

...WÄRMEÜBERTRAGUNG

# Wärmetheorien für kalte Tage



Ein alltäglicher Gegenstand hält Getränke nach Belieben kalt oder warm... sogar ohne, dass man jeweils einen Schalter umlegt

Benjamin Thompson hatte die vorherrschenden Theorien des 18. Jahrhunderts zum Thema Wärme natürlich schon gelesen. Und nun hockte er vor dieser riesigen bronzenen Kanone. Sie war, wie damals üblich, an einem Stück gegossen worden. Nach der Abkühlung dieses Gusses bohrte man aufwendig ein langes Loch in diesen langen Zylinder, den späteren Lauf der Kanone.

Die gegossene Kanone erhitze sich wieder beim Bohren. Klar, hätte Thompson denken können, die Wärme ist ein Stoff, der ja beim Verflüssigen der Bronze in dieses Geschütz gefüllt wurde. Beim Bohren des Loches trat diese Wärme eben wieder aus. Aber obwohl unentwegt gebohrt wurde, erhitze sich die Kanone fortwährend. Nach Thompsons Berechnungen konnte soviel Wärme gar nicht vorher eingefüllt worden sein. Und aufgrund dieser Beobachtung entwickelte Thompson eine neue Theorie, Er nahm an, dass die Reibung beim Bohren diese Wärme erzeugen könnte.

Wärme war also nicht der damals als Caloricum bezeichnete Stoff, sondern Bewegungsenergie. Jener, im Laufe seines Lebens noch geadelter Gentleman brachte durch seine klugen Feststellungen neue Ideen in die Physik. Heutzutage gilt als gesichert, dass thermische Energie die innere Energie eines Stoffes darstellt und dessen Teilchenbewegung kennzeichnet. Diese Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein. Überträgt man thermische Energie, so nennt man es Wärme. Zur Wärmeübertragung werden drei Möglichkeiten unterschieden, Leitung, Strahlung und Konvektion. Diese Arten sind



**Beim Arbeiten an dieser Vorrichtung zum Bohren eines Kanonenlaufs hatte Benjamin Thompson seine neue Idee zur Wärme**

Gegenstand dieses Beitrags. Dabei sollen die Arbeiten an einem Ölkessel beispielhaft zeigen, welche Arten der Übertragung jeweils unterschieden werden können.

## **DIE WÄRMELEITUNG**

Über die Schornsteinfeger-Taste wurde soeben der Ölbrenner dauerhaft in Betrieb genommen. Nach drei Minuten Brennerlauf berührt der Monteur versehentlich die Brennertür mit der Hand. Was er fühlt, macht ihn nicht glücklich und resultiert aus der Wärmeleitung vom Brennraum durch die metallene Tür zum Raum. Die Flammen im Brennraum hatten die Brennertür erhitzt. Die Metallteilchen der Stahltür auf der Innenseite des Kessels wurden dadurch in Schwingungen versetzt. In der Folge hatte das eine Teilchen das Nachbarteilchen angestoßen und dieses wiederum das nächste – und so weiter. Die Bewegungen der Teilchen verliefen also irgendwann durch die gesamte Metalltür. Innen, also im Brennraum, ist die Teilchenbewegung extremer als außen, aber für den Monteur reichte es bereits aus, sich eine leichte Verbren-

nung zuzuziehen. Bei einer Berührung der Innenseite hätte er wahrscheinlich Teile seiner Haut eingebüßt. An der Tür selber war – bedingt durch den Transport der Wärme – oberflächlich nichts zu sehen. Würde man jedoch genauer hingucken und sogar feinstens vermessen, würde man die Ausdehnung der Tür in Länge, Breite und Dicke registrieren. Die Teilchen, die durch ständiges gegenseitiges Anschupsen einen wilden Tanz aufführen, benötigen eben auch mehr Platz als fein geordnete und bewegungsarme Atome. Fakt ist jedenfalls, dass

## **BENJAMIN THOMPSON**

**Sir Benjamin Thompson (geb. am 26. März 1753, gest. am 21. August 1814), war Experimentalphysiker und Erfinder und hatte beachtlichen Anteil an der Weiterentwicklung der Wärmelehre. Dieser beruht auf seinen beschriebenen Versuchen zum Kanonenbohren im Jahre 1798.**



Bild: Physikalisch-Technische Bundesanstalt

Ein Stahlkocher trägt zum Schutz vor der Strahlungswärme seine Schutzkleidung

Wärmeleitung für diesen Transport verantwortlich war. Während der Stahl als Kesselmaterial innerhalb des Brennraumes für eine rasche Abgabe der Flammenhitze an das Heizungswasser sorgt, hat er an der Tür mit gleicher Eigenschaft zum Nachteil der Umgebung (also des Monteurs...) ebenso funktioniert. Entscheidend für Wärmestrom an dieser Kesseltür waren der Unterschied zwischen der Temperatur im Kesselraum und der Umgebung draußen. Einfluss hatte natürlich auch die Dicke der Tür und dass diese aus Stahl war. Hätte man diese beispielsweise aus Keramik gefertigt, wäre die Temperatur noch nicht so weit angestiegen wie bei der hier beschriebenen Fertigung aus Stahl. Keramik leitet Wärme nämlich schlechter als Metall. Sämtliche denkbare Stoffe leiten übrigens die Wärme. Feste Stoffe und hier besonders die Metalle leiten besser als Flüssigkeiten und Flüssigkeiten nochmals besser als Gase. Bedenkt man, dass sich die Teilchen bei der Wärmeleitung gegenseitig anstoßen und damit zur Bewegung anregen, so ist diese Abstufung auch erklärlich. Bei einem festen Stoff liegen die Atome relativ dicht beieinander. Das Anstoßen des Nach-

baratoms ist also wahrscheinlicher als bei einem weit entfernten Nachbarn wie etwa in einer Flüssigkeit oder einem Gas.

## DIE WÄRMESTRAHLUNG

Der leicht lädierte Monteur hätte natürlich die nahende Gefahr spüren können. Bei seiner Annäherung an die Tür war deutlich die Wärmestrahlung zu bemerken. Die matte dunkelgraue Stahltür besaß eine bei Weitem höhere Temperatur als die Oberfläche seiner hellhäutigen Handoberfläche. Beide, also Hand und Tür, strahlten sich im Moment vor der Berührung an. Die Strahlung der Tür überwog und hätte dem Monteur bei einer langsamen Bewegung gewarnt etwa mit der Info fürs Gehirn: „Hier strahlt ein Körper mit beträchtlich mehr Energie, als von der Hand ausgeht, daher Vorsicht Verbrennungsgefahr.“ Beide strahlen sich also an, aber der intensivere Strahler gibt mehr ab, als er bekommt. Der Monteur hätte sich daher, obwohl er selber Wärme abstrahlt, die Hände wärmen können. Der Überschuss an Strahlung hätte dazu ausgereicht. Die raue und dunkle Oberfläche der Brennertür wirkt übrigens verstärkend für die Strahlung. Würde man die ansonsten gleiche Tür hochglänzend verchromen, so wäre die Strahlung der Tür herabgesetzt. Andersherum hätte auch der Monteur die Wärmestrahlung durch einen glänzenden Schutzanzug reduzieren können. Die Stahlkocher vor den Hochöfen dieser Welt tragen aus diesem Grund futuristisch anmutende, silbern glänzende Schutzanzüge. Ein stofflicher Austausch findet überhaupt nicht statt, selbst eine Berührung ist nicht notwendig. Sogar im Vakuum würde Strahlung bestens funktionieren. Die Übertragungsleistung kann über riesige Distanzen immens groß sein. Die Sonne ist von der Erde rund 150 Millionen km entfernt und schickt trotzdem Strahlung mit einer Leistung von rund 1367 Watt zur Erde bezogen auf die Fläche eines Quadratmeters. Luftteilchen auf dem Weg zwischen Sonne und Erde wären da



## DICTIONARY

Konvektion	=	convection
Teilchen	=	particle
Wärmeleitung	=	heat conduction
Wärmestrahlung	=	heat radiation

schon eher hinderlich, würden sie doch Teile der Strahlung aufnehmen, oder technisch ausgedrückt absorbieren.

## DIE KONVEKTION

Nach dem kurzen und glimpflich verlaufenen Zwischenfall an der Brennertür wird diese geöffnet und damit der Brenner abgeschwenkt. Beim Öffnen der Tür stellt der Monteur einen sehr kräftigen Luftzug fest. Ungewöhnlich viel Luft wird in den Kesselraum gezogen und verschwindet anscheinend durch den Schornstein über Dach nach draußen. Die Erklärung für dieses Phänomen wird als Konvektion bezeichnet. Innerhalb des Kesselraumes befinden sich kurz nach Abschaltung des Brenners natürlich noch sehr heiße Gase. Und auch die Kesselwände sind noch äußerst heiß. Die Gasteilchen im Brennraum sind, wegen ihrer Erwärmung, stark ausgedehnt und damit leichter als die Luft im Heizraum. Die heißen, leichten Abgase im Kesselraum werden daher durch die kalten, schweren Luftteilchen im Heizraum zum Schornstein hinausgedrückt. Diesen Vorgang nennt man natürliche Konvektion, da diese Art durch die natürlichen Eigenschaften der Beteiligten hervorgerufen wird. Treibt man diesen Prozess mit Pumpen oder Ventilatoren an, so spricht man von der erzwungenen Konvektion. Die Konvektion kann nur in Flüssigkeiten oder Gasen entstehen.

## VERHINDERN VON WÄRMEÜBERTRAGUNG

Gefahr erkannt, Gefahr gebannt, könnte man abschließend behaupten. Wenn also Wärmeübertragung, beispielsweise für ein beheiztes Wohnhaus im Winter, verhindert werden soll, so bräuchte man ja nur die entsprechenden und bekannten Mechanismen unterbinden und man hätte das Nullenergie-Haus. Zuerst müsste man also Stoffe einsetzen welche die Wärme

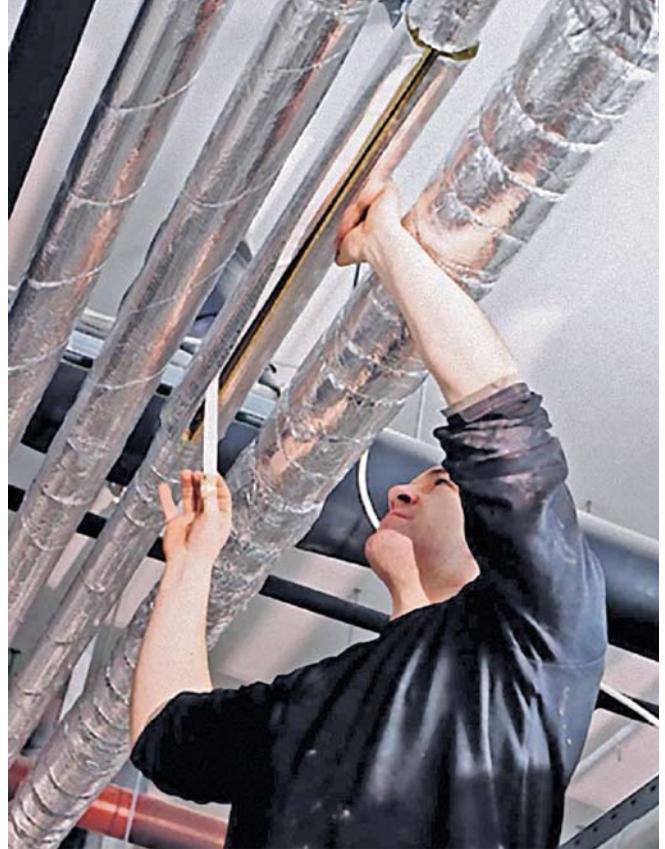


Bild: Rockwool

### Dämmmaterial mit reflektierender Außenhaut behindert die drei Arten der Wärmeübertragung

nicht oder nur sehr schwer leiten. Die von innen verspiegelten Räume würden dann noch einen Großteil der Strahlungswärme in den Raum zurückwerfen. Zwischen der Innen- und Außenhülle könnte man dann noch ein Vakuum ziehen um die Konvektion auszuschalten. Vom Trend her ist dieser Ansatz korrekt. In der Praxis findet man aber leider keinen Stoff, der sich nicht durch thermische Energie zum Schwingen anregen lässt. Wirtschaftlich verfügbar ist aber beispielsweise das altbekannte Polystyrol oder die Mineralwolle. Beide Stoffe leiten Wärme tausendmal schlechter als beispielsweise Stahl. Sie werden daher zur Dämmung von Häusern eingesetzt. Auf das Verspiegeln von Räumen verzichtet man in der Regel. Man hat aber zeitweise in Heizkörpernischen alukaschierte Paneele aus Polystyrol verlegt, um die Reflektion der Wärmestrahlung in den Raum hinein zu verstärken. Moderne Rohrdämmungen aus Mineralwolle sind aus demselben Grund oft mit glänzender Aluminiumfolie umwickelt.

Das Vakuum zur Verhinderung von Konvektion in einer Außenwand dürfte sehr schwierig herstellbar sein. In Thermosflaschen wird es aber im kleinen Maßstab realisiert. Die Kenntnisse um die Mechanismen der Wärmeübertragung sind im Leben des Menschen häufig in Form von Erfahrungen verankert. Kennt man jedoch die physikalischen Hintergründe dazu, entschlüsselt dies ein wichtiges Teilgebiet im Umgang mit Energie. ■



## FILM ZUM THEMA



Einen Einblick über das Thema „Wärmedämmung“ gibt es hier:

[www.sbz-monteur.de](http://www.sbz-monteur.de) → Das Heft → Lehrfilme zum Heft