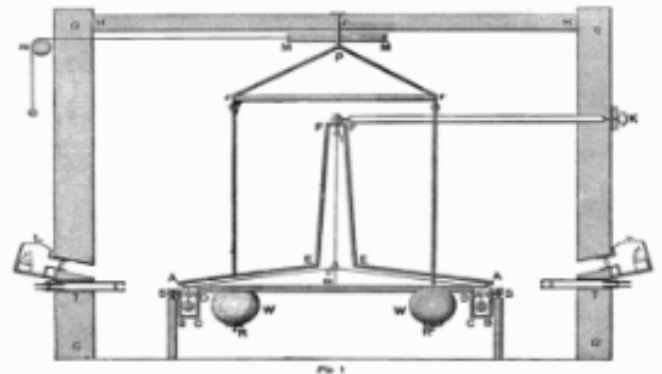


Abbildung 2: Gravitationswaage

Es ist einfach so, dass zwischen zwei Massen immer eine Kraft gibt, die Gravitationskraft. Diese Kraft spürt man zwar, wenn man \_\_\_\_\_ (6) will oder beobachtet man, wenn man einen Körper fallen lässt. Wenn man aber zwei Körper auf dem Tisch liegen lässt, beobachtet man keine \_\_\_\_\_ (7), also auch keine Kraft. Das liegt daran, dass zwischen Körper und Tisch auch eine Kraft gibt, die die Bewegung \_\_\_\_\_ (8): die Reibungskraft. Im Jahr 1798 hat John Cavendish ein Gerät (Gravitationswaage) erfunden, mit dem man doch die Gravitationskraft zwischen zwei \_\_\_\_\_ (9) beobachten kann (Bild 2).



Die Gravitationskraft ist auch diejenige Kraft, welche die Planeten in \_\_\_\_\_(10) hält. Damit ein Körper in Drehbewegung bleibt, muss eine Zentralkraft vorhanden sein. Bei der Bewegung der Planeten gibt es keine Schnur, die die \_\_\_\_\_(11) in Drehbewegung hält, sondern nur diese \_\_\_\_\_(12) Kraft, die Gravitationskraft.

Der englische Wissenschaftler Isaak Newton war der erste, der den \_\_\_\_\_(13) zwischen Planetenbewegung und \_\_\_\_\_(14) Fall auf der Erdoberfläche begriffen und die Gesetze dafür entworfen hat. Das war ein bahnbrechender Moment in der Geschichte der Menschheit.



Abbildung 3: Planetenbahnen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bildquelle: Pixabay

<https://pixabay.com/de/sonnensystem-planeten-planetensystem-11111> (10.07.2018)



# HANDOUT 4 – FORMELN ZUR GRAVITATIONS-KRAFT

Die Formel für die Gravitationskraft  $F_G$  lautet:

$$F_G = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$m_1$  und  $m_2$  sind die Massen der Objekte, die einander anziehen (in kg)

$G$  ist die Gravitationskonstante ( $G \approx 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg} \cdot \text{s}^2$ )

$r$  ist der Abstand zwischen den Punktmassen (in m)

$F_G$  ist die Gravitationskraft. Die Richtung dieser Kraft ist in Richtung des anderen Massenpunkts, die Einheit wird Newton (N) genannt.

Die Formel für die Kraft allgemein ist  $F = m \cdot a$ . Daraus kann man folgen, dass die Formel für die

Beschleunigung  $a_G$  der Gravitationskraft  $a_G = \frac{G \cdot m}{r^2}$  ist.

$m$  ist hier die Masse des anziehenden Objektes. Das bedeutet, dass die Beschleunigung, wenn ein Objekt auf die Erde fällt, immer die gleiche ist (bei gleichem  $r$ ), unabhängig von der Masse des fallenden Objektes. Also wenn man ein LKW oder eine kleine Kugel von einer Brücke wirft, ist die Beschleunigung (und die Geschwindigkeit am Ende) gleich!

## Fragen:

1. Ein LKW und eine Murmel fallen aus dem 10. Stock. Welche der folgenden Aussagen ist wahr?

a) Die Fallbeschleunigung ist in beiden Fällen gleich.

b) Die Kraft ist in beiden Fällen gleich.

c) Beide fallen gleichzeitig auf dem Boden (bei gleichem Luftwiderstand).

**Aufgaben:**

1. Wie groß ist die Kraft zwischen zwei Punktmassen von 7 und 9 kg bei einem Abstand von 3m?
2. Wie groß ist die Kraft zwischen zwei Punktmassen von 7 und 9 t bei einem Abstand von 3 dm?
3. Wie groß ist die Beschleunigung eines fallenden Objektes, das aus 7800 km Höhe auf die Erde fällt? Gegeben ist dazu der Radius und die Masse der Erde: 6300 km,  $6 \cdot 10^{24}$  kg.

**Zusatzaufgaben:**

1. Was passiert mit der Gravitationskraft, wenn sich eine der Massen verdoppelt?
2. Was passiert mit der Gravitationskraft, wenn sich eine der Massen verdoppelt und die andere verfünffacht?
3. Was passiert mit der Gravitationskraft, wenn der Abstand verdreifacht wird?





# LÖSUNGEN ZU DEN AUFGABEN

## Handout 1: Kreisbewegung (Lückentext)

(1) Trägheitsprinzip, (2) geradlinige, (3) konstanter, (4) ausüben,  
(5) Geschwindigkeit, (6) drehen, (7) Kraft, (8) Mittelpunkt,  
(9) Zentripetalkraft, (10) Abwesenheit, (11) Masse, (12) Abstand, (13) Radius

## Handout 2: Kreisbewegung (Formeln)

Aufgabe a:  $a_Z \sim 11,43 \text{ m/s}^2$

Aufgabe b:  $a_Z \sim 97,6 \text{ m/s}^2$

Aufgabe c:  $a_Z \sim 0,083 \text{ m/s}^2$ , FZ » 0,5 N

Zusatzaufgabe a: Die Kraft wird sich verdoppeln.

Zusatzaufgabe b: Die Kraft wird drei Mal weniger.

Zusatzaufgabe c: Die Kraft wird neun Mal mehr.

Zusatzaufgabe d: Die Beschleunigung wird 25-mal mehr.

## Handout 3: Gravitationskraft (Lückentext)

1) gleichförmig, (2) null, (3) fällt, (4) Gravitationskraft, (5) angezogen,  
(6) aufstehen, (7) Bewegung, (8) verhindert, (9) Massen, (10) Drehbewegung, (11) Planeten,  
(12) unsichtbare, (13) Zusammenhang, (14) freiem

## Handout 4: Gravitationskraft (Formeln)

Aufgabe a:  $F_G \sim 4,67 \cdot 10^{-10} \text{ N}$

Aufgabe b:  $F_G \sim 4,67 \cdot 10^{-2} \text{ N}$

Aufgabe c:  $a_G \sim 2,0 \text{ m/s}^2$

Zusatzaufgabe a: Die Kraft wird sich verdoppeln.

Zusatzaufgabe b: -Die Kraft wird 10-mal mehr.

Zusatzaufgabe c: Die Kraft wird 9-mal weniger.