

WÄRMEÜBERTRAGUNG FÜR ANLAGENMECHANIKER

Theorien für die Praxis

Bild: NA / thinkstock



Er scheint sich auch zu fragen, wie diese Thermoskanne unterscheiden kann,
ob sie Wärme oder Kälte konservieren soll?

Die heute bekannten Theorien zum Thema Wärme sind noch gar nicht so alt. Noch im 18. Jahrhundert war die vorherrschende Meinung, dass ein Stoff namens Caloricum für Wärme verantwortlich sei. Wärme war nach der Meinung der Gelehrten dieser Zeit also stofflich. Dass das nicht so ist, wissen Sie bereits oder aber spätestens nach dem Lesen dieses Berichts.

Blicken wir doch erst einmal zurück in die Geschichte, dann fühlt man sich anschließend so schön überlegen, mit dem modernen Wissen unserer Tage. Also war da im 18. Jahrhundert ein Benjamin Thompson. Der hatte die vorherrschenden Theorien zum Thema Wärme natürlich schon gelesen. Und nun hockte er vor einer 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 erhitzte 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. Und während unentwegt gebohrt wurde, erhitzte sich die Kanone fortwährend. Nach Thompsons Berechnungen konnte so viel 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.

Heutzutage gilt als gesichert, dass thermische Energie die innere Energie eines Stoffes darstellt und deren Teilchenbewegung kennzeichnet. Diese Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein.

Überträgt man thermische Energie, so nennt man es Wärme.

Zur Wärmeübertragung lassen sich drei Möglichkeiten unterscheiden: Leitung, Strahlung und Konvektion.

Diese Arten sind Gegenstand dieses Berichts. Dabei sollen die Arbeiten an einem Ölkessel beispielhaft zeigen, welche Arten der Übertragung jeweils unterscheidbar sind.



WÄRMELEITUNG

Über die Schornsteinfeger-Taste wurde soeben der Ölbrenner dauerhaft in Betrieb genommen. Nach ein paar Minuten Brennerlauf berührt der Monteur versehentlich die Brennertür mit der Hand. Das schmerzt spontan 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 jedes Teilchen sein Nachbar teilchen angestoßen und dieses wiederum das nächste und so weiter. Die Bewegungen der Teilchen verliefen also irgendwann durch die gesamte Metalltür. Innen ist die Teilchenbewegung heftiger als außen, aber für den Monteur reichte es bereits aus, um sich eine leichte Verbrennung zuzuziehen. Bei einer Berührung der Innenseite hätte er wahr-

scheinlich 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 sehr genau vermessen, würde man die Ausdehnung der Tür in Länge, Breite und Dicke im Vergleich zum kalten Zustand registrieren. Die Teilchen, die durch ständiges gegenseitiges Anschubsen einen wilden Tanz aufführen, benötigen eben auch mehr Platz als fein geordnete und bewegungsarme Atome. Fakt ist jedenfalls, dass 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 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, so wäre die Temperatur noch nicht so weit angestiegen wie bei der hier beschriebenen Fertigung aus Stahl. Keramik leitet Wärme nämlich schlechter als Metalle. Sämtliche denkbare Stoffe leiten übrigens Wärme. Feste Stoffe und hier besonders die Metalle leiten besser als Flüssigkeiten



Beim Arbeiten an einer solchen Vorrichtung zum Bohren eines Kanonenlaufs hatte Benjamin Thompson seine neue Wärmetheorie erdacht

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 dichter beieinander als bei einem Gas. Das Anstoßen des Nachbaratoms ist also wahrscheinlicher als bei einem weit entfernten Nachbarn.

WÄRMESTRAHLUNG

Der leicht lädierte Monteur hätte natürlich die nahende Gefahr spüren können. Bei seiner Annäherung an die Tür war deutlich die Wärmestrahlung zu spüren. Die matte dunkelgraue Stahltür besaß eine weit 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 den Monteur bei einer langsamen Bewegung gewarnt, etwa mit der Info an sein Gehirn: „Hier strahlt ein Körper mit beträchtlicher Wärmeenergie, 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 Brenntür wirkt übrigens günstig auf die Intensität der 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 auf die Erde bezogen auf die Fläche eines Quadratmeters. Dabei handelt es sich um die sogenannte Solarkonstante. Gut 1000 Watt pro Quadratmeter kommen an einem strahlenden Sonnentag bei uns an und erwärmen unsere thermischen Solaranlagen. Luftteilchen auf dem Weg zwischen Sonne und Erde wären da schon eher hinderlich, würden sie doch Teile der Strahlung aufnehmen, oder technisch ausgedrückt absorbieren. Glücklicherweise befinden sich diese Luftteilchen nur in unserer Erdatmosphäre und bremsen erst hier den Energiefluss von der Sonne.

KONVEKTION

Nach dem kurzen und glimpflich verlaufenen Zwischenfall und dem Abschalten des Brenners öffnet der Monteur die Brenntür. 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 das Dach nach draußen. 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 erhitzt. Die Gasteilchen im Brennraum sind wegen ihrer



DICTIONARY

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

Ein Stahlkocher trägt zum Schutz vor der Strahlungswärme seine futuristisch anmutende, reflektierende Schutzkleidung



Bild: Nenadpress/Stock / thinkstock



Bild: Armanflex

Dämmung von Anlagentechnik schützt vor Kälte und Wärme

die Wärme nicht oder nur sehr schwer leiten. Zwischen der Innen und Außenhülle könnte man dann noch ein Vakuum ziehen, um die Konvektion komplett auszuschalten.

Und vom Trend her sind diese Ansätze auch korrekt. In der Praxis sieht es aber anders aus. Auf Stelzen wird zumindest in unseren Breiten selten gebaut. Und leider findet man keinen Stoff, der sich nicht durch thermische Energie zum Schwingen anregen lässt. Wirtschaftlich verfügbar ist beispielsweise das altbekannte Polystyrol oder Polyurethan sowie Mineralwolle. Diese Stoffe leiten Wärme über tausendmal schlechter als beispielsweise Stahl. Sie werden daher zur Dämmung von Häusern eingesetzt. Das Vakuum zur Verhinderung von Konvektion in einer Außenwand dürfte sehr schwierig realisierbar sein. In Thermosflaschen wird es aber im kleinen Maßstab umgesetzt.

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, so entschlüsselt dies ein wichtiges Teilgebiet im Umgang mit Energie. Nutzen Sie die Kenntnisse, um Ihre Arbeiten zu verbessern oder ganz einfach um Ihr Umfeld energetisch zu optimieren. Übrigens ist das Phänomen der Wärmeübertragung sinngemäß anwendbar zur Kälteübertragung. Natürlich braucht man keinen Schalter umzulegen, um einer Thermosflasche beizubringen, dass sie Heißes heiß halten soll oder Kühles kühl. ■

Erwärmung enorm ausgedehnt und damit leichter als die Luft im Heizraum. Die heißen und daher leichten Abgase im Kesselraum werden deshalb durch die kalten, schweren Luftteilchen im Heizraum zum Schornstein hinausgedrückt. Diesen Vorgang nennt man Konvektion. Es handelt sich insbesondere um natürliche Konvektion, da diese Art durch die natürlichen Eigenschaften der beteiligten Gase hervorgerufen wird. Treibt man diesen Prozess mit Pumpen oder Ventilatoren an, so spricht man von der erzwungenen Konvektion. Unterflurkonvektoren mit Gebläseunterstützung sind ein klassisches Beispiel für die Nutzung erzwungener Konvektion. Konvektion kann nur in Flüssigkeiten oder Gasen entstehen.

VERHINDERN VON WÄRMEÜBERTRAGUNG

Gefahr erkannt, Gefahr gebannt, könnte man abschließend annehmen. Wenn also Wärmeübertragung beispielsweise für ein beheiztes Wohnhaus im Winter verhindert werden soll, so bräuchte man ja nur die entsprechend bekannten Phänomene zu unterbinden und man hätte das Nullenergie-Haus. Zuerst müsste man das Haus auf dünne Stelzen bauen, um nur sehr geringe Fläche für eine Wärmeleitung an das kalte Erdreich zu bieten. Dann sollte man Stoffe einsetzen, welche



FILM ZUM THEMA



Einen gleichsam unterhaltsamen wie interessanten Beitrag als Science Slam über das Thema „Wärmeübertragung“ gibt es hier:

www.sbz-monteur.de → Das Heft → Lehrfilme zum Heft