

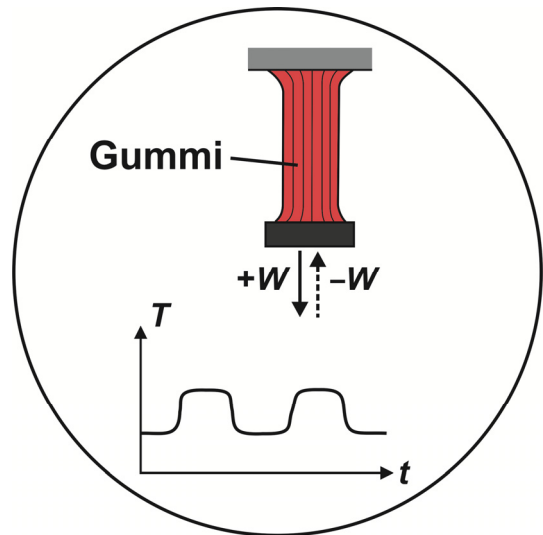
Temperaturverlauf beim Dehnen von Gummi

Geräte:

Gummiband (z. B. $3 \times 20 \times 50$ mm)
mit durchbohrtem Thermoelement
Flatschreiber mit Faserstift
2 Experimentierkabel

Chemikalien:

–



Sicherheitshinweise:

Das Tragen einer Schutzbrille ist empfehlenswert. Es ist darauf zu achten, dass das Gummiband nicht zerreißt oder zurückschnellt.

Versuchsdurchführung:

Nach dem Anschließen des Thermoelements mit Hilfe der Experimentierkabel wird der Nullpunkt des Schreibers auf die Papiermitte (50 %) eingestellt und das Gummiband im Wechsel gedehnt und entspannt. Der Messbereich muss entsprechend dem eingesetzten Thermoelement gewählt werden, der Papiervorschub sollte etwa 250 mm/min betragen.

Beobachtung:

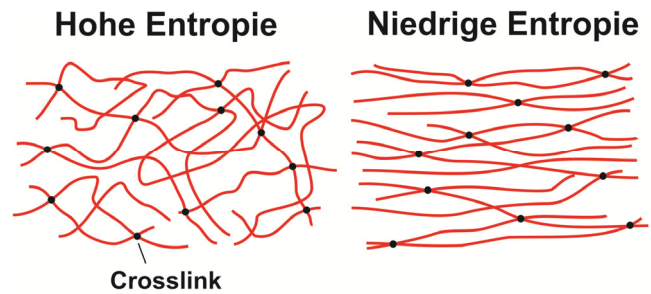
Die beim Dehnen beobachtete Temperaturerhöhung wird beim Entspannen wieder rückgängig gemacht, so oft man auch den Vorgang wiederholt. Der zeitabhängige Temperaturverlauf $T(t)$ zeigt dementsprechend ein Rechteckprofil.

Erklärung:

Gummi reagiert auf eine Entropiezufuhr anders als die meisten Stoffe: Während sich Feststoffe, Flüssigkeiten oder Gase im Allgemeinen mit steigender Temperatur ausdehnen, zieht Gummi sich hingegen beim Erwärmen zusammen. Umgekehrt wird ein Stoff, der sich mit zunehmender Entropie zusammenzieht wie z. B. Gummi, beim Dehnen wärmer. Beim Loslassen passiert genau das Gegenteil. Dehnt man also ein Gummiband und entspannt es dann wieder, so wird es erst warm und dann wieder kalt. Die anfangs aufgewandte Energie erhält man beim Entspannen zurück. Der Dehnungsvorgang ist umkehrbar. Entropie wird kaum erzeugt, denn das Band ist am Ende genauso kalt oder warm wie am Anfang.

Die Ursache für das besondere Verhalten des Gummis liegt in seiner molekularen Struktur. Es besteht aus sehr langen Molekülketten, die im entspannten Zustand zusammengefasst und wild verknäult sind. Die Ketten unterschiedlicher Länge werden durch schwache zwischenmolekulare Kräfte zusammengehalten; zusätzlich werden sie in unregelmäßigen Abständen durch Schwefelbrücken kovalent vernetzt (sog. Crosslinks). Die durch Vulkanisation erzeugten Crosslinks hindern die Ketten daran, sich unabhängig voneinander zu bewegen (wie es bei einer einzelnen Nudel in einem Haufen von Spaghetti der Fall wäre). Wenn man nun das Gummi auseinanderzieht, werden die Moleküle gestreckt; dementsprechend nimmt die Unordnung und damit auch die Entropie ab. Die

überschüssige Entropie wird an die Umgebung abgeführt, was die Temperaturerhöhung bedingt. Wird das Gummiband losgelassen, so knäulen sich die Polymerketten wieder auf; die dazu notwendige Entropie wird aus der Umgebung „aufgesaugt“, worauf die Temperaturabnahme zurückzuführen ist. Da es sich um einen entropischen Effekt handelt, spricht man bei dieser speziellen Eigenschaft von Gummi auch von Entropieelastizität.



Ergänzung:

In vereinfachter Form kann das Experiment auch im Alltag nachempfunden werden: Man hält ein gerade gezogenes Gummiband direkt oberhalb der Oberlippe, die besonders empfindlich auf Temperaturänderungen reagiert, an das Gesicht und zieht das Band nach einer kurzen Wartezeit zum Temperatúrausgleich kräftig auseinander. Es wird spürbar warm. Man wartet kurz und lässt es dann wieder zurück-schnellen. Es wird kalt.

Entsorgung:

—