

# Mögliche Antworten zu den Fragen in [Übung 1.1-1](#)

## Der Hammerschlag

### Illustration

**Fragenkomplex 1:** Schlagen Sie (gedanklich müßte reichen) mit einem Hammer auf eine Reihe von (zunächst noch homogenen) Materialien (Camembert ist noch ausreichend homogen, nicht aber Schweizer Käse oder der PC). Was passiert?

Im wesentlichen wird die Form des Materials *nach* dem Nammerschlag in eine der folgenden drei Kategorien fallen:

- Die Form hat sich *nicht geändert* (oder nur ganz wenig). Zum Beispiel bei einem Stück Gummi oder Stahl. Wir haben **elastische Verformung**.
- Die Form hat *deutlich geändert*, aber das Material ist ganz (in einem Stück) geblieben. Zum Beispiel bei einem Stück Blei oder bei einem Camembert. Wir haben **plastische Verformung**.
- Die Form ist nicht mehr vorhanden, weil das Material *gebrochen* ist (z.B. Glas). Wir haben den **Bruch**. Setzt man die Stücke (gedanklich) exakt zusammen, wird die wiederhergestellte Form in eine der beiden obigen Kategorien fallen.

### Lösung 2:

*Prototypische* Materialien könnten z.B. sein:

- *Spröde* Materialien (zumindest bei Raumtemperatur): Glas, Diamant, Silizium, Gußeisen, "harte" Kunststoffe,...
- *Viskose weiche* Materialien: Honig, Steichkäse, Camembert, Wachs, Seife, Schaumgummi,...
- *"Duktile"* Materialien (nicht weich, aber formbar): Blei, Aluminium, ... (fast alle Metalle), viele Kunststoffe.

Wie schnell folgt die Verformung der Kraft?

- In fast allen Fällen (außer bei "viskosen" Materialien) *ziemlich schnell*: Zieht man schlagartig am Material (Plötzliches Einschalten der Kraft), wird das Material sofort etwas länger: Es dehnt sich, wir messen eine *Dehnung*. Bei einer bestimmten Längenänderung oder eben Dehnung bleibt es stehen; läßt man los (Ausschalten der Kraft) geht die Dehnung sofort wieder zurück.
- Bei "viskosen" oder *viskoelektischen* Materialien geht nach Einschalten der Kraft die Verformung längere Zeit weiter; auch beim Abschalten wird die Rückverformung einige Zeit brauchen. Extrembeispiel: Honig oder Streichkäse "verfließt" so allmählich unter der Wirkung seines eigenen Gewichts.

Wie reagiert das bereits belastete Material auf Erhöhen der angelegten Kraft?

- Früher oder später wird es brechen. Immer! (Ein Faktum, das im Spaß gelegentlich als [1. Hauptsatz der Materialwissenschaft](#) bezeichnet wird: *Mit Gewalt geht alles kaputt*).
- Vorher aber geschieht bei allen duktilen Materialien etwas anderes: Bei irgendeiner (materialspezifischen) mechanischen *Spannung* (= Kraft pro Fläche) wird nach Wegnehmen der Kraft nicht mehr der Ausgangszustand erreicht, sondern die Probe wird jetzt länger sein als vorher.

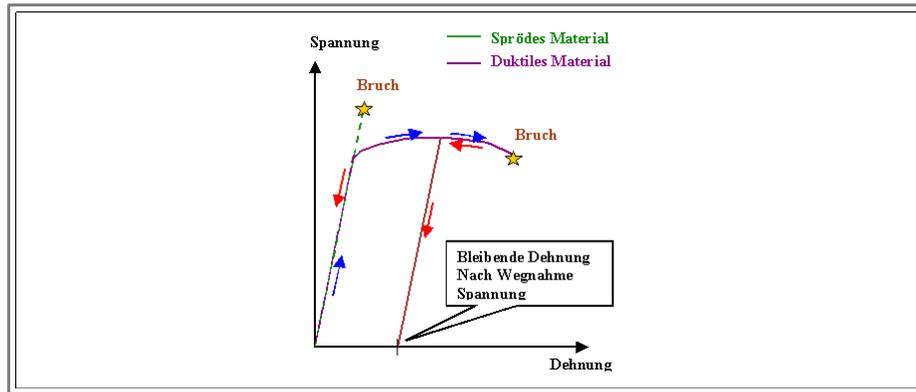
Was passiert bei Änderungen der Temperatur?

- Tendenziell wird alles "weicher" wenn wir die Temperatur erhöhen. Man denke an den Schmied mit seinem rotglühenden Eisen, an Plastik, das versehentlich auf die Herdplatte zu liegen kam, an den Glasbläser.
- Wie es sich herausstellen wird, gibt es *eine* Ausnahme von dieser Regel; aber diese Ausnahme, obwohl bei sehr gebräuchlichen Materialien (Gummi!) vorliegend, entzieht sich der normalen Erfahrung.

Können Sie nachvollziehen, daß es im Spannungs - Verformungsdiagramm bis zu drei Bereiche gibt, die man mit den Begriffen: *Elastisch, Plastisch, Bruch* beschreibt?

- Einen (möglicherweise sehr kleinen) elastischen Bereich und den Bruch muß es immer geben. Denn auch spröde Materialien brechen erfahrungsgemäß *nicht sofort*, d.h. bei kleinsten Kräften, aber alle Materialien brechen *immer*.
- Die Frage ist also, ob man auf einer beliebigen "*Spannungs - Dehnungs-Kurve*" (s.u.) nach einem elastischen Bereich gleich beim *Bruch* "landet", oder ob es einen plastischen Zwischenbereich gibt.
- Beim Abschalten der Kraft landet man wieder am Ausgangspunkt; das Material ist unverformt, sein Verhalten *elastisch*.

- Beim Abschalten der Kraft landet man - nach Abzug des elastischen Anteils der Verformung - bei einer bleibenden Verformung (= Längenänderung im Zugversuch), das Verhalten ist *plastisch*.
- Das könnte etwa so aussehen



**Lösung 3:** Es gibt hier viele Beispiele, auch für Alltagsmaterialien, aber im Gegensatz zu Eigenschaften wie "spröde" oder "weich", hat man in der Regel kein Gefühl dafür.

- Sammelbegriffe sind z.B.:
  - Glas:* Fensterglas, Sicherheitsglas, Glaskeramik: Im Verhalten sehr unterschiedlich.
  - Kunststoff:* Enorme Variationsbreite, auch noch innerhalb einer Sorte.
  - Stahl:* Große Unterschiede zwischen Baustahl, rostfreiem Stahl, Werkzeugstahl etc.
- Am wichtigsten und am erstaunlichsten: Der *Kohlenstoff!*  
 Gibt es als (weichen) *Graphit*, als ultraharten *Diamant*, als reiß- aber nicht scherfeste *Carbonfaser*, als "*Fulleren*", als glasartiges sehr widerstandsfähiges (amorphes) Material (das schwarze Zeug, das man kaum mehr aus der Backröhre bekommt), ... .
- Auch noch bekannt: *Quarz*, als Bergkristall oder als Quarzglas (im Kaminofen) recht verschieden.
- Eigentlich kann man hier fast alles reinschreiben! Aber je ein Beispiel:
  - Bearbeiten:* [Siegfried schmiedet sein Schwert](#). Warum eigentlich? Wieso nimmt er es nicht so wie "gegossen"?
  - Zusätze:* Alle Legierungen beruhen auf diesem Prinzip: Schönes Beispiel: Die Getränkedose aus Aluminium mit ein bißchen was von diesem und jenem.
  - Älter werden:* Beispiele sind Risse in den "austenitischen Stählen" der Rohrleitungen in den Kernkraftwerken, die Kongresshalle in Berlin, die plötzlich einstürzte (Stichwort: "[Materialermüdung](#)").