



### Im Mittelpunkt dieser Lektion

In dieser Lektion geht es um die Verwendung von Waagen und um Messungen durch Fertigungsingenieure. Den einzelnen Schülerteams wird die Aufgabe gestellt, ein System zum Füllen von Gläsern mit einem bestimmten Gewicht oder einer bestimmten Zahl von Produkten, z. B. Murmeln oder Heftklammern, zu entwickeln.



### Zusammenfassung dieser Lektion

In „Eine Frage des Gleichgewichts“ wird untersucht, wie Ingenieure beim Entwurf eines Fertigungsprozesses Waagen und Maße verwenden, um sicherzustellen, dass die endgültigen Produkte ein einheitliches Gewicht haben bzw. in gleicher Anzahl vorhanden sind. Die Schüler und Schülerinnen erkunden verschiedene Arten von Waagen und müssen ein System konstruieren und bauen, das eine stets gleichbleibende Zahl von Murmeln oder Heftklammern bzw. Murmeln oder Heftklammern mit einem stets gleichbleibenden Gesamtgewicht in vier Schachteln oder Gläser abgibt. Dann testen sie ihre Systeme und beurteilen die Systeme der anderen Schülerteams.

### Altersstufen

11-18.

### Ziele

- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über die Fertigungstechnik lernen.
- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Fertigungssysteme lernen.
- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Verpackungen und Einheitlichkeit lernen.
- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über das Arbeiten in Gruppen (Teamarbeit) lernen.

### Erwartete Ergebnisse zum Vorteil der Lernenden

Als Ergebnis dieser Aktivität sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis der folgenden Konzepte entwickeln:

- ◆ Fertigungstechnik
- ◆ Problemlösung
- ◆ Teamarbeit

### Eine Frage des Gleichgewichts

Entwickelt von IEEE als Teil von TryEngineering [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org)

© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

## **Aktivitäten dieser Lektion**

---

Die Schüler und Schülerinnen lernen, wie Fertigungsingenieure Systeme zur Anfertigung einheitlicher Produkte entwickeln. Sie entwickeln in Teamarbeit ein System, das ein einheitliches Gewicht oder eine einheitliche Zahl von Murmeln oder Heftklammern in eine Reihe von Gläsern abgibt. Die Teams planen ihre Systeme, setzen diese um, bewerten ihre eigenen Ergebnisse und präsentieren diese der ganzen Klasse.

## **Ressourcen/Materialien**

---

- ◆ Ressourcendokumente für Lehrer (liegen bei)
- ◆ Schülerarbeitsblätter (liegen bei)
- ◆ Ressourcenblätter für Schüler (liegen bei)

## **Abstimmung auf Lehrpläne**

---

Siehe das beiliegende Lehrplan-Abstimmungsblatt.

## **Weiterführende Websites**

---

- ◆ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))

## **Literaturempfehlungen**

---

- ◆ Manufacturing Engineering and Technology (ISBN: 0131489658)
- ◆ Scales and Balances (ISBN: 0747802270)

## **Optionale Schreibaktivität**

---

- ◆ Schreibe einen Aufsatz oder einen Absatz darüber, was Automatisierungsprozesse für die Gesellschaft im Allgemeinen bedeuten.

### **Eine Frage des Gleichgewichts**

Entwickelt von IEEE als Teil von TryEngineering [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org)  
© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

## Für Lehrer: Abstimmung auf Lehrpläne

Hinweis: Alle Unterrichtspläne dieser Serie sind mit den vom National Research Council veröffentlichten und von der National Science Teachers Association unterstützten *National Science Education Standards* (Lernziele in den Naturwissenschaften) und darüber hinaus ggf. mit den *Standards for Technological Literacy* (Standards für technische Bildung) der International Technology Education Association oder den *Principles and Standards for School Mathematics* (Grundsätze und Standards für den Mathematikunterricht) des National Council of Teachers of Mathematics abgestimmt.

### ◆ National Science Education Standards 5. bis 8. Klasse (10-14 Jahre)

#### **INHALTSSTANDARD A: Wissenschaft als Erkundung**

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ◆ Zur Durchführung einer wissenschaftlichen Erkundung notwendige Fähigkeiten
- ◆ Verständnis wissenschaftlicher Erkundungen

#### **INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft**

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ◆ Bewegungen und Kräfte

#### **INHALTSSTANDARD E: Wissenschaft und Technologie**

Als Ergebnis von Aktivitäten in den Klassenstufen 5-8 sollten alle Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ◆ Fähigkeiten zu technologischen Designs
- ◆ Verständnis von Naturwissenschaft und Technologie

#### **INHALTSSTANDARD F: Wissenschaft in persönlichen und sozialen Perspektiven**

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ◆ Wissenschaft und Technologie in der Gesellschaft

### ◆ National Science Education Standards 9. bis 12. Klasse (14-18 Jahre)

#### **INHALTSSTANDARD A: Wissenschaft als Erkundung**

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ◆ Zur Durchführung einer wissenschaftlichen Erkundung notwendige Fähigkeiten
- ◆ Verständnis wissenschaftlicher Erkundungen

#### **INHALTSSTANDARD B: Naturwissenschaft**

Als Ergebnis ihrer Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

- ◆ Bewegungen und Kräfte

## Für Lehrer:

### Abstimmung auf Lehrpläne (Fortsetzung)

#### **INHALTSSTANDARD E: Wissenschaft und Technologie**

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen Folgendes entwickeln:

- ◆ Fähigkeiten zu technologischen Designs
- ◆ Verständnis von Naturwissenschaft und Technologie

#### **INHALTSSTANDARD F: Wissenschaft in persönlichen und sozialen Perspektiven**

Als Ergebnis dieser Aktivitäten sollten die Schüler und Schülerinnen ein Verständnis des Folgenden entwickeln:

Wissenschaft und Technologie angesichts örtlicher, nationaler und globaler Herausforderungen

### ◆ Standards für technische Bildung – alle Altersstufen

#### **Wesen der Technologie**

- ◆ Standard 1: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Eigenschaften und des Wirkungskreises von Technologie entwickeln.
- ◆ Standard 2: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Kernkonzepte der Technologie entwickeln.
- ◆ Standard 3: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Beziehungen innerhalb verschiedener Technologien und der Verbindungen zwischen Technologie und anderen Studiengängen entwickeln.

#### **Design**

- ◆ Standard 9: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis von Konstruktionsdesigns entwickeln.
- ◆ Standard 10: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Funktion der Fehlersuche, der Forschung und Entwicklung, von Erfindungen und Innovationen und der Experimentierung bei der Problemlösung entwickeln.

#### **Fähigkeiten für eine technologische Welt**

- ◆ Standard 12: Die Schüler und Schülerinnen müssen Fähigkeiten zur Verwendung und Instandhaltung von technischen Produkten und Systemen entwickeln.
- ◆ Standard 13: Die Schüler und Schülerinnen müssen Fähigkeiten zur Beurteilung der Auswirkungen von Produkten und Systemen entwickeln.

#### **Die geplante Welt**

- ◆ Standard 19: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis von Fertigungstechnologien sowie die Fähigkeit zu deren Auswahl und Nutzung entwickeln.

## Für Lehrer: Ressourcen für Lehrer

### ◆ Ziel dieser Lektion

Lassen Sie anhand der Konstruktion eines Systems, das Murmeln oder Heftklammern mit einem stets gleichbleibenden Gewicht oder von einer stets gleichbleibenden Zahl in vier Schachteln oder Gläser abgibt, Fertigungstechnik und das Design von Fertigungssystemen untersuchen. Die Schüler und Schülerinnen entwerfen im Team ein System, das sie dann auch bauen und testen; anschließend bewerten sie die gemachten Erfahrungen und tragen der Klasse ihre Erkenntnisse vor.

### ◆ Lektionsvorgaben

- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über die Fertigungstechnik lernen.
- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Fertigungssysteme lernen.
- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Verpackungen und Einheitlichkeit lernen.
- ◆ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über das Arbeiten in Gruppen (Teamarbeit) lernen.



### ◆ Materialien

- ◆ Ressourcenblatt für Schüler
- ◆ Schülerarbeitsblätter
- ◆ Waage (zum Nachprüfen der Arbeit der Schüler)
- ◆ Schachteln mit Murmeln, Heftklammern oder anderen Produkten von einheitlicher Größe und Form.
- ◆ Ein Materialsatz pro Schülergruppe:
  - Holzdübel, Plastikschüsseln oder Pappbecher, Draht, Klebeband, Schnur, vier Einweckgläser oder kleine, leere Schachteln

### ◆ Verfahren

1. Zeigen Sie den Schülern die verschiedenen Informationsblätter für Schüler. Diese können in der Klasse gelesen oder im Voraus als Hausaufgabe zum Lesen aufgegeben werden. Um den Schülern und Schülerinnen ein Gefühl für das Herstellungsverfahren zu vermitteln, sollten diese einige der empfohlenen Websites besuchen, damit sie beobachten können, wie bestimmte Süßwaren hergestellt werden.
2. Bilden Sie Gruppen aus 2 bis 3 Schülern und stellen Sie jeder Gruppe einen Materialsatz zur Verfügung.



### Eine Frage des Gleichgewichts

Entwickelt von IEEE als Teil von TryEngineering [www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org)

© 2018 IEEE – All rights reserved.

Use of this material signifies your agreement to the [IEEE Terms and Conditions](#).

## Für Lehrer:

### Ressourcen für Lehrer (Fortsetzung)

3. Erklären Sie, dass die Schüler und Schülerinnen jetzt „Ingenieure“ sind, denen man die Aufgabe gestellt hat, ein System zur „Fertigung“ von vier Packungen (Schachteln oder Gläsern) eines Produkts (Murmeln oder Heftklammern) mit einheitlichem Gewicht oder von einer einheitlichen Anzahl zu entwickeln. Das System soll einheitliche Verpackungen erzeugen. Rechts ist ein sehr einfaches Beispiel zu sehen. Die Schüler und Schülerinnen können Rampen oder Förderbänder, Kippmechanismen oder andere Abgabemethoden entwickeln, damit ihre Produkte in die Endverpackung gelangen.
4. Die Schüler und Schülerinnen kommen in ihren Gruppen zusammen und entwickeln einen Plan für ihr Fertigungssystem. Sie skizzieren ihren Plan und zeigen diesen dann der Klasse, um Feedback zu erhalten.
5. Die einzelnen Schülergruppen bauen ihre Systeme. In der eigentlichen Fertigungsphase können sie ihr Design umarbeiten, sollten aber Notizen dazu anfertigen, welche Änderungen sie vornehmen müssen.
6. Jede Schülergruppe bewertet ihre Ergebnisse, füllt ein Auswertungs-/Reflexionsarbeitsblatt aus und trägt der Klasse ihre Erkenntnisse vor.

### ◆ Tipps

- Nachdem alle Teams ein funktionierendes System gebaut haben, lassen Sie die Schüler und Schülerinnen die Arbeiten ihrer Klassenkameraden begutachten.
- Der Lehrer sollte einen Verpackungsprozess beobachten und alle Gläser wiegen, um sicherzustellen, dass sie dem angestrebten Gewicht oder der angestrebten Anzahl möglichst nahe kommen. Es wird zwar einige Unterschiede geben, die aber maximal eine oder zwei Murmeln ausmachen sollten, vorausgesetzt sie haben alle das gleiche Gewicht.
- Lassen Sie die Schüler und Schülerinnen durchaus ihre eigenen Designs erfinden. Möglicherweise brauchen sie aber Vorschläge zum Einrichten ihrer Gewichte – mit einem Standardgewicht oder einem Pappbecher, der mit dem gewünschten Produktgewicht vorgefüllt ist, lässt sich das Problem recht einfach lösen.
- Sie müssen je nach dem ausgewählten Produkt (Murmeln, Heftklammer) und nach der Festigkeit der Pappbecher oder anderen benutzten Materialien das Zielgewicht bzw. die Zielanzahl für jedes Team festlegen.

### ◆ Benötigte Zeit

Drei bis vier 45-Minuten-Sitzungen



## Ressource für Schüler: Waagenanwendungen

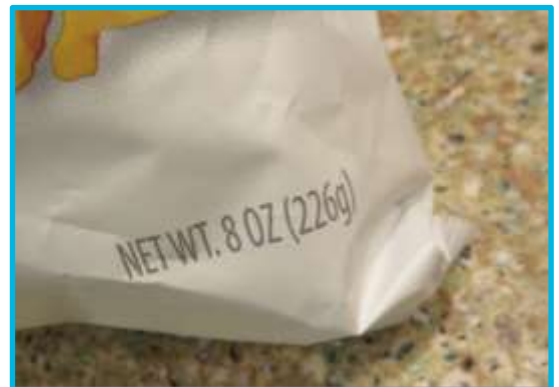
### ◆ Waagen lassen sich vielfältig verwenden

Waagen werden in vielen verschiedenen Anwendungen benutzt, die über das bloße Ermitteln des eigenen Körpergewichts hinausgehen. Sie sind ein unverzichtbarer Bestandteil vieler Systeme, da das Gewicht von Produkten oder ihren Komponenten sich auf die Kosten von Produkten oder Dienstleistungen auswirkt. Beispielsweise basieren Postsysteme in aller Welt die Kosten der Zustellung eines Briefes oder Pakets auf dessen Gewicht. Lebensmittelhändler und Gemüse- und Obstmärkte verwenden Waagen, um bestimmen zu können, was sie für Obst, Gemüse, Nüsse, Getreide und Gewürze verlangen müssen. In diesen Beispielen kann das gewünschte Gewicht ein bisschen über- oder unterschritten werden, ohne dass dies Probleme verursacht. So bekommen Sie vielleicht eine oder zwei Extranüsse oder es fehlt eine Messerspitze des bestellten Gewürzes, ohne dass dies große Folgen hat.



### ◆ Fertigungstechnik

Für Fertigungsingenieure, besonders den in der Pharmaindustrie tätigen, ist es entscheidend, dass Gewichte, Produkte oder Komponenten vor dem Verpacken genau gemessen werden. Medikamentenhersteller müssen sich der Genauigkeit der jeweiligen Dosis völlig sicher sein – Annäherungswerte sind da nicht akzeptabel! Dem Sicherheitsaspekt kommt bei der Fertigung größte Bedeutung zu! Fertigungsingenieure sind mit dem gesamten Herstellungsprozess befasst, von der Planung bis zur Verpackung des fertigen Produkts. Sie arbeiten mit Werkzeugen wie Robotern, programmierbaren und numerischen Steuerungen und Visionssystemen, um eine Präzisionsabstimmung von Montage-, Verpackungs- und Versandanlagen zu erreichen. Sie untersuchen Materialflüsse und den Fertigungsprozess und sind stets auf der Suche nach neuen Möglichkeiten zur Optimierung der Produktion, Verbesserung des Umschlags und Reduzierung der Kosten. Dabei achten sie u. a. besonders auf das Gewicht. Manchmal verwenden sie Kameras zum Zählen der in eine Verpackung wandernden Produkte, z. B. der Anzahl von Keksen in einer Dose, häufiger aber Waagen, damit sichergestellt werden kann, dass die Verpackung auch die zugesagte Zahl von Süßwaren, Zerealien und sogar Nägeln enthält. Auf zahlreichen Websites kann man funktionierenden Fertigungssystemen beim Betrieb zusehen – besuchen Sie einige dieser Sites, um zu sehen, wie verschiedene Systeme funktionieren. So werden z. B. die



### Eine Frage des Gleichgewichts

---

**Schülerarbeitsblatt: Du bist der Ingenieur!**

Ihr seid ein Team von Fertigungsingenieuren, dem die Aufgabe gestellt wurde, ein Fertigungssystem zu konstruieren und zu bauen, das ein stets gleichbleibendes Gewicht oder eine stets gleichbleibende Zahl von Murmeln oder anderen Objekten in vier Schachteln oder Gläser abfüllt.

**◆ Forschungs-/Vorbereitungsphase**

1. Prüfen Sie das Informationsblatt für Schüler. Besuchen Sie nach Möglichkeit einige der Websites, die den Herstellungsprozess in Form einer virtuellen Führung zeigen.

**◆ Planung im Team**

2. Euer Team hat von seinem Lehrer einige Materialien erhalten, nämlich Holzdübel, Plastikschüsseln oder Pappbecher, Draht, Klebeband, Schnur, vier Einweckgläser oder kleine, leere Schachteln. Außerdem habt ihr eine große Menge eines bestimmten Produkts – Murmeln, Heftklammern oder andere von eurem Lehrer ausgewählte Gegenstände. Eure Aufgabe besteht in der Konstruktion eines Fertigungssystems, das eine bestimmte Produktmenge abwägt und diese in vier Gläser oder Schachteln abgibt. Ihr müsst sicherstellen, dass das Gewicht bzw. die Anzahl des Produkts der Vorgabe entspricht und dass es von Verpackung zu Verpackung gleich ist.

3. Haltet zunächst eine Teambesprechung ab und einigt euch über euer Systemdesign. Lasst eurer Kreativität freien Lauf und habt Freude an dem Prozess!

4. Schätzt die erwarteten Schwankungen der Objektanzahl, die bei Verwendung eures Fertigungssystems in den vier Gläsern/Schachteln auftreten werden. Was ist die zulässige oder erwartete Differenz des Gewichts oder der Anzahl der Objekte in diesen vier Verpackungen?

5. Formuliert oder skizziert euren Plan im unten dafür vorgesehenen Feld (oder auf einem separaten Blatt Papier).



---

**Schülerarbeitsblatt: Auswertung**

## ◆ Bauphase

5. Baut euer Fertigungssystem.

6. Seht euch die von den anderen Schülerteams gebauten Systeme an.

7. Nehmt euer System in Betrieb und „verpackt“ vier Produkte. Euer Lehrer wird jede Verpackung für euer Team wiegen, damit ihr sehen könnt, wie gut euer System funktioniert hat.

8. Wertet die Ergebnisse eures Teams aus, füllt das Auswertungsarbeitsblatt aus und tragt der Klasse eure Resultate vor.

◆ Auf diesem Arbeitsblatt könnt ihr die Ergebnisse eures Teams bei der Lektion „Eine Frage des Gleichgewichts“ bewerten:

1. Ist es euch gelungen, ein Fertigungssystem zu entwickeln? Wenn nicht: Warum ist euer Plan gescheitert?

2. Musstet ihr Veränderungen an eurem schriftlich ausgearbeiteten Design vornehmen, als ihr euer System dann gebaut habt? Wenn ja: Welcher Teil des Systems hat während der Bauphase die meisten Veränderungen erfordert?

3. Glaubt ihr, dass im Beruf tätige Ingenieure ihre Originalpläne während des Bauprozesses anpassen müssen? Warum könnte dies nötig sein?

---

**Schülerarbeitsblatt: Auswertung (Fortsetzung)**

4. Wie hat das tatsächliche Gewicht der vier „Verpackungen“ bzw. die Zahl der darin enthaltenen Gegenstände geschwankt? Wie schneidet dieses Ergebnis im Vergleich zu eurer Schätzung vor Aufnahme eures Produktionsbetriebs ab?
5. Welcher Teil dieses Prozesses hat euch den größten Spaß gemacht? Warum?
6. Welche in der Arbeit eines anderen Teams umgesetzte Idee war eurer Meinung nach besonders erfindungsreich? Warum?
7. Habt ihr festgestellt, dass viele Designs in eurer Klasse das Ziel des Projekts erfüllt haben? Welche Schlüsse zieht ihr daraus für Konstruktionspläne im Allgemeinen?
8. Habt ihr festgestellt, dass euch dieses Projekt wegen der Arbeit im Team besser gelungen ist? Wenn nein, warum nicht? Wenn ja, begründet das.
9. Glaubt ihr, dass das Design der Verpackung – der Schachtel, des Glases oder der Tüte – in einer echten Fertigungsumgebung vor oder nach dem eigentlichen Produkt oder zur selben Zeit entwickelt wird? Was erscheint euch am sinnvollsten? Warum?