

**Leseprobe**

Handreichung

Cornelsen Experimenta

# Dynamik 2.0

Schüler-Set



Mit **QR Code®**-  
Unterstützung!



Newton'sche Axiome  
Versuche auf der Fahrbahn  
Freier Fall  
Waagerechter Wurf  
Schwingungen  
Zentrale Stöße

**Cornelsen**

Leseprobe

Dieses Werk enthält Vorschläge und Anleitungen für Untersuchungen und Experimente. Vor jedem Experiment sind mögliche Gefahrenquellen zu besprechen. Beim Experimentieren sind die Richtlinien zur Sicherheit im Unterricht einzuhalten.

Die Webseiten Dritter, deren Internetadressen in diesem Lehrwerk angegeben sind, wurden vor Drucklegung sorgfältig geprüft. Cornelsen Experimenta übernimmt keine Gewähr für die Aktualität und den Inhalt dieser Seiten oder solcher, die mit ihnen verlinkt sind.

Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt. Jede Nutzung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages. Hinweis zu §§ 60 a, 60 b UrhG: Weder das Werk noch seine Teile dürfen ohne eine solche Einwilligung an Schulen oder in Unterrichts- und Lehrmedien (§ 60 b Abs. 3 UrhG) vervielfältigt, insbesondere kopiert oder eingescannt, verbreitet oder in ein Netzwerk eingestellt oder sonst öffentlich zugänglich gemacht oder wiedergegeben werden. Dies gilt auch für Intranets von Schulen.

© 2019 Cornelsen Experimenta GmbH, Berlin

# Schüler-Set Dynamik 2.0

Bestellnummer 43009

## Inhalt

Einzelteilübersicht, Einräumplan.....	4
Präambel .....	6
Aufbauhinweise .....	7
Binnendifferenzierung mit QR Code® .....	8, 9

### Versuchsbeschreibungen und Arbeitsblätter..... 10

D01 Geradlinig gleichförmige Bewegung .....	10
D02.1 Newton'sche Gesetze (1) .....	13
D02.2 Newton'sche Gesetze (2) .....	18
D03 Weg-Zeit-Gesetz der geradlinig gleichmäßig beschleunigten Bewegung .....	21
D04 Bewegungsdiagramme .....	24
D05.1 Freier Fall: Fallbeschleunigung .....	30
D05.2 Freier Fall: Fallhöhe – Fallgeschwindigkeit .....	33
D05.3 Freier Fall: Fallhöhe – Fallzeit.....	36

Für die Versuche wird ein Vernier Daten-Logger (z. B. *LabQuest 2*) oder ein Grafikfähiger Taschenrechner (z. B. *TI-Nspire* mit *LabCradle*) benötigt.

Eine Datei mit den den entsprechenden Setups finden Sie im Download-Bereich unter

[cornelsen-experimenta.de](http://cornelsen-experimenta.de)

D06 Waagerechter Wurf .....	43
D07.1 Fadenpendel – Schwingungsdauer .....	47
D07.2 Fadenpendel – Bestimmung $g$ .....	51
D07.3 Fadenpendel – Dämpfung.....	54
D08 Federpendel – Schwingungsdauer.....	58
D09 Impulserhaltung.....	62
D10 Elastischer und unelastischer Stoß .....	65
Bestellschein .....	69

Die markierten Kapitel sind in dieser Leseprobe in Auszügen enthalten

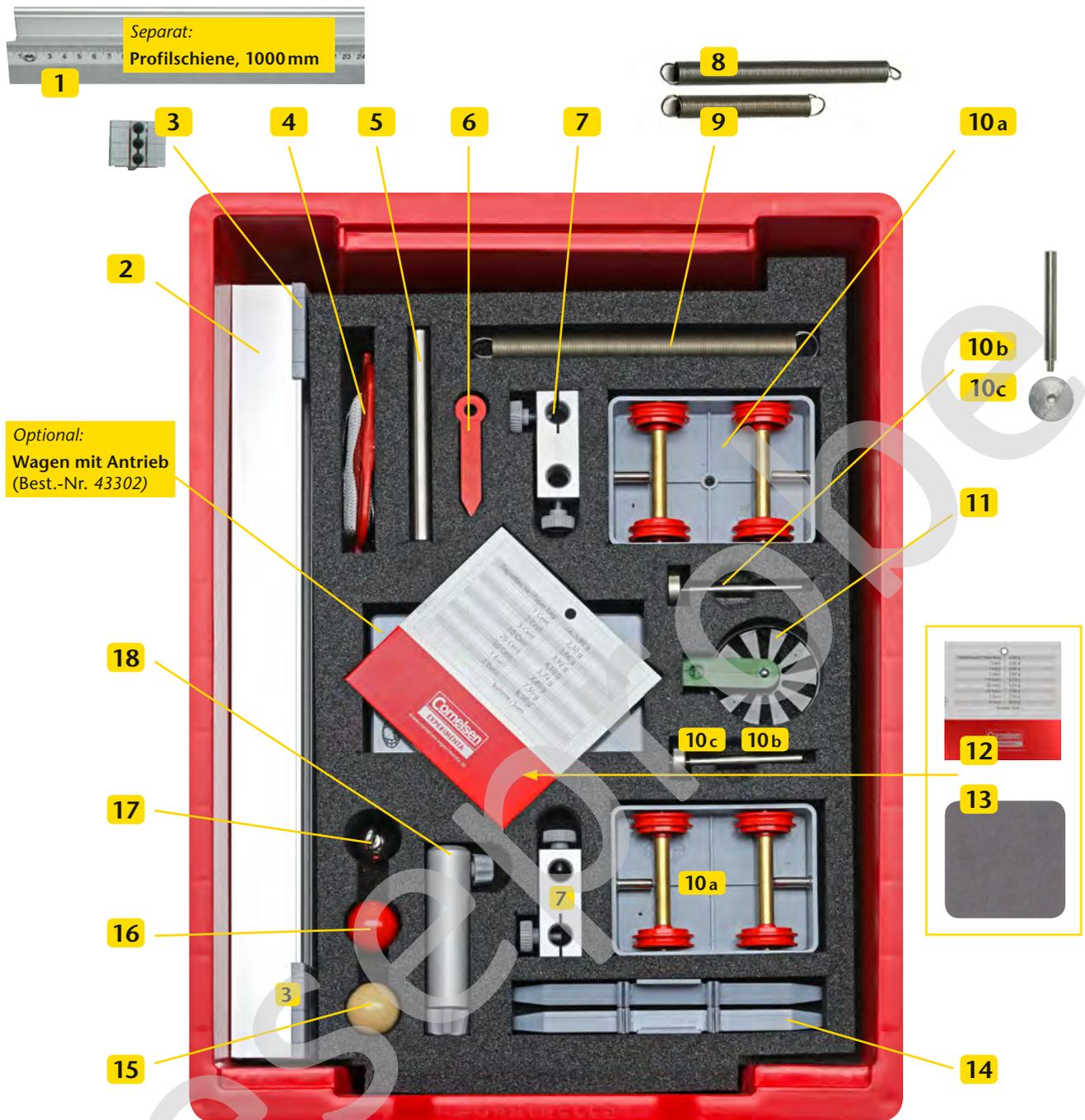


Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
-	1	Anleitung „Schüler-Set Dynamik 2.0“	430095
-	1	Einräumplan „Schüler-Set Dynamik 2.0“	430093
1	1	Profilschiene, 1000mm	40800
2	1	Profilschiene, 360mm, mit Bohrung	40819
3	2	Klemmschieber	40820
4	1	Schnur, 50m/0,5mm Ø	19039
5	1	Stativstab, 100mm	40131
6	1	Zeiger	43114
7	2	Doppelmuffe mit Schlitz	40605
8	1	Schraubenfeder, 150mm/max. 10N	42476

Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
9	1	Schraubenfeder, 100 mm/max. 12N	42477
10	2	Messwagen (a) mit Gewindestab (b) und Massestück (c)	43303
11	1	Speichenrad	78177
12	1	Tasche für Fallversuche	43102
13	1	Unterbrecherkarte, 100mm	43112
14	1	Paar Schienenfüße	40861
15	1	Kugel, Holz, 25mm Ø	43857
16	1	Pendelkugel, Holz, 25mm Ø	43854
17	1	Pendelkugel, Stahl, 25mm Ø	43852
18	1	Klemmrohr	77028

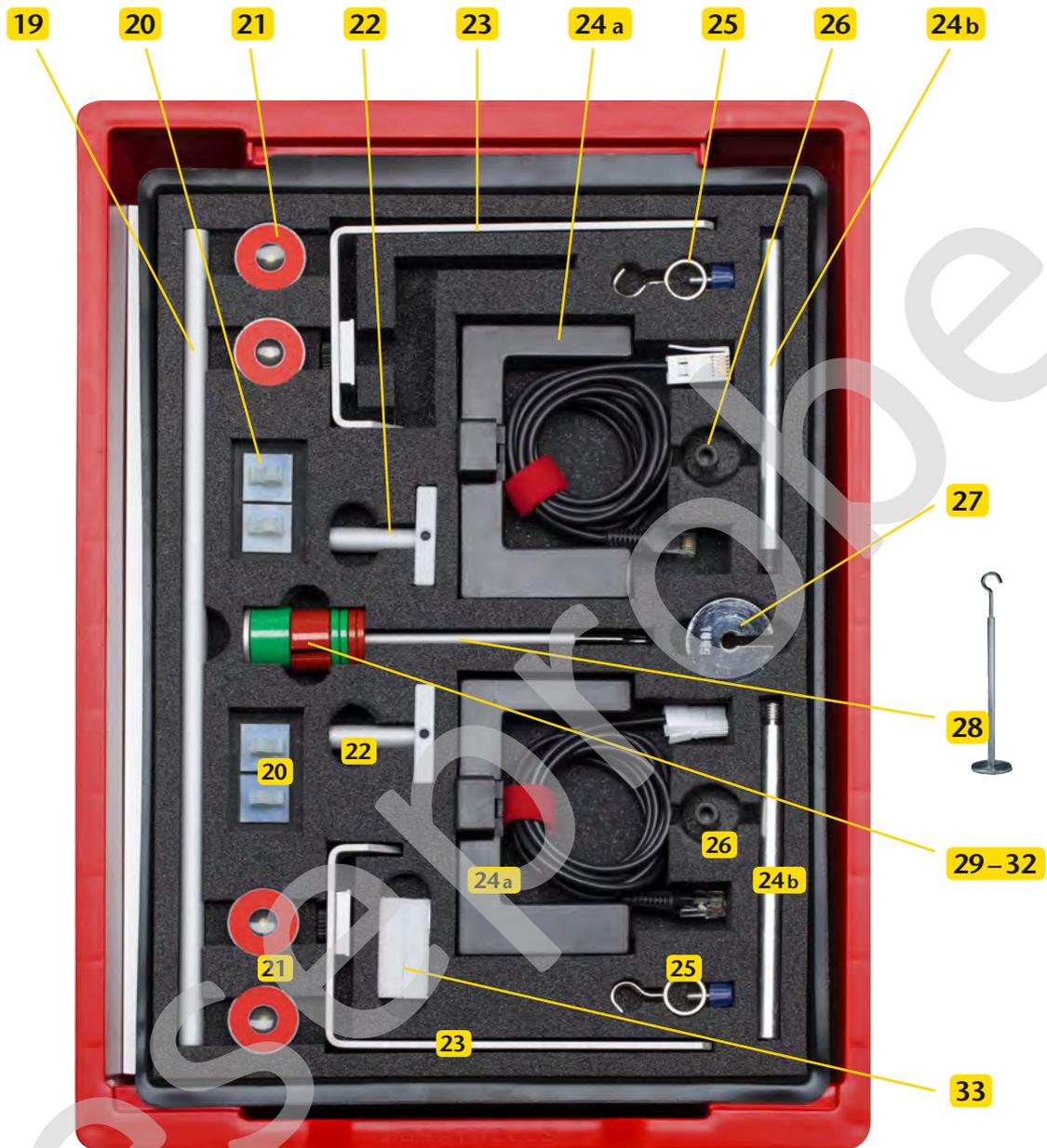


Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
19	1	Satz Stativstäbe, 330mm mit Bohrung und 220mm mit Gewindestift	40137
20	2	Unterbrecherkarte, 30 mm	43113
21	4	Scheibenmagnet mit Stecker	49636
22	2	Puffer am Stab	43278
23	2	Lichtschrankenhalter	43111
24	2	Lichtschranke (a) mit Haltestab (b)	78250
25	2	Ring mit Haken	40155
26	2	Schraube für Lichtschrankenhalter	781771
27	1	Scheibengewicht, 100g	42377
28	1	Gewichtsträger, 10g	42362

Abb.-Nr.	Anz.	Artikelbezeichnung	Best.-Nr.
29	2	Scheibengewicht, 10g, rot	42372
30	2	Scheibengewicht, 10g, grün	42373
31	1	Scheibengewicht, 50g, rot	42375
32	1	Scheibengewicht, 50g, grün	42378
33	1	Satz Prallplatten mit 4-mm-Stecker	43279

**Zusätzlich erforderlich:**

Vernier-Logger bzw. -Interface, Schere, Unterlegklötze (Höhe 5 mm)

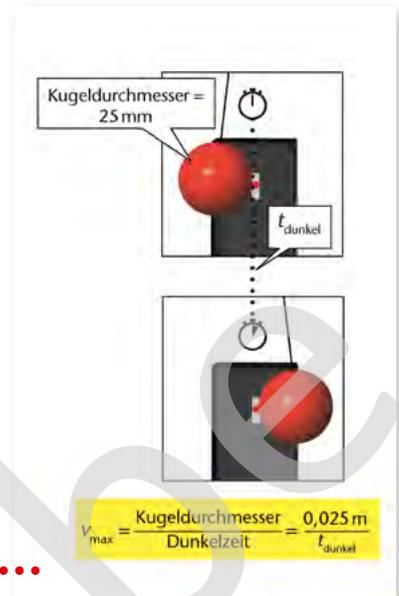
Für Einzelteil-Nachbestellungen verwenden Sie bitte den Bestellschein am Ende der Anleitung.

Die Gesetzmäßigkeiten zum Beschreiben von Bewegungen zu entdecken und damit einhergehend vorherzusagen zu können, wann oder wie schnell ein Körper an einem bestimmten Ort sein wird, ist für den Alltag von großer Bedeutung.

Dabei lassen sich die *Bewegungsgleichungen*, die *Newton'schen Axiome* oder der *Impulserhaltungssatz* auf mehrere Arten experimentell untersuchen.

In nahezu allen Lehrplänen wird beim Thema *Dynamik* der Einsatz einer elektronischen Messwerterfassung empfohlen oder gar gefordert. Dadurch ergibt sich jedoch eine Reihe möglicher Messmethoden, die jeweils unterschiedliche Aspekte der elektronischen Messwerterfassung akzentuieren.

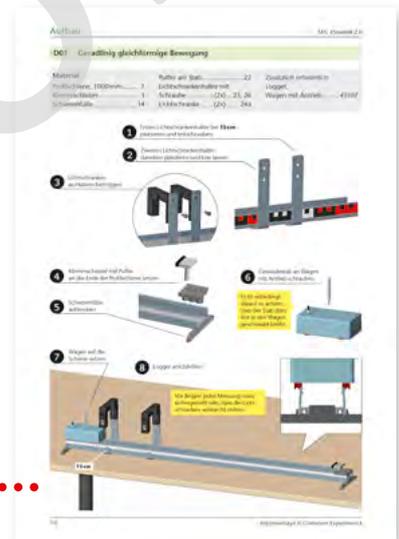
Das auf Lichtschranken, Speicherad und Unterbrecherkarten basierende Konzept der *Dynamik 2.0* hat gegenüber anderen Messmethoden den Vorteil, dass sich das Prinzip der Messung mit den gewonnenen Erkenntnissen erklären lässt. Dadurch wird eine intrinsische Transferleistung für die Schülerinnen und Schüler möglich. ....



Weiterhin eröffnet diese Art der Messung einen gewinnbringenden Einstieg in die Betrachtung systematischer Fehler, der beim Versuch zum Fallgesetz in Form eines zusätzlichen Arbeitsblattes aufbereitet ist.

Bei der Mehrzahl der Versuche lässt sich das Datenvolumen dank der hohen Messgenauigkeit soweit reduzieren, dass eine Auswertung ohne den Einsatz von zusätzlicher Software möglich ist.

Sollte der Wunsch bestehen, ein größeres Datenvolumen auszuwerten oder die Schülermaterialien anderweitig anzupassen, stehen alle Arbeitsblätter in frei editierbarer Form unter [www.cornelsen-experimenta.de](http://www.cornelsen-experimenta.de) für Sie zum Download bereit.



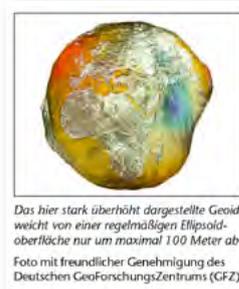
**Zu den Begleitmaterialien**

In den Begleitmaterialien ist jeder Versuch in drei Teilen beschrieben. Der erste Teil besteht aus einer **Kopiervorlage**, die den **Versuchsaufbau** detailliert beschreibt. Diese als Hilfefkarte gedachte Kopiervorlage enthält neben einer Materialliste eine Abbildung, die den Aufbau schrittweise erklärt und Hinweise zur Durchführung umfasst. Um das selbstständige Planen von Experimenten zu ermöglichen, wird auf den Arbeitsblättern lediglich auf die Beschreibung des Versuchsaufbaus in Form einer Arbeitsanweisung oder einem QR Code® verwiesen. ....

Der zweite Teil besteht aus der **Beschreibung und Auswertung des Versuchs**. Dort wird die Durchführung beschrieben und beispielhaft ausgewertet. Zusätzlich finden Sie in diesem Teil didaktisch-methodische Hinweise, weiterführende Tipps und Ideen. ....

Der letzte Teil der Versuchsbeschreibung besteht aus den **Kopiervorlagen der zugehörigen Arbeitsblätter**. Diese sind auf den Mathematikunterricht der Sekundarstufe I abgestimmt und führen das aktuelle Thema mit einem bildlich veranschaulichten Alltagsbezug ein. Alle Arbeitsblätter haben sich bereits mehrfach im Unterricht bewährt und enthalten neben den klassischen Elementen eines Arbeitsblatts auch weiterführende Infokästen mit Definitionen, Beispielen oder Auszügen aus der Formelsammlung.

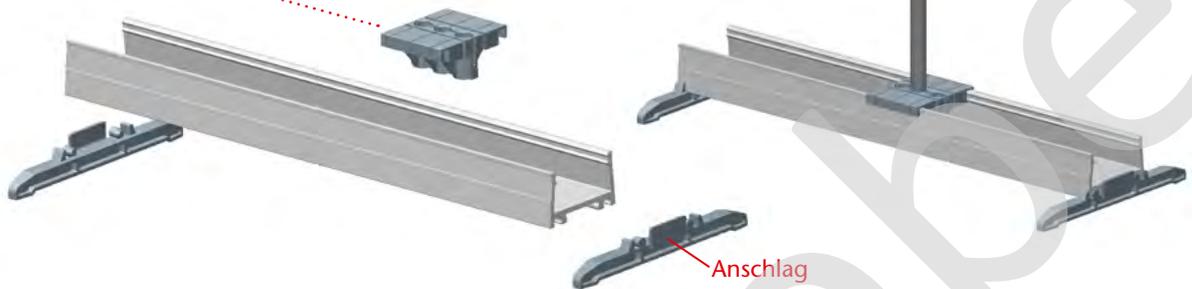
„... ist das Messen der Masse in der Schwerelosigkeit eine Herausforderung, denn hier hat ein Astronaut kein Gewicht.“



„... Heutzutage kann man mit Satelliten und Flugzeugen die Schwerkraft so genau beobachten, ...“

Die **Klemmschieber 3** können an jeder beliebigen Stelle der Profilschiene aufgesetzt werden. Sie dienen zum Einstecken und Fixieren der Stativstäbe oder des **Puffers** am Stab **22**.

Die drei Buchsen des Klemmschiebers unterscheiden sich in ihrer Klemmwirkung. Bei der Wahl der Buchse ist darauf zu achten, dass das Bauteil bis zum Anschlag in die Buchse geschoben wird und fest sitzt.



Die **Schienenfüße 14** werden seitlich bis zum **Anschlag** in die Schiene eingeschoben, sollten dabei jedoch nicht verkantet werden.



Am besten entfernt man die Füße, indem man die Schiene umdreht und den Fuß gleichmäßig auf beiden Seiten herausdrückt.

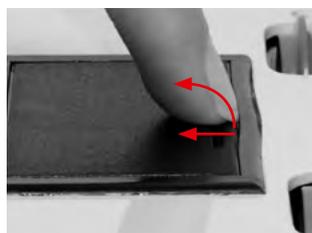
Bei dem **Wagen mit Antrieb** (optional, Best.-Nr. 43302) können durch den Schalter zwei Fahrstellungen V1 und V2 oder die Ruhestellung 0 eingestellt werden. Der Gewindestab wird in die mittlere Öffnung des Wagens eingeschraubt.



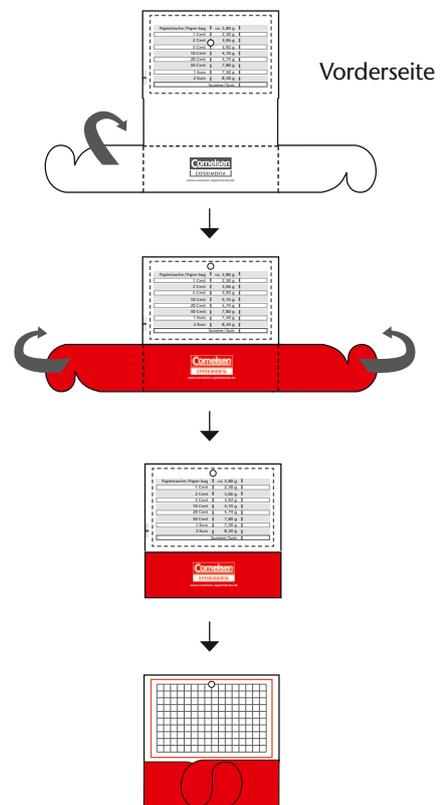
Auf der Unterseite befindet sich das Batteriefach für zwei Mignon-Batteriezellen. Zum Einlegen und Austauschen der Zellen wird es geöffnet, indem mit einem Fingernagel der feine Steg zwischen der Umrandung des Batteriefaches und dem Deckel vom Rand weggezogen und dabei gleichzeitig der Deckel angehoben wird.

**Achtung! Den Fingernagel nicht in den längeren Schlitz im Deckel einführen! Dieser Schlitz ist vorhanden, damit der Deckelrand beim Öffnen nach innen nachgeben kann!**

Für eine ordnungsgemäße Funktion und eine gleichbleibende Geschwindigkeit des Wagens müssen die Mignonzellen unverbraucht sein und polrichtig eingelegt werden.



Faltung der Falltasche:



Auf der Rückseite werden die Laschen ineinander gesteckt.

Einleitung

Für die Binnendifferenzierung in der Experimentierstunde benötigen Sie in der Regel Zusatzmaterialien, deren Erstellung meist sehr zeitaufwändig ist.

Deshalb haben wir ein Konzept für Smartphones und Tablets entwickelt, mit dem die Schülerinnen und Schüler auf von uns bereitgestellte Inhalte im Internet zugreifen können. Der Zugriff auf diese Materialien erfolgt dabei über QR Codes®. Diese lassen sich gemäß Ihren Wünschen in kürzester Zeit kostenlos im Internet generieren.

QR Code® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Denso Wave Incorporated. [www.denso-wave.com](http://www.denso-wave.com)

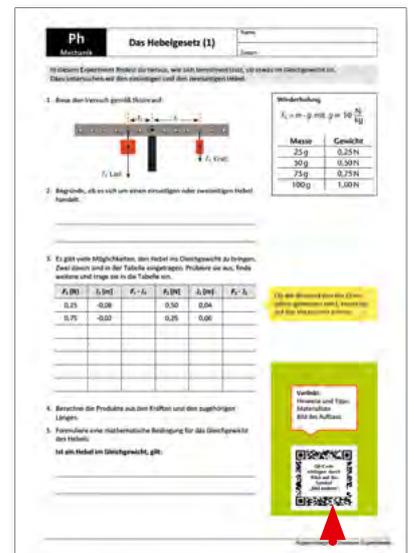


Im ersten Schritt können Sie einen QR Code® erzeugen, der auf einen oder mehrere von uns bereitgestellte Inhalte im Internet verweist. Dabei stehen Ihnen die folgenden Inhalte für jeden Versuch aus diesem Anleitungsheft zur Verfügung:

- Kurzbeschreibung
- Materialliste
- Versuchsschema
- Bild des Aufbaus
- Video des Aufbaus

Zu einigen Experimenten bieten wir zusätzlich:

- Hilfekarten
- Beispieldaten
- weiterführende Links



Den erzeugten QR Code® können Sie entweder speichern, oder direkt auf einem Arbeitsblatt einbinden.

Empfohlene Größe:  
50 x 50 Pixel

Als Alternative können Sie auch einen großen QR Code®, der auf einen einzelnen Inhalt verweist, als Hilfecode ausdrucken und laminieren.

Empfohlene Größe:  
150 x 150 Pixel



Für das Einbinden auf dem Arbeitsblatt empfehlen wir eine Größe von 50 x 50 Pixel und bei Hilfecodes von 150 x 150 Pixel.

### Was ist ein QR Code®?

Der QR Code® ist ein Bild, in dem eine Information kodiert ist. Der rechts abgebildete Beispielformat enthält die Internetadresse unserer Homepage, also die Information „<http://www.cornelsen-experimenta.de>“. Mobilgeräte wie Tablets oder Smartphones sind in der Lage, die Information dieses Bilds mit einem sogenannten Scanner zu lesen und die Adresse anschließend in einem Browser aufzurufen.



### Welche technischen Voraussetzungen sind nötig, um den QR Code® zu lesen?

Sie brauchen ein Mobilgerät, das über eine Kamera verfügt und auf das Internet zugreifen kann. Sind diese technischen Voraussetzungen erfüllt, kann das Gerät einen QR Code® lesen und verarbeiten. Der dazu nötige QR Code® Scanner ist auf dem Smartphone oder Tablet oft bereits installiert.

Sollte ein solches Programm nicht auf dem Gerät vorinstalliert sein, suchen Sie bitte in Ihrem Shop für Anwendungen nach „QR Code® Scanner“. Unter den meist zahlreichen kostenfreien Scannern wählen Sie sich bitte einen aus und folgen den Installationsanweisungen.

### Wie generiere ich einen QR Code®?

Die Anleitung zum jeweiligen Versuch beinhaltet einen QR Code®, der bereits auf eine Vorauswahl der angebotenen Inhalte verweist. Zusätzlich können Sie mit den folgenden Schritten einen eigenen QR Code® erzeugen:

1. Rufen Sie den **QR-Code-Generator** unter <http://www.differenzieren-mit-qrcode.de> auf.
2. Wählen Sie das gewünschte Experiment aus.
3. Aus der Liste wählen Sie die gewünschten Zusatzinformationen aus.
4. Wählen Sie die Größe des Codes in Pixel.
5. Erzeugen Sie den Code mit dem Button „QR-Code erzeugen“.
6. Der erzeugte QR Code® ist ein Bild, das Sie ausdrucken oder zur Weiterverwendung in anderen Dokumenten kopieren können.



### Wie kann ich den QR Code® im Unterricht einsetzen?

Als Hilfecode bietet sich ein QR Code® an, der auf einen einzelnen Inhalt wie das Video, die Hilfekarte oder das Bild des Aufbaus verweist. Dabei können Sie die Verwendung der Mobilgeräte am Arbeitsplatz vermeiden, indem Sie die Benutzung nur an einem speziellen Tisch oder Platz im Raum erlauben.

Ein QR Code®, der auf die Materialliste oder den Aufbau verweist, kann auf einem Arbeitsblatt genutzt werden, um Teile der Beschreibung, wie beispielsweise die Skizze, zu einem späteren Zeitpunkt anzufertigen.

D05.1 Freier Fall – Fallbeschleunigung

Material

Profilschiene, 360 mm..... 2	Satz Stativstäbe, 330 mm mit Bohrung und 220 mm mit Gewindestift.....19	Scheibengewichte, 10 g und 50 g.....29–32
Doppelmuffe .....(2 x) ..... 7	Lichtschranke mit Haltstab.....(2 x) .....24ab	<i>Zusätzlich erforderlich:</i> Logger
Tasche für Fallversuche.....12		
Schienenfüße.....14		
Klemmrohr .....18		

- 6 Logger anschließen
- 5 Lichtschranken über Haltstäbe mit Doppelmuffen am langen Stativstab befestigen

Die Lichtschranken lassen sich horizontal am besten ausrichten, wenn man sie am Anfang direkt übereinander am Stativstab befestigt und anschließend vertikal verschiebt.

- 4 Haltstäbe an Lichtschranken schrauben

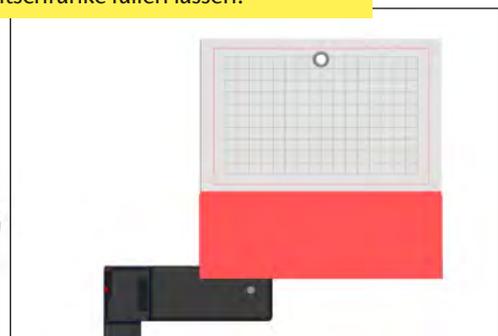
- 3 Stativstäbe miteinander verschrauben und im Klemmrohr befestigen

- 2 Klemmrohr in Mittelbohrung der Profilschiene schrauben

- 1 Schienenfüße seitlich in kurze Profilschiene stecken



Falltasche dicht über der obersten Lichtschranke fallen lassen!



**D05.1 Freier Fall – Fallbeschleunigung**

Mit zwei Lichtschranken und der Falltasche für Fallversuche wird die Abhängigkeit der Fallzeit von der Masse des fallenden Körpers untersucht.

Die Resultate werden mit berechneten Werten verglichen und diskutiert. Abschließend erfolgt eine direkte Messung der Fallbeschleunigung  $g$ .

**Versuchsdurchführung**

Bei der Durchführung erweist es sich als vorteilhaft, den Aufprall der Falltasche durch eine geeignete Unterlage abzufedern.

Ohne Zusatzgewichte hat die Falltasche eine Masse von ca. 5,8 g. Um die Masse der Falltasche zu variieren platzieren Sie 10-g-Massestücke oder Münzen in der Tasche.

Halten Sie die Falltasche zu Beginn der Messung mittig möglichst dicht über die obere Lichtschranke. Lassen Sie zur Messung die Tasche ohne

zu wackeln und ohne sie nach unten anzustoßen einfach durch beide Lichtschranken fallen. Dabei sollte die Falltasche möglichst dicht über der oberen Lichtschranke losgelassen werden.

Brauchbare Messergebnisse der Fallzeit und der Fallbeschleunigung erreichen Sie nur, wenn die Tasche die Lichtstrahlen beider Lichtschranken ohne anzustoßen und ohne sich während des Fallens zu drehen passiert.

**Auswertung**

$m_{\text{Falltasche}}$ in kg	0,0058	0,0158	0,0258	0,0266	0,0358	0,0458
$t_1$ in s	0,161	0,161	0,155	0,152	0,161	0,157
$t_2$ in s	0,163	0,156	0,165	0,154	0,155	0,151
$t_3$ in s	0,157	0,157	0,157	0,156	0,158	0,153
$\bar{t}$ in s	0,160	0,158	0,159	0,154	0,158	0,154

Die Messdaten zeigen sehr deutlich, dass die Masse keinen Einfluss auf die Fallzeit hat.

Dies lässt sich aus dem zweiten Newton'schen Axiom ableiten. Aufgrund der geringen Geschwindigkeiten sind Reibungskräfte vernachlässigbar.

Somit ist die während des gesamten Fallens auf den fallenden Körper wirkende Kraft  $F_{\text{res}}$  seine Gewichtskraft  $F_G$ .

$$F_{\text{res}} = F_G$$

Setzt man das zweite Newton'sche Axiom und die Definition der Gewichtskraft ein, erhält man

$$m \cdot a = m \cdot g.$$

Durch kürzen der Masse auf beiden Seiten ergibt sich

$$a = g \cong 9,81 \text{ m/s}^2.$$

Somit handelt es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung.

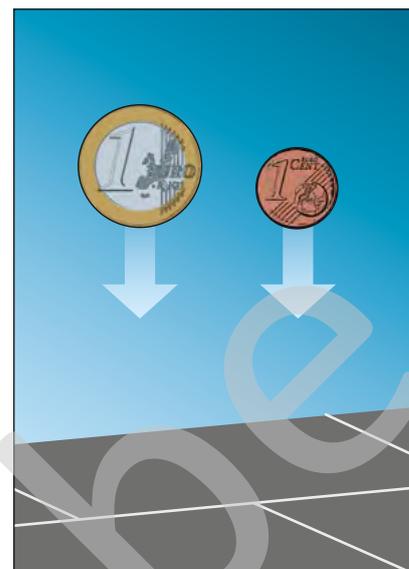
Eine direkte Messung der Fallbeschleunigung führte in der Beispielmessung auf einen Wert von  $9,75 \text{ m/s}^2$ . Dieser Wert bestätigt mit einem relativen Fehler von 1% den Tabellenwert.

Zwei Körper verschiedener Masse haben auch ein unterschiedliches Gewicht.

➔ Berechne die fehlenden Gewichtskräfte in der Tabelle

Münzwert	Masse	Gewichtskraft
1 Cent	$m_{1\text{ct}} = 2,30\text{ g} = 0,0023\text{ kg}$	$F_{1\text{ct}} = 0,023\text{ N}$
10 Cent	$m_{10\text{ct}} = 4,10\text{ g} = 0,0041\text{ kg}$	$F_{10\text{ct}} = \text{_____ N}$
1 Euro	$m_{100\text{ct}} = 7,50\text{ g} = 0,0075\text{ kg}$	$F_{100\text{ct}} = \text{_____ N}$

Die 1-Euro-Münze wird stärker von der Erde angezogen als die 1-Cent-Münze. Folgt daraus, dass der Euro bei gleicher Fallhöhe kürzer fällt als der Cent? Was vermutest du?



### Durchführung

Mit dem folgenden Aufbau lässt sich deine Vermutung überprüfen.

➔ Baue den Versuch wie dargestellt auf.

➔ Miss für Falltaschen unterschiedlicher Masse bei einer Fallhöhe von  $h = 0,20\text{ m}$  die drei Fallzeiten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  und notiere sie in der Tabelle.

$m_{\text{Falltasche}}$ in kg					
$t_1$ in s					
$t_2$ in s					
$t_3$ in s					
$\bar{t}$ in s					

### Wiederholung

$$F_G = m \cdot g \text{ mit } g \cong 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

Masse	Gewichtskraft
25 g	0,25 N
50 g	0,50 N
75 g	0,75 N
100 g	1,00 N

Die Lichtschranken lassen sich horizontal am besten ausrichten, wenn man sie am Anfang direkt übereinander am Stativstab befestigt und anschließend vertikal verschiebt.



### Auswertung

1. Berechne aus den drei Fallzeiten die mittlere Fallzeit  $\bar{t}$ .
2. Diskutiere, ob die Messdaten deine Vermutung bestätigen.
3. Erläutere anhand der Gewichtskraft und dem zweiten Newton'schen Axiom, inwieweit es sich beim freien Fall um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung handelt.
4. Bestimme die Fallbeschleunigung mit dem Aufbau direkt und vergleiche dein Ergebnis mit dem Tabellenwert.

Handreichung (Bestellnummer 430095)

Schüler-Set Dynamik 2.0

**Cornelsen Experimenta GmbH**  
Holzhauser Straße 76  
13509 Berlin

Ref. 01.10

**Für Bestellungen und Anfragen:**

Service **Tel.:** 0800 435 90 20  
Tel.: +49 (0)30 435 902-0  
Service **Fax:** 0800 435 90 22  
Fax: +49 (0)30 435 902-22

**E-Mail:**

[info@cornelsen-experimenta.de](mailto:info@cornelsen-experimenta.de)

[cornelsen-experimenta.de](http://cornelsen-experimenta.de)