

**VORLESUNGEN UBER
DIE THEORIE DER
WARMESTRAHLUNG**

Published @ 2017 Trieste Publishing Pty Ltd

ISBN 9780649090334

Vorlesungen uber die theorie der warmestrahlung by Max Planck

Except for use in any review, the reproduction or utilisation of this work in whole or in part in any form by any electronic, mechanical or other means, now known or hereafter invented, including xerography, photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, is forbidden without the permission of the publisher, Trieste Publishing Pty Ltd, PO Box 1576 Collingwood, Victoria 3066 Australia.

All rights reserved.

Edited by Trieste Publishing Pty Ltd.
Cover @ 2017

This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade or otherwise, be lent, re-sold, hired out, or otherwise circulated without the publisher's prior consent in any form or binding or cover other than that in which it is published and without a similar condition including this condition being imposed on the subsequent purchaser.

www.triestepublishing.com

MAX PLANCK

**VORLESUNGEN UBER
DIE THEORIE DER
WARMESTRAHLUNG**

VORLESUNGEN
ÜBER DIE
THEORIE DER WÄRMESTRAHLUNG

VON

DR. MAX PLANCK,
PROFESSOR DER THEORETISCHEN PHYSIK
AN DER UNIVERSITÄT BERLIN

MIT 6 ABBILDUNGEN



LEIPZIG, 1906
VERLAG VON JOHANN AMBROSIIUS BARTH

6143.
LIBRARY

QC 331.
P53
MATH/
STAT

Vorwort.

In dem vorliegenden Buche ist der Hauptinhalt der Vorlesungen wiedergegeben, welche ich im Wintersemester 1905/6 an der Berliner Universität gehalten habe. Ursprünglich war es nur meine Absicht gewesen, die Ergebnisse meiner eigenen, vor zehn Jahren begonnenen Untersuchungen über die Theorie der Wärmestrahlung in eine zusammenhängende Darstellung zu vereinigen; doch bald zeigte es sich als wünschenswert, auch die Grundlagen dieser Theorie, von den KIRCHHOFFSchen Sätzen über das Emissions- und Absorptionsvermögen angefangen, mit in die Behandlung hineinzuziehen, und so machte ich den Versuch, ein Lehrbuch zu schreiben, welches zugleich auch zur Einführung in das Studium der gesamten Theorie der strahlenden Wärme auf einheitlicher thermodynamischer Grundlage zu dienen geeignet ist. Dementsprechend nimmt die Darstellung ihren Ausgang von den einfachen bekannten Erfahrungssätzen der Optik, um durch allmähliche Erweiterung und Hinzuziehung der Ergebnisse der Elektrodynamik und der Thermodynamik zu den Problemen der spektralen Energieverteilung und der Irreversibilität vorzudringen. Hierbei bin ich öfters, wo es mir sachliche oder didaktische Gründe nahelegten, von der sonst üblichen Art der Betrachtung abgewichen, so insbesondere bei der Ableitung der KIRCHHOFFSchen Sätze, der Berechnung des MAXWELLSchen Strahlungsdrucks, der Ableitung des WIENSchen Verschiebungsgesetzes und seiner Verallgemeinerung auf Strahlungen von beliebiger spektraler Energieverteilung. Die Resultate meiner eigenen Untersuchungen habe ich überall an den entsprechenden Stellen mit in die Darstellung hineingearbeitet. Ein Verzeichnis derselben findet sich zur bequemeren

Vergleichung und Kontrollierung näherer Einzelheiten am Schluß des Buches zusammengestellt.

Es liegt mir aber daran, auch an dieser Stelle noch besonders hervorzuheben, was sich im letzten Paragraphen des Buches näher ausgeführt findet, daß die hier entwickelte Theorie keineswegs den Anspruch erhebt, als vollkommen abgeschlossen zu gelten, wenn sie auch, wie ich glaube, einen gangbaren Weg eröffnet, um die Vorgänge der Energiestrahlung von dem nämlichen Gesichtspunkt aus zu überblicken wie die der Molekularbewegungen.

München, Ostern 1906.

Der Verfasser.

Inhalt.

	Seite
Erster Abschnitt. Grundtatsachen und Definitionen	1
Erstes Kapitel. Allgemeines	1
Zweites Kapitel. Strahlung beim thermodynamischen Gleichgewicht. KIRCHHOFFSches Gesetz. Schwarze Strahlung.	23
Zweiter Abschnitt. Folgerungen aus der Elektrodynamik und der Thermodynamik	49
Erstes Kapitel. MAXWELLScher Strahlungsdruck	49
Zweites Kapitel. STEFAN-BOLTZMANNsches Strahlungsgesetz	58
Drittes Kapitel. WIENSches Verschiebungsgesetz	68
Viertes Kapitel. Strahlung von beliebiger spektraler Energieverteilung. Entropie und Temperatur monochromatischer Strahlung	86
Dritter Abschnitt. Emission und Absorption elektromagnetischer Wellen durch einen linearen Oszillator	100
Erstes Kapitel. Einleitung. Schwingungsgleichung eines linearen Oszillators	100
Zweites Kapitel. Ein Resonator unter der Einwirkung einer ebenen periodischen Welle	114
Drittes Kapitel. Ein Resonator unter der Einwirkung stationärer Wärmestrahlung. Entropie und Temperatur des Resonators	117
Vierter Abschnitt. Entropie und Wahrscheinlichkeit	129
Erstes Kapitel. Einleitung. Grundlegende Sätze und Definitionen	129
Zweites Kapitel. Entropie eines idealen einatomigen Gases	140
Drittes Kapitel. Berechnung der Strahlungsentropie und Folgerungen daraus. Energieverteilungsgesetz. Elementarquanten	148

Fünfter Abschnitt. Irreversible Strahlungsvorgänge	180
Erstes Kapitel. Einleitung. Direkte Umkehrung eines Strahlungsvorgangs	180
Zweites Kapitel. Ein Oszillator in beliebigem Strahlungsfelde. Hypothese der natürlichen Strahlung	187
Drittes Kapitel. Erhaltung der Energie und Vermehrung der Entropie	203
Viertes Kapitel. Anwendung auf einen speziellen Fall. Schluß	214
Verzeichnis der Schriften des Verfassers über Wärmestrahlung . .	221

Erster Abschnitt.

Grundtatsachen und Definitionen.

Erstes Kapitel. Allgemeines.

§ 1. Wärme kann sich in einem ruhenden Medium auf zwei gänzlich verschiedene Arten fortpflanzen: durch Leitung und durch Strahlung. Die Wärmeleitung ist bedingt durch die Temperatur des Mediums, in welchem sie stattfindet, speziell durch die Ungleichmäßigkeit der räumlichen Temperaturverteilung, welche gemessen wird durch die Größe des Temperaturgefälles oder Temperaturgradienten. In Gebieten, wo die Temperatur des Mediums sich nicht mit dem Orte ändert, verschwindet jede Spur von Wärmeleitung.

Die Wärmestrahlung dagegen ist an sich gänzlich unabhängig von der Temperatur des Mediums, durch welches sie hindurchgeht. So kann man durch eine Sammellinse von Eis hindurch, die sich auf der konstanten Temperatur von 0° C. befindet, Sonnenstrahlen in einen Brennpunkt konzentrieren und zur Entzündung eines leicht brennbaren Körpers benutzen. Im allgemeinen ist die Wärmestrahlung ein viel komplizierterer Vorgang als die Wärmeleitung, weil der Strahlungszustand in einem bestimmten Augenblicke an einer bestimmten Stelle des Mediums sich nicht, wie der Wärmeleitungsstrom, durch einen einzigen Vektor, d. h. durch eine einzige gerichtete Größe, charakterisieren läßt. Vielmehr sind die Wärmestrahlen, welche in einem bestimmten Augenblicke das Medium an einem bestimmten Punkte durchkreuzen, von vornherein gänzlich unabhängig voneinander, und man darf den Strahlungszustand nicht eher als vollkommen bekannt ansehen, als bis die Intensität der Strahlung nach jeder einzelnen der unendlich vielen von einem Punkte ausgehenden