

Prom. Nr. 2434

Die Richtungsverteilung bei der Reflexion von Wärmestrahlung und ihr Einfluß auf die Wärmeübertragung

VON DER
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN ZÜRICH
ZUR ERLANGUNG DER
WÜRDE EINES DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
GENEHMIGTE
PROMOTIONSARBEIT

VORGELEGT VON

Benjamin Münch

dipl. Masch.-Ing.

von Birwinken (Thurgau)

Referent: Herr Prof. Dr. G. Eichelberg

Korreferent: Herr Prof. Dr. W. Traupel



Zürich 1955

Dissertationsdruckerei Leemann AG

nennen. Die Abhängigkeit des Wärmeaustausches vom dimensionslosen Abstand δ bei den Beispielen Kugel und ebene Wand sowie Kreiszyylinder parallel zu ebener Wand wird vom Annäherungseffekt beherrscht.

Bringen wir die innere Kugel aus einer schwach exzentrischen in die konzentrische Lage, so wird der Wärmeübergang nur wenig beeinflusst, wenn die äußere Kugelfläche ein *Lambertscher* Reflektor ist. Ist diese dagegen ein spiegelnder Reflektor, nehmen die auf die innere Kugel zurückfallenden Reflexionen stark zu, und die ausgetauschte Strahlungsleistung geht dementsprechend zurück. Die Erscheinung, welche wir den *Fokussierungseffekt* nennen wollen, kommt zustande, weil die äußere Kugelfläche — als Hohlspiegel — die Reflexionen zusammenfaßt und in ihrem Zentrum konzentriert. Der Fokussierungseffekt ist dem Gesetz der spiegelnden Reflexion eigen und hebt diese in ihrem Verhalten von der *Lambertschen* ab.

Die Vorstellung mit den beiden Effekten gestattet eine Voraussage über den Einfluß der Reflexionen und ermöglicht eine Beurteilung, in welcher Weise die Ergebnisse nach den Gesetzen der spiegelnden und der *Lambertschen* Reflexion voneinander abweichen. Mit größeren Abweichungen ist dann zu rechnen, wenn der Fokussierungseffekt eine maßgebende Rolle spielt, das heißt — zum Beispiel im Falle des Zweiflächners —, wenn die eine Fläche gleichmäßig und konkav gekrümmt ist, also speziell bei exzentrischen Kugel- und Kreiszyylinderflächen. Bei unregelmäßig gekrümmten, aufgelockerten Flächen sind dagegen keine größeren Abweichungen zu erwarten, und man darf näherungsweise mit dem einfacheren der beiden Reflexionsgesetze, dem *Lambertschen*, allein rechnen. Dies ist der Grund, warum die Theorie der *Lambertschen* Reflexion über den bei der spiegelnden gesteckten Rahmen hinaus weiterentwickelt wurde.

Zusammenfassung

Die Strahlungseigenschaften einer technischen Oberfläche können durch ihre Emissions- und Reflexionszahlen gekennzeichnet werden. Es wird eine zur Messung des von Einfall- und Ausfallsrichtung abhängigen Reflexionskoeffizienten entwickelte Versuchsanordnung beschrieben. Eine Strahlungsquelle bestrahlt die in der Form einer Probeplatte vorgegebene auszumessende Oberfläche mit bestimmter Intensität und im gegebenen Einfallswinkel. Ein Strahlungsmeßgerät fängt die Reflexionen in einem kleinen Raumwinkelbereich in der interessierenden Reflexionsrichtung auf. Die Richtungsverteilung des Reflexionskoeffizienten ist deutlich vom Einfallswinkel abhängig. Vom reinen

Spiegel bis zum stark streuenden Reflektor sind alle Übergänge möglich. Durch Integration über alle Richtungen des Halbraumes lassen sich Absorptionszahlen gewinnen.

Zur Theorie des Wärmeüberganges durch Strahlung wird ein Beitrag geleistet: Die Berechnungen beruhen einerseits auf dem Gesetz der spiegelnden Reflexion, wonach eine im Winkel ν einfallende Strahlungsleistung mit gleichem Ausfallwinkel ν und in der Einfallsebene zurückgeworfen wird, andererseits auf demjenigen der *Lambertschen* Reflexion, wonach sich die Reflexionen nach dem *Lambertschen* Cosinusetz verteilen. Die Überlagerung der Resultate gibt die Verhältnisse mit guter Annäherung wieder, wie die Versuche für das Beispiel der exzentrischen Kugelflächen zeigen.

Literaturverzeichnis

1. *Geiger H.* und *Scheel K.*, Handbuch der Physik, Bd. 20, 21, Springer, Berlin 1928/29.
2. *Schmidt E.* und *Eckert E.*, Über die Richtungsverteilung der Wärmestrahlung von Oberflächen, *Forschung* Bd. 6, 1935, S. 175.
3. *Eckert E.*, Messung der Reflexion von Wärmestrahlen an technischen Oberflächen, *Forschung* Bd. 7, 1936, S. 265.
4. *Nusselt W.*, Graphische Bestimmung des Winkelverhältnisses bei der Wärmestrahlung, *Z. Ver. dtsh. Ing.* 72, 1928, S. 673.
5. *Schack A.*, Der industrielle Wärmeübergang, *Stahleisen*, Düsseldorf, 4. Aufl. 1953 (mit weiteren Literaturangaben).
6. *Kerkhof F.*, Vakuumthermoelemente für Strahlungsmessungen, *Archiv für techn. Messen*, R. Oldenburg, München und Berlin, Okt. 1940 (mit weiteren Literaturangaben).

Interne Berichte des Institutes für Thermodynamik und Verbrennungsmotoren an der ETH:

7. *Elser K.*, Experimentelle Untersuchung des Strahlungsaustausches zwischen exzentrischen Kugelflächen, Bericht Nr. 205, 1949.
8. *Ott H. H.*, Beitrag zur Theorie des Strahlungsaustausches zweier Flächen mit Anwendung auf den Fall exzentrischer Kugelflächen, Bericht Nr. 212, 1950.