

206 Kühlen mit flüssigem Stickstoff

ZUSAMMENFASSUNG

Man kühlt mit flüssigem Stickstoff. Diese Aussage ist von derselben Art, wie wenn man sagt, ein Automotor habe Luft- oder Wasserkühlung. Dass man zum Verflüssigen des Stickstoffs Entropie unter Energieaufwand von niedriger auf hohe Temperatur befördern muss, wird gewöhnlich nicht erwähnt.

Gegenstand

Das Kühlen mit tiefkalt verflüssigtem Stickstoff bringt eine Reihe von Vorteilen mit sich. Geringe Investitions- und niedrige Betriebskosten sind neben der einfachen und wartungsarmen Anwendung nur einige Gründe. Nicht nur wirtschaftlich, sondern auch sicherheits- und umwelt-technisch bringt diese Kühlmethode weitere Vorteile. Flüssiger Stickstoff ist unbrennbar, ungiftig und es entstehen keinerlei Abfallprodukte.

Magnete in großen Beschleunigeranlagen wie dem CERN in Genf werden meist mit flüssigem Helium fast auf den absoluten Nullpunkt gekühlt. Auch der europäische Infrarotsatellit Herschel war mit Helium auf tiefste Temperaturen gebracht worden, um für die Wärmestrahlung der kosmischen Objekte besonders empfindlich zu sein.

Kühlungen werden in vielen technischen Geräten, die sich erwärmen, eingesetzt. Zumeist wird jedoch eine passive Kühlung, das heißt die Abgabe der Wärme über Kühlkörper an die umgebende Luft, genutzt. Das bekannteste Beispiel ist der Kühlschrank zur Konservierung von Lebensmitteln. In Kraftfahrzeugen wird meist eine Wasserkühlung benutzt, in Computern kommen überwiegend Luftkühlungen zum Einsatz. Ein weiteres großes Einsatzgebiet ist z. B. die Klimaanlage.

Prozessorkühlung: Man unterscheidet zwischen Luftkühlung, Wasserkühlung, Siedekühlung, Peltierkühlung und Trockeneiskühlung.

Mängel

Kühlen bedeutet, dass man einen Gegenstand auf eine niedrige Temperatur bringt oder auf einer niedrigen Temperatur hält. Man tut das, indem man dem Körper Entropie entzieht.

Dabei gibt es im Prinzip zwei Möglichkeiten:

1. Man hat eine Umgebung, die kälter ist als der zu kühlende Körper. Dann muss man nur dafür sorgen, dass die Entropie ihrem natürlichen Trieb von warm nach kalt folgt. Beispiel: die Kühlung des Automotors.
2. Hat man eine solche Umgebung nicht (weil die Temperatur, die der zu kühlende Körper haben soll unter der Umgebungstemperatur liegt), so muss man die Entropie von der niedrigen auf die höhere Umgebungstemperatur befördern. Dazu braucht man Energie und ein Gerät: die Wärmepumpe (die eigentlich besser Entropiepumpe heißen sollte).

In der Mechanik gibt es das analoge Problem. Um einen Körper (etwa ein Fahrzeug) auf eine höhere Geschwindigkeit zu bringen, oder auf einer hohen Geschwindigkeit zu halten, muss man ihm Impuls zuführen.

Auch hier gibt es zwei Möglichkeiten:

1. Man koppelt den Körper an ein System, das schon eine hohe Geschwindigkeit hat. Der Impuls folgt dann seinem natürlichen Trieb von der hohen zur niedrigen Geschwindigkeit. Dasselbe tut man auch beim Bremsen: Die Bremse stellt eine impulsleitende Verbindung zwischen Fahrzeug und Erde her, und der Impuls fließt von selbst in die Erde.
2. Wenn man keine „Umgebung“ mit der gewünschten, höheren Geschwindigkeit hat, muss man den Impuls unter Energieaufwand aus der Umgebung in das Fahrzeug pumpen. Genau das tut der Motor.

Wir sparen uns die entsprechende elektrische und chemische Geschichte.

Wenn vom Kühlen mit flüssigem Stickstoff, Helium oder Eiswürfeln die Rede ist, entsteht der Eindruck, das so genannte Kühlmittel sei das Entscheidende. Man kühlt die Spulen mit flüssigem Helium. Aber das heißt ja nur, man kühlt etwas mit etwas anderem, das schon kalt ist. Kühlen wird reduziert auf das Anpassen von zwei Temperaturen.

Aber wer kühlt denn das Helium? Wie wird das Helium seine Entropie los? Davon wird, wenigstens in unseren Zitaten, nichts gesagt. Es wird eben einfach verflüssigt.

In unserem dritten Zitat ist vom Kühlschrank und der Klimaanlage die Rede. Wenn ich den Text richtig verstanden habe, geht es dem Autor aber nur darum, wie die Entropie in dem Wärmetauscher an der Rückseite des Kühlschranks an die Umgebungsluft weiter gegeben wird. Hier wird offenbar der Kühlschrank gekühlt. Das, was den Kühlschrank ausmacht, nämlich seine Wärmepumpe, scheint weniger wichtig zu sein.

Im letzten Zitat (aus Wikipedia, aber etwas verfremdet) geht es lustig durcheinander. Peltierelement und Trockeneis werden in einem Atemzug genannt. Das erste ist eine Wärmepumpe, das zweite nur ein kalter Stoff, aus dem Entropie vorher herausgepumpt worden war.

Das für das Kühlen entscheidende Element, die Wärmepumpe, wird entweder gar nicht erwähnt oder erscheint nur als ein technisches Detail. Man braucht sie ja „nur“ zum Verflüssigen, oder zum Erzeugen der Eiswürfel für die Cola.

Herkunft

Wie soll man es auch klarer ausdrücken, wenn man die Entropie nicht erwähnen möchte oder kann? Entsprechend kann man natürlich auch nicht vom Hochpumpen der Entropie sprechen. Und mit den Ersatzkonstruktionen thermische Energie oder Enthalpie wird es kompliziert. Da sagt man lieber gar nichts.

Entsorgung

Ganz allgemein: Man reduziere die Arbeit von Carnot nicht auf den etwas verwickelten Kreisprozess, der ja in seiner Arbeit nur ein Beispiel ist. Man mache sich vielmehr seine geniale Idee zu eigen: den Vergleich der Wärmekraftmaschine mit einem Wasserrad. Dass er den Vergleich der Wärmepumpe mit einer Wasserpumpe noch nicht anführen konnte lag nur daran, dass es damals noch keine Wärmepumpen gab.

Und wenn man vom Kühlen spricht, stelle man die Kühlmaschine (Wärmepumpe) in den Vordergrund. Ihre Funktion ist leicht zu beschreiben: Die Wärmepumpe bringt unter Energieaufwand Entropie von kalt nach warm – genauso wie eine Wasserpumpe Wasser von niedrigem auf hohem Druck bringt. Das kann man leicht erklären. Die technischen Tricks, die dabei Anwendung finden, kann man anschließend behandeln. Oder man lässt sie ganz weg.

Schließlich noch ein Vorschlag: Man mache nicht die Unterscheidung zwischen Wärmepumpe und Kältemaschine. Gewiss, die Geräte sind gewöhnlich unterschiedlich gebaut, aber mindestens ein Hinweis darauf, dass sie dasselbe tun, wäre für die Studenten hilfreich.