Andreas Stanzel

Protokoll zu Versuch 3: Entropie-Elastizität

1. Allgemeiner Teil

Erwärmt man einen gedehnten Gummi zieht er sich im Gegensatz zu einem Stahlseil zusammen. In einem ungedehnten Elastomer liegen die Makromoleküle als statistisches Knäuel vor. Wirkt nun eine äußere Kraft F auf den Gummi, werden die Makromoleküle gestreckt und der Ordnungsgrad nimmt zu während die Entropie abnimmt. Wird dem gedehnten Gummi jetzt kinetische Energie durch Erwärmung zugeführt, wird die Mikro-Brownsche Bewegung erhöht und weil der Entropie-Verlust jetzt beim Übergang in den gestsreckten Zustand höher ist, nimmt auch die Rückstellkraft zu und der Gummi zieht sich zusammen. Beim Stahldraht hingegen nimmt die Rückstellkraft, wegen Lockerung der Bindungen, bei Erwärmung ab und der Draht kann sich ausdehnen.
Aus dem 2. Satz der Thermodynamik und der Annahme, dass sich das Volumen und die Enthalpie beim Dehnen des Gummis nicht ändert, ergibt sich folgender Zusammenhang zwischen der Kraft F, der Entropieänderung S, der Längenkontraktion l und der Temperatur T.

$$F = -T \frac{\Delta S}{\Delta l}$$

2. Experimenteller Teil

In einem senkrecht montierten Liebigkühler mit Thermometer und Thermostat wird ein Gummiband zwischen zwei Stahlstangen gespannt und an ein Gewicht von 500g gehängt. Alles was unten am Gummi hängt, muss vorher gewogen werden, also eine Stahlstange und das Gewicht. Die gesamte Anordnung wird über eine elektronische Waage angebracht und zwar derart, dass die Waage nur mit etwa 200g belastet wird. Durch Subtraktion der vorher gewogenen Objekte und dem Anzeigewert der Waage erhält man das Gewicht, welche effektiv am Gummi zieht. Der Thermostat und damit auch der Gummi werden nun langsam von 20°C auf 70°C erwärmt. Die Rückstellkraft nimmt zu und der auf der Waage angezeigte Wert wird immer kleiner. Die Länge des Gummibandes bleibt gleich. Im Abstand von 5°C wird jeweils die Kraft bestimmt, welche auf den Gummi wirkt und in Diagramm 1 gegen die Aufheizkurve in Kelvin aufgetragen. Dieser Versuch wird auch mit einer Violinenseite aus Stahl durchgeführt.
In einem weiteren Experiment werden jetzt Gewicht und Waage entfernt. Ein Gewicht von 200g soll nun am Gummi angebracht werden, so dass er frei hängt. Hinter der Apparatur wird ein Millimeterpapier angebracht um die Auslenkung des Gewichtes festzustellen. Wieder wird der Gummi von 20°C auf 70°C aufgeheizt und die Längenkontraktion wird in 5°C Abständen bestimmt. Die Längenkontraktion wird im Diagramm 2 gegen die absolute Temperatur der Aufheizkurve aufgetragen.

3. Messwerte und Auswertung

Bestimmung der Rückstellkraft des Gummis

T [°C]	T [K]	m [g]	m0 [kg]	F [N]
19	292	405,71	0,10090	0,98983
20	293	404,82	0,10179	0,99856
25	298	403,02	0,10359	1,01622
30	303	401,88	0,10473	1,02740
35	308	401,00	0,10561	1,03603
40	313	400,13	0,10648	1,04457
46	319	399,14	0,10747	1,05428
50	323	398,33	0,10828	1,06223
55	328	397,34	0,10927	1,07194
60	333	396,36	0,11025	1,08155
66	339	395,44	0,11117	1,09058
70	343	394,74	0,11187	1,09744

Bestimmung der Rückstellkraft der Violinenseite

T [°C]	T [K]	m [g]	m0 [kg]	F [N]
20	293	285,93	0,22067	2,16477
25	298	301,64	0,20496	2,01066
30	303	313,64	0,19296	1,89294
35	308	323,07	0,18353	1,80043
40	313	332,89	0,17371	1,70410
45	318	342,89	0,16371	1,60600
50	323	351,82	0,15478	1,51839
55	328	361,21	0,14539	1,42628
60	333	369,93	0,13667	1,34073
65	338	377,45	0,12915	1,26696
70	343	383,31	0,12329	1,20947

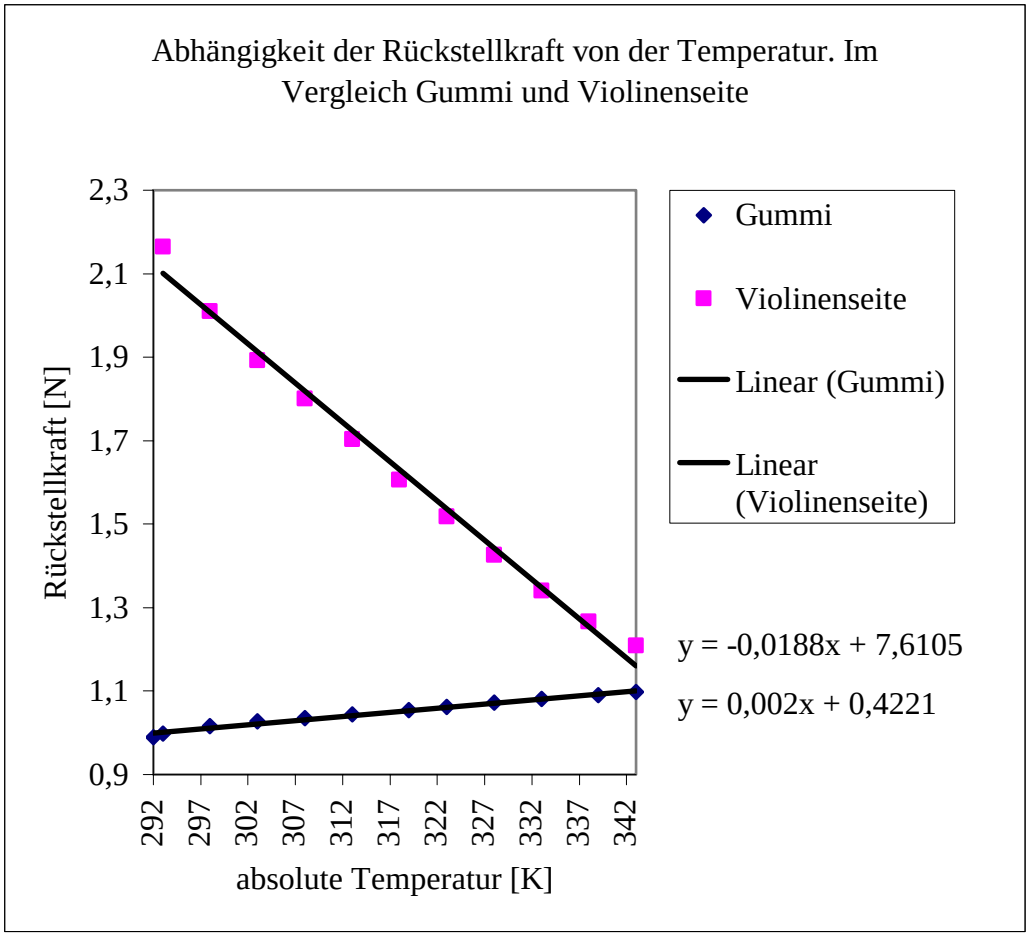

Diagramm 1.

Aus der Geradensteigung der Violinenseite erhält man S/ l = -0,0188 N/K

Aus der Geradensteigung des Gummis erhält man S/ l = 0,002 N/K

Bestimmung der Längenkontraktion des Gummis

T [°C]	T [K]	dl [mm]
20	293	0,0
25	298	1,5
30	303	2,5
35	308	3,5
40	313	4,5
45	318	6,0
50	323	7,5
55	328	9,0
60	333	10,5
65	338	12,0
70	343	13,0

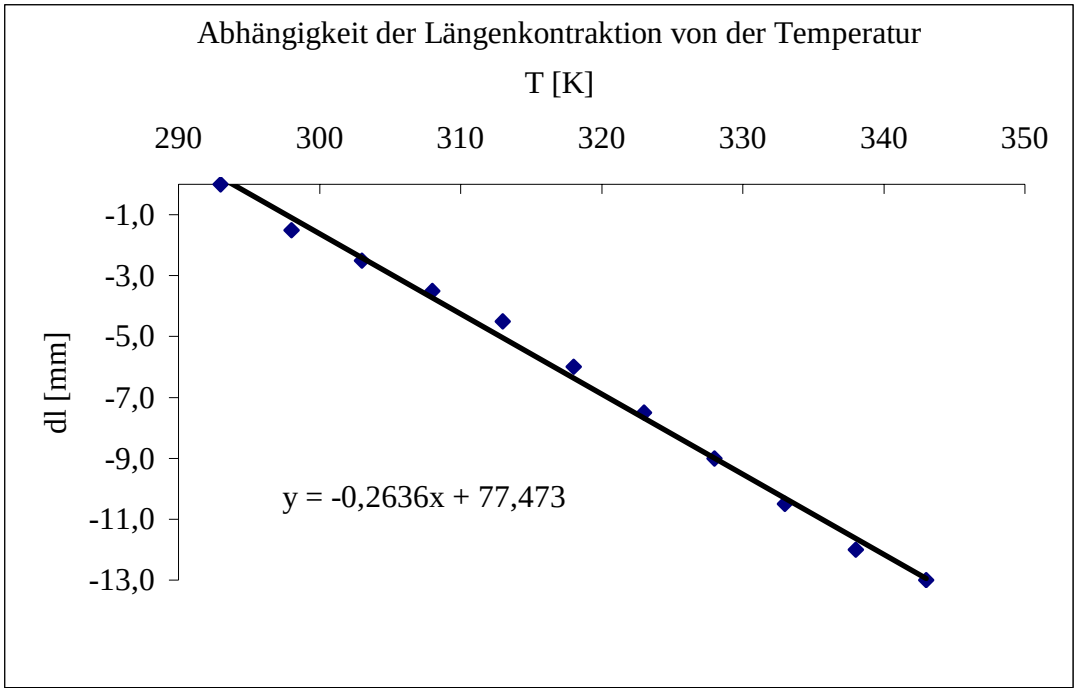

Diagramm 2:

Aus der Geradensteigung erhält man $S/F = 0.2636\ J\ K^{-1}\ N^{-1}$
Da am Gummiband ein Gewicht von 205,46 g hang, ergibt sich daraus
eine Kraft F = 2,0156 N. Daraus folgt $S = 0{,}1308\ J\ K^{-1}$ .Wie erwartet nimmt die Entropie bei Kontraktion des Gummis zu.

4. Literatur

Praktikumsanleitung
B. Vollmert, *Grundriss der makromolekularen Chemie*, Vollmert-Verlag, Karlsruhe 1988