



# Grenzbelastung



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

**Klicken Sie hier, um Ihr Feedback zu dieser Unterrichtseinheit abzugeben.**

---

## Im Mittelpunkt dieser Lektion

In dieser Lektion geht es um alltägliche Probleme von Bauingenieuren – um die Grenzbelastung und wie man das Design eines Bauwerks verstärken kann, damit es eine größere Last trägt.

---

## Zusammenfassung dieser Lektion

Die Aktivität „Grenzbelastung“ untersucht die Konzepte der Bautechnik und die Frage, wie die Grenzbelastung (in Anlehnung an den englischen Begriff *critical load* auch als „kritische Last“ bezeichnet) bzw. das maximale Gewicht, das eine Konstruktion tragen kann, gemessen wird. Die Schüler und Schülerinnen lernen etwas über einfache Konstruktionen, wie diese verstärkt werden können, über die Materialauswahl und das Arbeiten im Team, und über Design und Bau einer prototypischen Konstruktion, die immer höhere Gewichte aufnehmen kann.

---

## Altersstufen

8-14.

---

## Ziele

- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über die Bautechnik und das Testen von Gebäudekonstruktionen lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Leistungsbewertungen und Grenzbelastungen lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Teamarbeit und das Lösen von Konstruktionsproblemen lernen.

---

## Kompetenzerwartung

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

- ✦ Leistungsbewertungen und Grenzbelastung
- ✦ Baukonstruktion und Tests
- ✦ Lösung von Konstruktionsproblemen
- ✦ Messungen und Berichterstattung
- ✦ Teamarbeit

---

## Aktivitäten dieser Lektion

Die Schüler und Schülerinnen lernen anhand des Designs von Gebäudeprototypen mit Spielkarten, wie Baukonstruktionen auf ihre maximale Belastungsfähigkeit getestet

### Grenzbelastung

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

Seite 1 von 8

werden. Zu den behandelten Themen gehören Problemlösung, Teamarbeit und der technische Designprozess. Die Schüler und Schülerinnen arbeiten zunächst einzeln für sich am Bau einer Konstruktion. Dann kombinieren sie in Teams verschiedene Materialien, um die stärkste Konstruktion zu entwerfen, beurteilen die Belastbarkeit und Grenzbelastung und besprechen, warum das stabilste Design auch am besten funktioniert hat. Außerdem lernen die Schüler und Schülerinnen etwas über berühmte Bauwerke – problematische und erfolgreiche.

---

## Ressourcen/Materialien

- ✦ Ressourcendokumente für Lehrer (liegen bei)
- ✦ Ressourcenblatt für Schüler (liegt bei)
- ✦ Schülerarbeitsblatt (liegt bei)

---

## Abstimmung auf Lehrpläne

Siehe das beiliegende Lehrplan-Abstimmungsblatt.

---

## Weiterführende Websites

- ✦ TryEngineering ([www.tryengineering.org](http://www.tryengineering.org))
- ✦ Bryan Burg Cardstacker ([www.cardstacker.com](http://www.cardstacker.com)); in englischer Sprache.
- ✦ Große Bauwerke der Welt (<http://greatstructures.info>); in englischer Sprache.
- ✦ McREL Compendium of Standards and Benchmarks ([www.mcrel.org/standards-benchmarks](http://www.mcrel.org/standards-benchmarks)) Eine absuchbare Zusammenstellung inhaltsbezogener Standards für Lehrpläne vom Kindergarten bis zur 12. Klasse. In englischer Sprache.
- ✦ Nationale Standards für die Wissenschaftsausbildung ([www.nsta.org/standards](http://www.nsta.org/standards)); in englischer Sprache.

---

## Literaturempfehlungen

- ✦ Bryan Berg, *Stacking the Deck: Secrets of the World's Master Card Architect* (ISBN: 0743232879) (englisch)
- ✦ Mario Salvadori, *Why Buildings Stand Up: The Strength of Architecture* (ISBN: 0393306763) (englisch)
- ✦ Mario Salvadori, *Why Buildings Fall Down: How Structures Fail Architecture* (ISBN: 039331152X) (englisch)

---

## Optionale Schreibaktivitäten

- ✦ Schreibe einen Aufsatz oder Absatz, in dem du ein deutlich erkennbares Bauwerk in deiner Stadt beschreibst. Mache auch Angaben zu seiner Geschichte, zu interessanten Problemen im Zusammenhang mit der Konstruktion des Bauwerks und zu Schwierigkeiten, die sich den Ingenieuren bei Design und Bau stellten.

# Grenzbelastung



## 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 *US National Science Education Standards* (Lernziele in den Naturwissenschaften) und darüber hinaus, sofern zutreffend, 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, Kindergarten bis 4. Klasse (4-9 Jahre)

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

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

- ✦ Eigenschaften von Gegenständen und Werkstoffen

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

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

- ✦ Risiken und Vorteile
- ✦ Wissenschaft und Technologie in der Gesellschaft

#### **INHALTSSTANDARD G: Geschichte und Wesen der Wissenschaft**

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

- ✦ Geschichte der Wissenschaft

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

#### **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:

- ✦ Risiken und Vorteile
- ✦ Wissenschaft und Technologie in der Gesellschaft

#### **INHALTSSTANDARD G: Geschichte und Wesen der Wissenschaft**

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

- ✦ Wesen der Wissenschaft
- ✦ Geschichte der Wissenschaft

# Grenzbelastung



## Für Lehrer: Abstimmung auf Lehrpläne (Fortsetzung)

### ◆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 3: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Beziehungen innerhalb verschiedener Technologien und der Verbindungen zwischen Technologie und anderen Studiengebieten entwickeln.

#### **Technologie und Gesellschaft**

- ✦ Standard 4: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der kulturellen, sozialen, wirtschaftlichen und politischen Auswirkungen von Technologie entwickeln.
- ✦ Standard 6: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis der Rolle der Gesellschaft bei Entwicklung und Gebrauch von Technologie entwickeln.
- ✦ Standard 7: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis des Einflusses von Technologie auf die Geschichte 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 11: Die Schüler und Schülerinnen müssen die Fähigkeit zur Anwendung des Designprozesses entwickeln.
- ✦ Standard 13: Die Schüler und Schülerinnen müssen Fähigkeiten zur Beurteilung der Auswirkungen von Produkten und Systemen entwickeln.

#### **Die geplante Welt**

- ✦ Standard 20: Die Schüler und Schülerinnen müssen ein Verständnis von Konstruktionstechnologien sowie die Fähigkeit zu deren Auswahl und Nutzung entwickeln.

# Grenzbelastung



## Für Lehrer: Ressourcen für Lehrer

### ◆ Ziel dieser Lektion

In dieser Lektion sollen die Konzepte der Bautechnik näher untersucht werden. Außerdem soll erkannt werden, wie die Grenzbelastung – also das Gewicht, unter dem ein Bauwerk instabil wird – gemessen wird. Die Schüler und Schülerinnen lernen etwas über einfache Konstruktionen, wie diese verstärkt werden können, über die Materialauswahl und das Arbeiten im Team, und über Design und Bau einer prototypischen Konstruktion, die ein möglichst hohes Gewicht aufnehmen kann.

### ◆ Lektionsvorgaben

- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über die Bautechnik und das Testen von Gebäudekonstruktionen lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Grenzbelastungen lernen.
- ✦ Die Schüler und Schülerinnen sollen etwas über Teamarbeit und das Lösen von Konstruktionsproblemen lernen.

### ◆ Materialien

- Ressourcenblätter für Schüler
- Schülerarbeitsblätter
- Ein Materialsatz pro Schülergruppe:
  - zwölf neue Spielkarten
  - eine Rolle Klebeband
  - 4 Münzen
- Testmaterialien:
  - Boden eines leeren, viereckigen 1,89-Liter-Saft- oder -Milchkartons
  - Gegenstände, mit denen der Boden mit 2-4 kg beschwert werden kann (Münzen, Murmeln, Sand)



### ◆ Verfahren

1. Zeigen Sie den Schülern das Informationsblatt für Schüler. Diese können in der Klasse gelesen oder als Hausaufgabe des vorausgegangenen Abends zum Lesen aufgegeben werden.
2. Geben Sie jedem Schülerteam die benötigten Materialien und fordern Sie die Gruppen auf, eine Konstruktion zu planen, die das höchste Gewicht trägt. Sie müssen ihr Bauwerk planen und es dann anhand eines Prototyps testen. Geben Sie den Teams 10 Minuten zum Planen und Ausführen Zeit.
3. Der Lehrer belastet den Prototypen eines jeden Teams mit immer mehr Gewicht, bis er schließlich einstürzt. Die Schüler und Schülerinnen tragen das maximale Gewicht, mit dem jeder Prototyp erfolgreich belastet wurde (also das Gewicht unmittelbar vor dem Einsturz) in eine Tabelle ein.
4. Jede Schülergruppe stellt ihre Designvision vor und erklärt, warum dieses Design ihrer Meinung nach erfolgreich oder ein Fehlschlag war. Fragen Sie die Schüler und Schülerinnen, wie sie ihr Design umgestalten würden, wenn sie dazu Gelegenheit hätten.

### ◆ Benötigte Zeit

Eine oder zwei 45-Minuten-Sitzungen.

## Grenzbelastung

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

# Grenzbelastung



## Ressource für Schüler: Probleme in der Bautechnik

### ◆ Die Arbeit eines Bauingenieurs

Bauingenieure sind Problemlöser, die sich der Herausforderungen annehmen, die Umweltverschmutzung, Verkehrsstaus, Trinkwasser- und Energiebedarf, Stadtsanierung und Gemeindeplanung mit sich bringen. Der Schwerpunkt dieser Aktivität liegt auf der Arbeit von Bauingenieuren, die Bauwerke entwerfen müssen, die nicht nur ihr eigenes Gewicht und das der darauf ruhenden Lasten tragen, sondern zudem gegen Wind, Temperaturen, Erdbeben und viele andere Kräfte beständig sein müssen.

### ◆ Konstruktionsmängel berühmter Gebäude

Vom John Hancock Tower in Boston, Massachusetts, heißt es, dass er „mehr wegen seiner anfänglichen Konstruktionsfehler bekannt ist als wegen der architektonischen Leistung, die er verkörpert“. Bei starkem Wind schwankte der Turm so sehr, dass man sagte, dass die Menschen in den oberen Stockwerken seekrank wurden. Dieses Problem wurde durch den Einbau von 300 Tonnen schweren Schwingungstilgern auf dem 58. Stockwerk gelöst. Ein weiteres damit nicht zusammenhängendes – aber durchaus schwerwiegendes – Problem bestand darin, dass 65 der insgesamt 10.344 von ganz unten nach ganz oben reichenden Flachglasfensterscheiben während des Baus herunterfielen, wobei glücklicherweise weder Arbeiter noch Passanten verletzt wurden! Ein weiteres Beispiel ist eine Ende der Siebzigerjahre auf dem Gelände der Syracuse University gebaute Bibliothek, bei deren Konstruktion das Gewicht der später hinzukommenden Bücher nicht berücksichtigt wurde!



### ◆ Berühmte Bauwerke

- Der Stratosphere Tower in Las Vegas, Nevada, ist mit einer Höhe von 350 m der höchste freistehende Turm in den USA, und damit höher als der Eiffelturm in Paris und der Tokyo Tower.
- Die höchste Brücke der Welt steht in Frankreich und überbrückt das Tal des Tarn. Sie ist 2460 m lang und wird von sieben Pfeilern getragen, die zwischen 77 und 244 m hoch sind.
- Die Petronas Twin Towers in Kuala Lumpur, Malaysia, sind die höchsten Bürogebäude der Welt. Sie ragen stolze 451,9 m über den Straßen der Stadt in den Himmel.
- Der CN Tower in Toronto im kanadischen Ontario trägt den Titel des „höchsten freistehenden Gebäudes der Welt“. Er ist 553,33 m hoch.
- Außerdem befindet sich in Kanada der größte Einkaufs- und Unterhaltungskomplex der Welt: die West Edmonton Mall in Edmonton, Alberta. Diese erstreckt sich über einen halben Quadratkilometer und beherbergt 800 Geschäfte!

### ◆ Leistungsbewertungen und Grenzbelastung

Die Leistungsbewertung ist das Gewicht, das den Einsturz eines Bauwerks verursacht, geteilt durch die Gewicht des Bauwerks selbst.

Die effizientesten Konstruktionen sind sowohl stabil als auch leicht, was eine schwer zu erreichende Kombination ist. So müssen z. B.

Dachkonstrukteure in Bereichen mit schweren Schneefällen bei der Planung der Festigkeit eines Daches das Gewicht massiver Schneelasten berücksichtigen. Das Gewicht, bei dem ein Bauwerk bzw. eine Konstruktion einstürzt, wird als „Grenzbelastung“ bezeichnet.



## Grenzbelastung

# Grenzbelastung



## Schülerarbeitsblatt: Messen der Grenzbelastung - Seite Eins

### Erster Schritt:

Ihr habt vier Spielkarten, etwas Klebeband und eine Schere erhalten. Entwerft im Team, ohne die Karten zu verändern (beispielsweise ohne sie zu zerschneiden), eine Konstruktion, die einen 1,89-l-Behälter tragen kann, ohne zusammenzufallen.

### Frage:

1. Welche Strategie bzw. welchen Bauplan hat euer Team?

### Vorhersage:

2. Sagt die „Grenzbelastung“ eurer Konstruktion in der von euch entworfenen Form voraus.

### Zweiter Schritt:

Baut im Team einen Prototyp eurer Konstruktion, um diese zu testen.



### Dritter Schritt:

Euer Lehrer wird eure Konstruktion testen und durch Hinzufügen messbarer Gewichte (Münzen, Sand, andere Materialien) feststellen, bei welchem Gewicht diese einstürzt. Damit wird die „Grenzbelastung“ eures Bauwerks ermittelt.

### Fragen:

1. Wie hoch war die „Grenzbelastung“ eures Bauwerks?
2. Wie nahe an diesem Wert lag eure Vorhersage im ersten Schritt?

### Grenzbelastung

# Grenzbelastung



---

## Schülerarbeitsblatt: Messen der Grenzbelastung - Seite Zwei

3. Welche Aspekte eures Designs waren seiner Fähigkeit, eine höhere Last zu tragen, eurer Meinung nach besonders zuträglich?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
4. Welche Aspekte eures Designs waren seiner Fähigkeit, eine höhere Last zu tragen, eurer Meinung nach besonders abträglich?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
5. Was war die höchste in eurer Klasse erreichte Grenzbelastung?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
6. Was war der Unterschied zwischen dem Design des Siegers und eurem Design? Oder wenn euer eigenes Team das siegende Design gebaut hat: Was zeichnet eure Konstruktion im Vergleich zu allen anderen eurer Meinung nach besonders aus?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
7. Wenn ihr euer Design noch einmal ganz von vorne anpacken könntet, was würdet ihr dann ändern, und warum?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
8. Welche menschlichen Faktoren muss ein Bauingenieur beim Planen eines Bürogebäudes eurer Meinung nach berücksichtigen? (Beispiele: Gewicht von Personen und Möbeln, Wasserbedarf, Frischluft, Fluchtwege)