

WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGSBERICHTE

WISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNGSBERICHTE

NATURWISSENSCHAFTLICHE REIHE

Herausgegeben von

DR. W. BRÜGEL
Ludwigshafen/Rh.

und

DR. R. JÄGER
Bad Homburg v. d. H.

Band 65

TEMPERATURSTRAHLUNG



VERLAG VON DR. DIETRICH STEINKOPFF
DARMSTADT 1956

TEMPERATURSTRAHLUNG

Von

DR. WERNER PEPPERHOFF

Mannesmann-Forschungsinstitut · Duisburg-Huckingen

Mit 166 Abbildungen
in 221 Einzeldarstellungen und 26 Tabellen



VERLAG VON DR. DIETRICH STEINKOPFF
DARMSTADT 1956

ISBN 978-3-642-88381-1 ISBN 978-3-642-88380-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-88380-4

Alle Rechte vorbehalten

Kein Teil dieses Buches darf in irgendeiner Form (durch Photokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Verlages reproduziert werden.

Copyright 1956 by Dr. Dietrich Steinkopff, Darmstadt
Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1956

Zweck und Ziel der Sammlung

Als RAPHAEL EDUARD LIESEGANG am 13. November 1947 starb, lagen 57 Bände der Sammlung vor, die er gegründet und mehr als ein Vierteljahrhundert lang herausgegeben hatte.

Brücken zu schlagen zwischen den einzelnen Teilgebieten von Naturwissenschaft und Medizin, ist das Ziel der „Wissenschaftlichen Forschungsberichte“. Schon unter LIESEGANGS Herausgeberschaft wandelten und erweiterten sich Charakter und Absichten der Sammlung. Die ersten Bände erfaßten in Form kritischer Sammelreferate die Literatur einzelner Disziplinen aus der Zeit des ersten Weltkriegs. Später folgten monographische Darstellungen junger, inzwischen selbständig gewordener Zweige der Wissenschaft und neuer Methoden, die auf vielen Teilgebieten naturwissenschaftlicher Forschung allgemeine Bedeutung erlangt hatten.

Verlag und Herausgeber bemühen sich, die „Wissenschaftlichen Forschungsberichte“ im Geiste LIESEGANGS weiterzuführen, und sie sind überzeugt, daß der Sinn dieser Tradition gerade darin besteht, die Sammlung so lebendig und wandlungsfähig zu erhalten, daß sie die Forderungen des Tages zu erfüllen vermag.

Physikalische Meßmethoden werden heute auf vielen weit auseinanderliegenden Teilgebieten der Naturwissenschaft, der Medizin und der Biologie angewandt. Wo gemessen wird, da ist Physik. Die Brücken, die die Einzeldisziplinen verbinden, sind heute zu einem guten Teil die allgemein angewandten physikalischen Methoden. Sie sollen in künftigen Bänden unserer Sammlung so dargestellt werden, daß der Physiker findet, was er braucht, also theoretische Grundlagen, Kenntnis der apparativen Hilfsmittel und eine Übersicht über die wichtigste Literatur. Der Nicht-Physiker soll aber so viel über die Grundlagen, Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen finden, daß er die Meßergebnisse der Physiker interpretieren und für seine Wissenschaft verwenden kann.

April 1956.

Die Herausgeber:

WERNER BRÜGEL
Ludwigshafen/Rhein

ROLF JÄGER
Institut für Kolloidforschung
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
Frankfurt a. M.
Bad Homburg v. d. H.

Vorwort

In dem vorliegenden Buch werden im wesentlichen die Zusammenhänge zwischen Energie, Temperatur und Wellenlänge der Strahlung behandelt. Aufbauend auf den festen Grundlagen der Thermodynamik führen die Gesetze der Temperaturstrahlung (I. Teil) im Verein mit den Kenntnissen der Strahlungseigenschaften der Materie (II. Teil) zu zahlreichen wichtigen wissenschaftlichen und technischen Anwendungsmöglichkeiten, wie etwa die optische Pyrometrie und die Wärmeübertragung durch Strahlung, die im III. Teil mitgeteilt werden. Umgekehrt erlauben Untersuchungen über das optische Verhalten der Materie weitgehende Rückschlüsse auf deren atomistische und molekulare Konstitution. Die Theorie, die den strukturellen Aufbau der Materie mit der Entstehung der optischen Spektren verknüpft, wird jedoch nur so weit behandelt, wie es dem Verfasser zum notwendigen Verständnis des optischen Verhaltens der Materie erforderlich erschien. Dabei soll die Theorie lediglich einen Rahmen bilden, in den sich die bunte Vielfalt der Erscheinungen einordnen läßt.

Das Buch wendet sich in erster Linie an den Praktiker, der sich umfassend über die Erkenntnisse unterrichten möchte, die die physikalische Forschung auf dem Gebiet der Temperaturstrahlung erarbeitet hat. Wenn es auch nicht möglich war, alle Fragen der Temperaturstrahlung einschließlich der experimentellen Methodik ausführlich zu behandeln, so steht doch zu hoffen, daß mit Hilfe der angeführten Schrifttumshinweise der Weg zum vertieften Studium einzelner nur kurz erwähnter Probleme zu finden sein wird.

Meinem Kollegen, Herrn Dr. phil. G. GRASS, möchte ich herzlich danken für die Durchsicht des Manuskriptes und für seine Anregungen bei der Abfassung des Abschnittes über die Metallelektronentheorie und Herrn Dr.-Ing. F. ZIRM für die mühevollen Hilfe beim Lesen der Korrekturen. Den Herausgebern und dem Verleger sei gedankt für die erfreuliche Zusammenarbeit.

Schließlich gebührt mein besonderer Dank Herrn Dr.-Ing. G. NAESER für die ständige Förderung meiner Arbeiten. Ihm möchte ich das vorliegende Buch widmen.

Duisburg, im Frühjahr 1956

WERNER PEPPERHOFF

Inhaltsverzeichnis

<i>Zweck und Ziel der Sammlung</i>	V
<i>Vorwort</i>	VII
Einleitung	1
I. Teil: Gesetze der Temperaturstrahlung	5
1. <i>Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz</i>	5
2. <i>Die Verwirklichung des schwarzen Körpers</i>	7
3. <i>Die Gesetze der Hohlraumstrahlung</i>	11
a) Das LAMBERTSche Cosinusgesetz	12
b) Das PLANCKSche Strahlungsgesetz	13
c) Das WIENSche und RAYLEIGH-JEANSsche Strahlungsgesetz ..	13
d) Das WIENSche Verschiebungsgesetz	16
e) Das STEFAN-BOLTZMANNsche Gesetz	17
f) Die Strahlungskonstanten	17
II. Teil: Die Strahlungseigenschaften der Materie	19
1. <i>Wechselwirkung der Strahlung mit der Materie</i>	19
2. <i>Strahlung der Gase</i>	22
a) Allgemeines	22
b) Einatomige Gase	24
c) Bandenspektren der Molekülgase	29
α) Ultraviolette und sichtbare Spektren	31
β) Ultrarote Spektren	33
d) Gesamtstrahlung der Gase	41
3. <i>Metalloptik</i>	50
a) Optische Eigenschaften der Metalle im langwelligen Ultrarot	51
b) Elektronengasttheorie der Metalle	55
α) Näherung für kleine Wellenlängen (nahes Ultrarot, Sicht-	
bares und Ultraviolett)	57
β) Weitere Näherungen der DRUDESchen Theorie	58
c) Das Bändermodell der Metallelektronen	60
d) Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit	65
e) Temperaturabhängigkeit des optischen Verhaltens	67

f) Gesamtstrahlung der Metalle	76
g) Flüssige Metalle	81
h) Legierungen	82
i) Dünne Metallschichten	86
k) Oxydierte Metalle	91
4. <i>Optik der Festkörper</i>	102
a) Elemente	102
b) Ionenkristalle	103
c) Oxyde	108
d) Gläser	117
e) Werk- und Baustoffe	120
α) Feuerfeste Stoffe	121
β) Heizleiter	126
5. <i>Strahlung disperser Systeme</i>	130
a) Theorien der Optik disperser Systeme	130
b) Optische Eigenschaften disperser Systeme	134
α) Systeme mit gasförmigen Dispersionsmitteln	135
β) Kolloider Kohlenstoff	135
γ) Kondensierter Wasserdampf	144
δ) Systeme mit flüssigen und festen Dispersionsmitteln	146
III. Teil: Anwendungen der Strahlungslehre	149
1. <i>Strahlungsmessungen</i>	149
a) Die Strahlungsempfänger	149
α) Thermische Empfänger	150
β) Photoelektrische Empfänger	155
γ) Photographische Verfahren	159
b) Strahlungsmessungen an schwarzen Körpern	163
c) Energetische Strahlungsmessungen an nichtschwarzen Körpern	165
d) Photometrische Messungen	168
2. <i>Optische Pyrometrie</i>	174
a) Allgemeine Bemerkungen	174
b) Gesamtstrahlungs-pyrometrie	176
c) Teilstrahlungs-pyrometrie	181
α) Photometrische Teilstrahlungs-pyrometer	182
β) Energetische Teilstrahlungs-pyrometer	188
d) Farbpyrometrie	191
e) Die wahre Temperatur	201

f) Strahlungsanalyse	204
g) Optische Temperaturmessungen an durchsichtigen Medien...	208
α) Gas- und Flammen-Temperaturmessungen	208
β) Optische Temperaturmessungen am Lichtbogen	218
γ) Optische Temperaturmessungen an Gläsern	221
3. Die Wärmeübertragung durch Strahlung.	223
a) Allgemeine Gesetzmäßigkeiten	223
b) Die Strahlung von Flammen	231
c) Der Energietransport durch Strahlung in lichtdurchlässigen Medien	243
α) Die Eindringtiefe räumlich diffuser Strahlung in Glas ...	246
β) Der Strahlungsstrom im Glas	250
γ) Strahlungsbeitrag an der Wärmeleitung in porösen Stoffen	254
d) Strahlungsschutz	257
Anhang	
Tabellierte Werte der PLANCKSchen Funktion	264
Literatur	270
Sachverzeichnis	276