

KIRSTEN BIEDERMANN · ANDERS FLORÉN · PHILIPPE JEANJACQUOT · DIONYSIS KONSTANTINOU · CORINA TOMA

# UNTER DRUCK



 Ball, Masse, Gleichgewicht, Pumpe, Druck, ideales Gas, elastischer Stoß, Restitutionskoeffizient

 Physik, Mathematik, Informatik

 Diese Einheit kann im Unterricht mit Schülern unterschiedlicher Alters- und Klassenstufen genutzt werden. Beide Teile lassen sich an verschiedene Stufen anpassen:  
 Stufe 1: Für die Unterstufe (Alter: 9–12 Jahre)  
 Stufe 2: Für die Sekundarstufe I (Alter: 12–15 Jahre)  
 Stufe 3: Für die Sekundarstufe II (Alter: 15–18 Jahre)

## 1 | ZUSAMMENFASSUNG

Haben Sie sich schon einmal gefragt wie wichtig der Luftdruck in einem Fußball ist? Diese Unterrichtseinheit beinhaltet unterschiedliche Aufgaben zum Thema Luftdruck. Die erste Aufgabe beginnt mit der Messung der Luftmasse im Ball und zeigt die direkte Relation zum Innendruck auf. In der zweiten Aufgabe geht es um den Zusammenhang zwischen dem Luftdruck im Ball und der maximalen Höhe, die der Ball nach dem ersten Stoß (d. h. nach dem ersten Abprallen) erreicht. Gleichzeitig wird hier die Bedeutung der Oberflächenbeschaffenheit des Bodens aufgezeigt.

## 2 | VORSTELLUNG DES KONZEPTS

Unser Ziel ist es, aufzuzeigen, wie die Schüler mit einfachen Experimenten die Masse der Luft in einem Ball messen und die lineare Abhängigkeit zwischen dem Druck und der Masse nach der allgemeinen Gasgleichung prüfen können. Zuletzt untersuchen sie die Bedeutung des Drucks beim Abprallvorgang und wenden darauf das Gesetz von der Erhaltung der mechanischen Energie (Energieerhaltungssatz) an.

2 | 1 **Teil 1: Verhältnis zwischen Luftmasse und Luftdruck**  
 Näheres dazu in Teil 3 unter *Aufgabe der Schüler*

### Stufe 1:

Es können zwei unterschiedliche und voneinander unabhängige Aufgaben gestellt werden. Bei der ersten geht es um die Masse der Luft und um die Messung der Luftmasse in einem Ball. Der Lehrer kann als Denkanstoß Fragen stellen, um das Problem zu definieren, z. B.: „Wie kann man herausfinden, ob Luft eine Masse hat?“. Die Schüler machen Vorschläge und führen Experimente durch. Sie pumpen beispielsweise einen Ball auf und legen ihn dann auf eine Waage. Bei der zweiten Aufgabe konzentrieren sich die Schüler auf die Methoden zur Ermittlung des Volumens des Balls (beispielsweise mit einem Eimer Wasser).

### Stufe 2:

Messung der Luftmasse im Ball bei unterschiedlichem Druck. Ermittlung des Zusammenhangs zwischen dem Druck und der Masse der Luft. (Annahme: Das Volumen des Balls verändert sich bei steigendem Druck nicht.) Die Schüler können eine Kurve von der Masse des Gases im Verhältnis zum Druck zeichnen. Die Schüler können auch das Volumen des Balls messen. Dieses

Experiment kann zudem dazu genutzt werden, den Auftrieb des Balls (in der Luft) zu entdecken.

### Stufe 3:

Zusätzlich zu den Experimenten in Stufe 2 können die Schüler ihre Kurve zur Abhängigkeit von Luftmasse und Luftdruck im Ball mit der allgemeinen Gasgleichung vergleichen und anhand der Steigung der Kurve unterschiedliche Gasparameter berechnen.

## 2 | 2 **Teil 2: Verhältnis der Abprallhöhe zum Druck**

### Stufe 1:

Fokus auf die Höhenunterschiede (qualitativ): Fallenlassen zweier Bälle aus gleicher Höhe und Notieren der direkten Auswirkung unterschiedlicher Druckverhältnisse im Ball. Auswahl des Verfahrens, Auswahl der zu sammelnden Daten, Sammeln der Daten und Besprechung nach Beendigung des Experiments.

### Stufe 2:

Fokus auf die Höhenunterschiede (qualitativ): Messung der maximalen Höhe nach dem ersten Abprallen, dann zehnmahlige Wiederholung des Experiments, Suche nach einer Möglichkeit zur Bestimmung der Höhe, beispielsweise mit Hilfe eines Hochgeschwindigkeitsfilms mit dem Smartphone. Berücksichtigung des Faktors Zufall und anderer Faktoren, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können, und Berechnung der Durchschnittshöhe.

### Stufe 3:

Konzentration auf den Gebrauch eines mathematischen Modells für den freien Fall zur Analyse der Daten. Beginnend mit Stufe 2 werden die Daten analysiert, um den Energieverlust mit der Formel  $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$  zu ermitteln und die Energie zu Beginn des Experiments ( $h = 1$  m oder ein anderer Wert) und nach dem ersten Bodenkontakt des Balls zu vergleichen. Die Schüler können auch die Abprallzeit und die maximale Geschwindigkeit des ersten Bodenkontakts berechnen und anschließend versuchen, diese ebenfalls zu messen. Zuletzt können sie die potenzielle Energie und die kinetische Energie ( $E_{pot}$  und  $E_{kin}$ ) vergleichen und den Restitutionskoeffizienten berechnen (siehe 3.2.1).

$E_{pot}$ : potenzielle Energie [J]

$m$ : Masse des Balls [g]

$g$ : Gravitationsbeschleunigung;  $g = 9,81 \frac{m}{s^2} = 9,81 \frac{N}{kg}$

$h$ : Höhe, die der Ball erreicht [m]

Teil 2 kann auf unterschiedlichen Oberflächen wie Rasen, Turnhallenboden, Asphalt, Beton, feuchtem Gras, kurzem und höherem Gras und schließlich Sand ausprobiert werden. Schüler aller Altersgruppen sollten ihre Hypothesen formulieren und besprechen und die Experimente auf verschiedenen Stufen analysieren. Als weiterer Schritt wäre es interessant, eine Tabelle zu erstellen, die den Druck aufzeigt, der notwendig ist, um bei unterschiedlichen Oberflächen, wie z. B. in verschiedenen Stadien, dieselbe Abprallhöhe zu erreichen.

### 3 | AUFGABE DER SCHÜLER

Diese Unterrichtseinheit ist in zwei Teile unterteilt: Messung der Gasmasse im Verhältnis zum Druck im Ball und Messung der Abhängigkeit der Höhe des Abpralls von dem Druck im Ball. Zur Messung des Drucks gibt es zwei unterschiedliche Methoden.

Der relative Druck ist der Unterschied zwischen dem Druck im Ball und dem atmosphärischen Druck (außerhalb des Balls). Zur Messung des relativen Drucks wird ein Manometer (Druckmesser) herangezogen. Diesen Druck verwenden wir in Teil 1.

Der absolute Druck ist der Gesamtdruck. Diesen Druck verwenden wir in Teil 2.

#### 3|1 Teil 1: Messung der Gasmasse im Verhältnis zum Druck

Erforderliche Ausrüstung: eine Ballpumpe, ein Manometer (Druckmesser), eine Waage (mit einer Genauigkeit von 0,1 g und einem Messbereich zwischen 0 und 1.000 g), eine Düse zum Aufpumpen des Balls, ein Glas, um den Ball auf die Waage legen zu können, ein Fußball

Wenn die Schule nicht über diese Ausstattung verfügt, kann das Experiment auch mit kostengünstigen Alternativgeräten durchgeführt werden. Am einfachsten wäre eine Ballpumpe mit Manometer. Ist keine solche Pumpe verfügbar, kann man auch ein Manometer für Autoreifen verwenden, das unkompliziert und kostengünstig zu beschaffen ist. Die Düse ist dieselbe wie für Bälle.

#### 3|1|1 Verfahren

Wir beschreiben hier alle Details zum vorgeschlagenen Verfahren. Einige Teile können ausgelassen werden, wenn sie nicht zum Niveau der jeweiligen Schülergruppe passen.

##### ▪ Messung des Ballvolumens (mit oder ohne Luft darin)

Zur Messung des Ballvolumens kann man in einem Eimer Wasser den unterschiedlichen Wasserstand mit und ohne

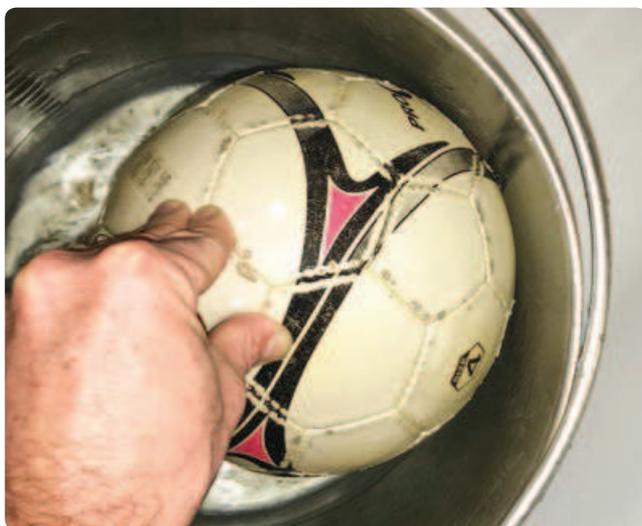


ABB. 1 Ball im Eimer

den Ball darin messen. Dabei ist aber Vorsicht geboten, denn Fußbälle bestehen aus Leder, das Wasser absorbieren könnte, was wiederum die Masse des Balls erhöhen würde. Um dieses Phänomen zu vermeiden, kann man den Ball in eine Plastiktüte stecken. Durch den Druck des Wassers um den Ball herum wird die Tüte an den Ball gedrückt. Das Volumen mit und ohne Tüte ist praktisch gleich.

Wenn man den Ball nicht in eine Plastiktüte steckt, sollte man erst die Masse und dann das Volumen messen.

Das Volumen lässt sich anhand des unterschiedlichen Wasserstands im Eimer messen. Wenn die Schüler das Volumen des Wassers im Eimer noch nicht berechnen können, können sie den Eimer auch bis zum Rand füllen, den Ball hineindrücken und dann das Volumen des übergelaufenen Wassers messen.

In diesem Fall ist das Volumen des leeren Balls 1,65 l und das Volumen des luftgefüllten Balls 5 l. Das bedeutet:  $5 \text{ l} - 1,65 \text{ l} = 3,35 \text{ l}$  Luft im Ball.



ABB. 2 Messung des Wasserstands zur Ermittlung des Wasservolumens

##### ▪ Messung der Luftmasse im Ball

Das Glas wird auf die Waage gestellt und die Waage anschließend wieder auf Null gesetzt, dann kommt der Ball auf das Glas und die Masse wird abgelesen.

In diesem Experiment verwenden wir eine Waage mit einer Genauigkeit von 0,1 g (zwischen 0 und 1.000 g), einen Fußball und eine Pumpe mit Druckmesser.

##### ▪ Messung des Ballvolumens ohne Luft darin

(beispielsweise  $m_{\text{Ball}} = 408,0 \text{ g}$ )

##### ▪ Den Ball so weit aufpumpen, bis der Druck im Ball dem außerhalb des Balls entspricht.

Der relative Druck bzw. der Unterschied zwischen dem Druck im Ball und um den Ball herum ist  $P = 0 \text{ bar}$ . Messung der Masse des Balls bei  $P = 0 \text{ bar}$ . Messung der Masse des Balls  $m_{\text{Ball}} = 408,0 \text{ g}$  (dieselbe Masse wie zuvor!).



ABB. 3 Ball auf der Waage · Messung der Masse des leeren Balls



ABB. 4 Messung der Masse des leeren Balls

3 | 1 | 2 **Analyse: Warum ist die Masse dieselbe, ob Luft im Ball ist oder nicht?**

- **Hinweis:** Die Luft um uns herum ist wie eine Flüssigkeit, die eine Kraft ausübt, die genau dieselben Eigenschaften hat wie die Kraft, die entsteht, wenn wir etwas in Wasser tauchen.
- **Antwort:** Die Masse der Luft im Ball wird durch die Auftriebskraft der Luft um den Ball herum aufgehoben.
- Messung der Masse desselben Balls bei unterschiedlichem Druck. Das Manometer gibt den relativen Druck an.
- Sammlung der Daten in einer Tabelle. Beispielsweise kann man die Masse für einen relativen Druck  $P = 0,5$  bar;  $P = 0,6$  bar;  $P = 0,75$  bar;  $P = 0,9$  bar;  $P = 1,05$  bar messen oder eigene Druckverhältnisse auswählen.
- Erstellung der Kurve zum Verhältnis zwischen  $m$  und  $P$ .
- Die Kurve ausgleichen (es handelt sich um eine lineare Funktion).
- Ermittlung des Zusammenhangs zwischen der Steigung der Geraden und allgemeinen Gasgleichung:  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ .

Damit die Schüler die allgemeine Gasgleichung besser verstehen, kann der Lehrer einige Hinweise liefern.

- **Erster Hinweis:** Die lineare Kurve hat die Formel

$$m_{\text{gesamt}} = a \cdot P + m_{\text{Ball}}$$

oder  $m_{\text{gesamt}} = m_{\text{Gas}} + m_{\text{Ball}}$ .  
Das bedeutet:  $m_{\text{Gas}} = a \cdot P$ .

- **Zweiter Hinweis:**  $n_{\text{Gas}} = \frac{m_{\text{Gas}}}{M_{\text{Gas}}}$ .

- $m$ : Masse [g]
- $P$ : relativer Druck [Pa]
- $a$ : Steigungskoeffizient der Kurve [ $\frac{\text{g}}{\text{bar}}$ ]
- $V$ : Volumen [ $\text{m}^3$ ]
- $n$ : Stoffmenge [mol]
- $M$ : molare Masse [ $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ]
- $R$ : ideale Gaskonstante,  $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$
- $T$ : Temperatur [K]

- **Dritter Hinweis:** Das Gas (die Luft) besteht zu ungefähr 20 % aus Sauerstoff und zu 80 % aus Stickstoff.

$$M_{O_2} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \quad \text{und} \quad M_{N_2} = 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

3 | 2 | **Teil 2: Messung der Abprallhöhe im Verhältnis zum Druck**

3 | 2 | 1 **Theorie**

Haben Sie sich je gefragt, wie wichtig der Innenluftdruck für einen Fußball ist? Wir werden hier zeigen, dass der Restitutionskoeffizient  $e$  (Elastizität) von diesem Druck abhängt.

Was ist der Restitutionskoeffizient? Wenn ein Ball fällt, dann landet er mit einer bestimmten Geschwindigkeit auf dem Boden. Diese Geschwindigkeit nennt man Annäherungsgeschwindigkeit. Nach dem elastischen Stoß beim Aufprall am Boden hat die Trennungsgeschwindigkeit einen Wert, der sich von der Annäherungsgeschwindigkeit unterscheidet, weil ein Teil der ursprünglichen kinetischen Energie verloren geht:

$$e = \frac{v_{\text{Trennung}}}{v_{\text{Annäherung}}}$$

Die Berechnung dieses Koeffizienten ist sehr einfach, wenn man die ursprüngliche Höhe  $h_1$  misst, aus der der Ball fällt und dann die maximale Höhe  $h_2$ , die der Ball noch erreicht nachdem er abgeprallt ist.

Wir verwenden hier den Energieerhaltungssatz:

$$mgh_1 = \frac{mv^2_{\text{Annäherung}}}{2} \quad mgh_2 = \frac{mv^2_{\text{Trennung}}}{2}$$

$$\text{Daher: } e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$$

- $e$ : Restitutionskoeffizient
- $v$ : Geschwindigkeit [ $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ ]
- $m$ : Masse [g]
- $g$ : Gravitationsbeschleunigung;  $g = 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 9,8 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$
- $h$ : Höhe [m]



ABB. 5 Ball auf die Höhe  $h_1$  halten (links), Ball fallen lassen (rechts)

### 3 | 2 | 2 Das Experiment

Wir lassen den Ball aus einer Höhe ( $h_1$ ) fallen und notieren dann die Höhe ( $h_2$ ), die der Ball nach seinem Abprall vom Boden noch maximal erreicht. Wir können die Höhen in den Videos messen. Das Experiment kann mit unterschiedlichen Bällen und verschiedenen Oberflächen durchgeführt werden.<sup>[1]</sup>

### 4 | FAZIT

#### 4 | 1 Teil 1: Messung der Gasmasse im Verhältnis zum Druck

##### 4 | 1 | 1 Beispiel zur Messung der Masse im Verhältnis zum Druck im Ball (ABB. 6)

Die Masse des Balls ist  $m_{Ball} = 408,0$  g bei  $P = 0$  bar.  
Das Volumen der Luft im Ball ist  $V = 3,35$  l.

##### 4 | 1 | 2 Beispiel zur Berechnung mit der allgemeinen Gasgleichung:

Die Formel zur Kurve lautet  $m = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}} \cdot P + 408,0$  g.

Wir sehen, dass der Wert 408 der Masse des leeren Balls in Gramm entspricht

$$\text{oder } m_{total} = a \cdot P + m_{Ball}$$

$m$ : Gesamtmasse [g]

$P$ : Druck [bar]

$a$ : Steigungskoeffizient der Kurve [ $\frac{\text{g}}{\text{bar}}$ ]

In diesem Fall ist  $a = 4,5711 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$ .

Der Wert von  $a$  lässt sich mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung ermitteln:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$P$ : Druck [Pa], 1 bar =  $10^5$  Pa

$V$ : Volumen [ $\text{m}^3$ ]

$n$ : Stoffmenge [mol]

$R$ : ideale Gaskonstante,  $R = 8,31 \frac{\text{J}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

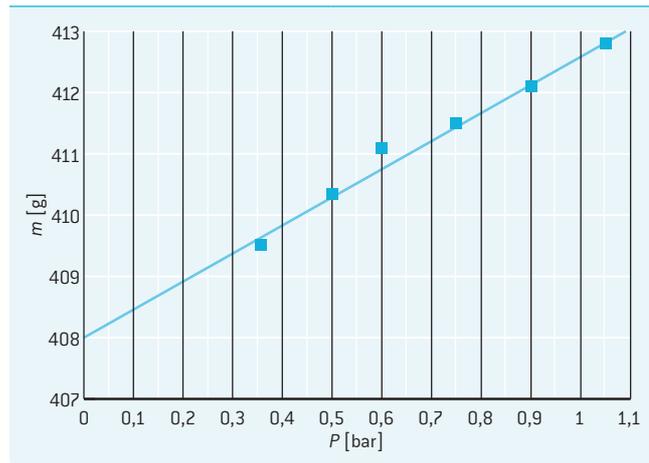
$T$ : Temperatur [K]

$M$ : molare Masse [ $\frac{\text{g}}{\text{mol}}$ ]

$$\text{Das bedeutet } n_{Gas} = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} \text{ und } m_{Gas} = M_{Gas} \cdot \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

ABB. 6  $m$  [g] im Verhältnis zum  $P$  [bar] (relativer Druck)

$P$ [bar]	$m$ [g]
0,75	411,5
0,35	409,5
1,05	412,8
0,9	412,1
0,6	411,1
0,5	410,3



$$\text{oder } m_{Gas} = \frac{M_{Gas} \cdot V}{R \cdot T} \cdot P.$$

Wir haben bereits in 3.2.1 gesehen, dass  $m_{Gas} = a \cdot P$

$$\text{also } a = \frac{M_{Gas} \cdot V}{R \cdot T} \text{ entspricht.}$$

Die Luft besteht zu ungefähr 20% aus Sauerstoff und zu 80% aus Stickstoff, d. h.

$$M_{Gas} = \frac{20 \cdot M_{O_2} + 80 \cdot M_{N_2}}{100}$$

$$M_{Gas} = \frac{20 \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + 80 \cdot 28 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{100}$$

$$M_{Gas} = 28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

Mit diesem Ball

$$V = 3,35 \text{ l} = 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$$

$$a = \frac{M_{Gas} \cdot V}{R \cdot T}$$

$$a = \frac{28,8 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \cdot 3,35 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8,31 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \cdot 293 \text{ K}} = 3,96 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{Pa}}$$

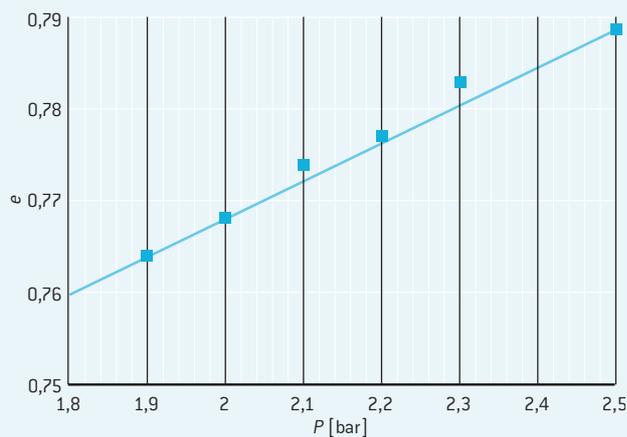
Dies ist der Wert, wenn  $P$  in Pa gemessen wird. Für  $P$  in bar muss der Wert mit  $10^5$  multipliziert werden (da 1 bar =  $10^5$  Pa).

$$a = 3,96 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$$

Die Annäherung der Kurve ist  $a = 4,57 \frac{\text{g}}{\text{bar}}$ .

**ABB. 7 Restitutionskoeffizient  $e$  im Verhältnis zum absoluten Druck  $P$  (Ball 1)**

$P$ [bar]	$e$
1,9	0,764
2,0	0,768
2,1	0,774
2,2	0,777
2,3	0,783
2,5	0,789



Wenn wir die beiden Ergebnisse vergleichen, ist die relative Abweichung zwischen den beiden Ergebnissen:

$$d = \frac{4,57 - 3,96}{4,57} = 0,13.$$

Wir können die Fehler bei der Messung besprechen: Hier ist die Genauigkeit des Manometers 0,05 bar bei einer Messung von etwa 1 bar. Es kann noch Luft im Ball gewesen sein, als wir das Volumen des leeren Balls gemessen haben.

#### 4 | 2 Teil 2: Messung des Abpralls im Verhältnis zum Druck

In unserem Experiment haben wir den Luftdruck in zwei verschiedenen Bällen gemessen und sind dabei zu folgenden Ergebnissen gekommen: Hier ist  $P$  der absolute Druck in bar.

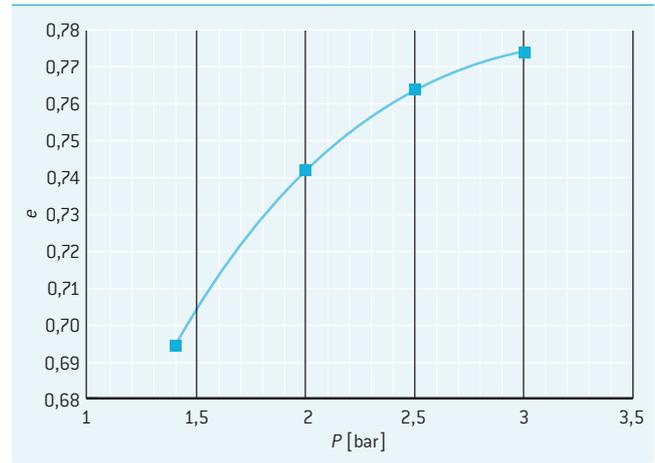
Beim ersten Ball ist die Abhängigkeit linear, da die Druckabweichung nicht so groß ist.

Beim zweiten Ball erhalten wir eine Kurve. Wenn der Druck zu groß ist, verliert der Ball an Elastizität und der Restitutionskoeffizient scheint eine Grenze zu erreichen.

In diesen beiden Experimenten wurde der Ball auf den Boden geworfen und man sieht, dass der Restitutionskoeffizient bei etwa 0,77 liegt, wenn der Druck 3 bar beträgt. Dann haben wir die Oberfläche verändert, den Innendruck aber bei 3 bar belassen. Auf Gras war der Restitutionskoeffizient geringer:  $e = 0,57$ . Auf Kunstrasen hatten wir einen Koeffizienten von 0,74, wie im Video zu sehen ist. <sup>[1]</sup>

**ABB. 8 Restitutionskoeffizient  $e$  im Verhältnis zum absoluten Druck  $P$  (Ball 2)**

$P$ [bar]	$e$
1,4	0,695
2,0	0,742
2,5	0,764
3,0	0,774



#### 5 | FAZIT

Fußbälle sind sehr gute Hilfsmittel zur Untersuchung der Gasgesetze, der Eigenschaften von Druck und der Effizienz des Abpralls. Die Schüler können die Gesetze der Physik mit Hilfe eines Balls erforschen, der in jeder Sporthalle zu finden ist. Sie können die Zusammenhänge zwischen den Gesetzen der Physik, in diesem Fall des Gesetzes der idealen Gase, und dem Alltagsleben erkennen.

Interessant ist es auch, dass die Aufgaben dieser Unterrichtseinheit für Schüler unterschiedlicher Altersstufen zwischen 6 und 18 Jahren geeignet sind. Die Aufgaben lassen sich ganz einfach in jeden Lehrplan integrieren.

#### 6 | OPTION ZUR KOOPERATION

Sie können sich mit anderen Projektteilnehmern über die Ergebnisse der unterschiedlichen Fußballexperimente austauschen.

Um Ihre Ergebnisse zu teilen, laden Sie die Datei herunter und folgen der Anleitung. <sup>[1]</sup>

Wir sind uns sicher, dass die Schüler ihre Ideen zu den Unterschieden in den Messungen oder zwischen den Geräten für das Experiment untereinander austauschen wollen. Sie können sich auch noch andere Experimente mit dem Ball einfallen lassen, z. B. die Verformung des Balls beim Aufprall auf dem Boden filmen. So kann der Einfluss des Drucks auf diesen Prozess untersucht werden.

#### QUELLEN

<sup>[1]</sup> [www.science-on-stage.de/iStage3\\_Materialien](http://www.science-on-stage.de/iStage3_Materialien)



# IMPRESSUM

## ENTNOMMEN AUS

iStage 3 – Fußball im MINT-Unterricht  
verfügbar in Deutsch, Englisch, Französisch, Polnisch,  
Spanisch, Schwedisch, Tschechisch, Ungarisch  
[www.science-on-stage.de/istage3](http://www.science-on-stage.de/istage3)

## HERAUSGEBER

Science on Stage Deutschland e.V.  
Poststraße 4/5  
10178 Berlin

## REVISION UND ÜBERSETZUNG

TransForm Gesellschaft für Sprachen- und Mediendienste mbH  
[www.transformcologne.de](http://www.transformcologne.de)

## TEXT- UND BILDNACHWEISE

Die Autoren haben die Bildrechte für die Verwendung in  
dieser Publikation nach bestem Wissen geprüft und sind für  
den Inhalt ihrer Texte verantwortlich.

## GESTALTUNG

WEBERSUPIRAN.berlin

## ILLUSTRATION

Tricom Kommunikation und Verlag GmbH  
[www.tricom-agentur.de](http://www.tricom-agentur.de)

## BESTELLUNGEN

[www.science-on-stage.de](http://www.science-on-stage.de)  
[info@science-on-stage.de](mailto:info@science-on-stage.de)

Zur besseren Lesbarkeit wurde auf die Verwendung der  
weiblichen Form verzichtet. Mit der männlichen Form ist  
stets auch die weibliche Form gemeint.

Creative-Commons-License: Attribution Non-Commercial  
Share Alike



1. Auflage 2016

© Science on Stage Deutschland e.V.



## SCIENCE ON STAGE – THE EUROPEAN NETWORK FOR SCIENCE TEACHERS

- ... ist ein Netzwerk von Lehrkräften für Lehrkräfte aller Schularten, die Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT) unterrichten.
- ... bietet eine Plattform für den europaweiten Austausch anregender Ideen und Konzepte für den Unterricht.
- ... sorgt dafür, dass MINT im schulischen und öffentlichen Rampenlicht steht.

Science on Stage Deutschland e.V. wird maßgeblich gefördert von think ING., der Initiative für den Ingenieur Nachwuchs des Arbeitgeberverbandes GESAMTMETALL.

### Machen Sie mit!

#### WWW.SCIENCE-ON-STAGE.DE

- Newsletter: [www.science-on-stage.de/newsletter](http://www.science-on-stage.de/newsletter)
- [www.facebook.com/scienceonstagedeutschland](https://www.facebook.com/scienceonstagedeutschland)
- [www.twitter.com/SonS\\_D](https://www.twitter.com/SonS_D)

Science on Stage Deutschland ist Mitglied in Science on Stage Europe e.V.

#### WWW.SCIENCE-ON-STAGE.EU

- [www.facebook.com/scienceonstageeurope](https://www.facebook.com/scienceonstageeurope)
- [www.twitter.com/ScienceOnStage](https://www.twitter.com/ScienceOnStage)