

VORLESUNGEN  
ÜBER  
**THEORETISCHE OPTIK**

GEHALTEN AN DER UNIVERSITÄT ZU KÖNIGSBERG

VON

**DR. F. NEUMANN,**  
PROFESSOR DER PHYSIK UND MINERALOGIE.

---

HERAUSGEGEBEN VON

**DR. E. DORN,**  
PROFESSOR DER PHYSIK AN DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU DARMSTADT.

---

MIT FIGUREN IM TEXT.



Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH  
1885

ISBN 978-3-663-15204-0

ISBN 978-3-663-15767-0 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-663-15767-0

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1885

## Vorwort.

---

Die Neumann'schen Vorlesungen, deren Vorzüge Herr Prof. Pape in der Vorrede zur „Einleitung in die theoretische Physik“ mit warmen Worten hervorgehoben hat, verdanken einen grossen Theil ihrer Anziehungskraft und anregenden Wirkung auf die Zuhörer dem Umstande, dass Neumann an der Entwicklung der vorgetragenen Disciplinen vielfach selbst einen bedeutenden Antheil hatte. Auf keinem Gebiete — etwa die Gesetze der inducirten Ströme ausgenommen — haben die Neumann'schen Arbeiten einen so tief greifenden Einfluss ausgeübt, wie auf dem der theoretischen Optik, und so nahmen denn auch unter Neumanns Vorlesungen diejenigen über Optik eine hervorragende Stelle ein, was sich schon äusserlich durch den relativ bedeutenden Umfang zu erkennen gab, in dem Neumann dieselben zu halten pflegte.

Der gegenwärtigen Herausgabe liegen hauptsächlich zwei Vorlesungen aus dem Sommersemester 1866 und dem Wintersemester 1866/67 zu Grunde, die ich gehört und ausgearbeitet habe; eine willkommene Ergänzung boten die im Winter 1866/67 und im Sommer 1867 behandelten Themata des physikalischen Seminars, zu dessen Mitgliedern ich damals zählte.

Die Sommervorlesung schloss ab mit der Doppelbrechung in einaxigen Medien, die (kleinere) Wintervorlesung beschäftigte sich mit den optisch zweiaxigen Krystallen. Den Inhalt des ersten Seminars bildete die Untersuchung der reflectirten und eindringenden Lichtmenge für einaxige Media und die Brechung durch ein Prisma aus einem zweiaxigen Krystall, die Aufgaben des zweiten Seminars bezogen sich auf die Erscheinungen des Bergkrystalls.

Wie hieraus hervorgeht, ergab sich die Einordnung der in den Seminarien behandelten Gegenstände in die Vorlesungen von selbst.

Neumann legt in den Vorlesungen nicht die Gleichungen der Elasticitätstheorie zu Grunde, sondern setzt gewisse Resultate der-

selben voraus, von denen aus dann weiter operirt wird. Insbesondere wird bei den einaxigen Krystallen die von Huyghens gegebene Form der Wellenfläche, bei den zweiaxigen die Fresnel'sche Construction für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenebene als bekannt angenommen.

Auf den Inhalt der Vorlesungen näher einzugehen, dürfte im Hinblick auf das Inhaltsverzeichniss wohl überflüssig sein.

Einschneidende Aenderungen im Texte der Vorlesungen habe ich nicht vorgenommen. Ich will nur erwähnen, dass ich der Theorie der Fresnel'schen Diffractionserscheinungen die Sätze über die dort vorkommenden Integrale in kurzer Zusammenfassung vorausgeschickt habe und bei der Behandlung eines schmalen undurchsichtigen Schirmes zu einigen Abweichungen genöthigt war.

Ferner habe ich die Theorie der Combination eines rechts drehenden Quarzes mit einem gleich dicken links drehenden nach der Originalabhandlung von Airy hinzugefügt.

Die Grundlage der Theorie der Diffractionserscheinungen habe ich im Texte so gelassen, wie Neumann sie — wesentlich im Anschluss an Fresnel — vorgetragen hat. Nach den Ausführungen von W. Voigt steht aber die Unrichtigkeit der Fresnel'schen Auffassung ausser Zweifel; ich habe daher in einem Nachtrage (2) die Theorie der Beugungerscheinungen nach Voigt reproducirt.

Ich war anfänglich geneigt, die Newton'sche Farbentafel und die darauf gegründete Berechnung der Mischfarben zu unterdrücken, da nach neueren Untersuchungen eine wesentliche Modification erforderlich ist. Indessen ist eine angenähert gültige Regel für die Berechnung der Mischfarben immer besser als gar keine, und so habe ich mich darauf beschränkt, in einem Nachtrage (1) anzugeben, wo der Fehler der Newton'schen Farbentafel liegt.

Die hauptsächliche Veranlassung für den dritten Nachtrag war der Nachweis des wichtigen Satzes der optischen Aequivalenz der verschiedenen Wege zwischen conjugirten Brennpunkten.

Die Nachträge 4, 5, 7 (Anwendung der prismatischen Zerlegung des Lichtes auf Interferenzerscheinungen, Interferentialrefractoren, Jamins Compensator, Babinets Compensator) geben die Theorie einiger Instrumente und Beobachtungsmethoden, deren Wichtigkeit für die theoretische Optik wohl gross genug ist, um ihre Aufnahme zu rechtfertigen.

Neumann hat in der von mir gehörten Vorlesung die Metallreflexion nur sehr kurz behandelt. Der Nachtrag (8) versucht diese

Lücke, wesentlich unter Benutzung von Neumann's eigener Arbeit über diesen Gegenstand, auszufüllen.

Die „Farben dicker Platten“ (Newton'sche Staubringe) haben in neuester Zeit wieder erhöhte Beachtung gefunden, sodass ich glaube, dass manchem Leser die Grundlage einer Theorie derselben nach Stokes (Nachtrag 6) willkommen sein wird.

Die Literaturnachweise, welche den Anspruch auf Vollständigkeit nicht erheben, haben theils die Bedeutung von Quellenangaben, theils sollen sie den Leser in Stand setzen, sich erforderlichen Falls weitere Information über die behandelten Gegenstände zu verschaffen.

**Der Herausgeber.**

## Inhaltsangabe.

	Seite
<b>Vorlesung I</b> . . . . .	1—10
Historische Einleitung. Hypothesen und Principien der Undulationstheorie. Undulations- und Emanationstheorie. Huyghens. Newton 1. — Wollaston. Thomas Young. Malus. Fresnel 2. — Arago. Biot. Brewster. Fraunhofer. F. E. Neumann 3. — Literatur 4. — Methode dieser Vorlesung 4. — Hypothesen der Undulationstheorie: Lichtäther 5. — Farbe. Intensität 6. — Benutzte Principien der Mechanik: Gleichförmige Fortpflanzung eines Impulses 6. — Erhaltung der lebendigen Kraft 7. — Gesetz für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 9. — Coëxistenz kleiner Bewegungen 9.	
<b>Vorlesung II</b> . . . . .	10—26
Analytische Behandlung der Lichtstrahlen. Bewegung eines leuchtenden Theilchens 10. — Die von einem leuchtenden Theilchen erregte Bewegung des Aethers 11. — Gleichungen des Lichtstrahles 12. — Lichtintensität proportional dem Quadrat der Amplitude 13. — Fall, dass der Lichtstrahl zwei verschiedene Medien durchläuft 14. — Zusammensetzung und Zerlegung von Strahlen: Vereinigung zweier Strahlen mit gleicher Schwingungsrichtung zu einem resultirenden Strahl 14. — Zerlegung eines Strahles in zwei andere mit gegebenem Ursprung 17. — Vereinigung beliebig vieler Strahlen mit gleichgerichteter Bewegung 18. — Die Schwingungsrichtungen zweier Strahlen sind senkrecht auf einander. Elliptisch polarisirtes Licht 19. — Circular polarisirtes Licht. Rechts und links circular polarisirte Strahlen 20. — Bedingung für die Zusammensetzung zweier circular polarisirter Strahlen zu einem geradlinig polarisirten 22. — Zerlegung eines geradlinig polarisirten Strahles in zwei circulare 23. — Die allgemeinste Bewegungsform eines Aethertheilchens ist die elliptische 25.	
<b>Vorlesung III</b> . . . . .	26—45
Interferenzerscheinungen. Farben dünner Blättchen. Newton's Farbenringe 27. — Reihenfolge der Farben 27. — Gesetze der Dicken 27. — Schief einfallendes Licht 28. — Ringe für durchgehendes Licht 28. — Ringe für andere Substanzen 29. — Erscheinungen für homogenes Licht 29. — Erklärung der Farben im weissen Licht 29. — Angenäherte Theorie für senkrecht einfallendes Licht 30. — Theorie für schief einfallendes Licht mit Berücksichtigung der wiederholten Reflexionen 33. — Newton's Regel für die Farbenzusammensetzung 36. — Th. Young's Interferenzversuch 39. — Fresnel'sche Lupe 40. — Arago's Modification von Young's Versuch 42. — Fizeau's Versuch über Fortführung des Aethers durch bewegte Materie 44. — Fresnel's Spiegelversuch 44.	
<b>Vorlesung IV</b> . . . . .	45—60
Diffractionserscheinungen. Allgemeines. Allgemeiner Charakter der Diffractionserscheinungen 45. — Erscheinung für einen schmalen undurchsichtigen Schirm 46. — Theorie von Th. Young und Widerlegung derselben 46. — Fresnel's Diffractionstheorie: Huyghens'sches Princip 47. — Fresnel's Modification desselben. Huyghens'sche Zonen 48. — Folgerungen von Poisson für einen kreisrunden Schirm und eine runde Oeffnung 51. — Analytische Behandlung des letzteren Falles für Punkte der Centrale 52. — Allgemeine Formel für die Fresnel'schen oder mikroskopischen Diffractionserscheinungen 54. — Allgemeine Formel für die Fraunhofer'schen Diffractionserscheinungen 56.	

	Seite
<b>Vorlesung V</b> . . . . .	60—76
Die Fresnel'schen Beugungserscheinungen. Die Integrale $\int \cos u^2 du$ und $\int \sin u^2 du$ 60. — Entwicklung nach steigenden Potenzen 61. — Cauchy's Entwicklung nach fallenden Potenzen 62. — Einseitig unbegrenzter Schirm mit geradem Rande 64. — Frangen ausserhalb des geometrischen Schattens 67. — Lichtintensität an der Grenze des geometrischen Schattens 69. — Continuirliche Lichtabnahme innerhalb des geometrischen Schattens 70. — Beugung durch einen schmalen Schirm 71.	
<b>Vorlesung VI</b> . . . . .	76—90
Die Fraunhofer'schen Beugungserscheinungen. Rechteckige Oeffnung: Beschreibung der Erscheinung 76. — Theorie derselben 77. — Beschreibung der Erscheinung für eine dreieckige Oeffnung 80. — Theorie für eine kreisförmige Oeffnung 83. — Anwendung auf das menschliche Auge 90.	
<b>Vorlesung VII</b> . . . . .	90—112
Beugungsgitter. Gesetze der geometrischen Optik in ihrer Beziehung zum Huyghens'schen Princip und den Beugungserscheinungen. Formel für mehrere gleiche ähnlich gelegene Oeffnungen 91. — Die Oeffnungen sind in einer Reihe in gleichen Abständen angeordnet 92. — Mehrere Reihen von Oeffnungen 93. — Anfertigung von Beugungsgittern 94. — Discussion der Formel für eine einfache Reihe 94. — Zwei Quadrate, deren Diagonalen in eine Gerade fallen 97. — Zwei Kreise 97. — Eine der Oeffnungen ist mit einem durchsichtigen Blättchen bedeckt 97. — Vier Spalte, deren Breite gleich ist derjenigen der dunklen Zwischenräume 99. — Gitter mit sehr vielen Oeffnungen 100. — Beugungsspectra 100. — Bestimmung der Wellenlänge 101. — Fall, dass die Gitterbreite kleiner ist als die Wellenlänge 102. — Herleitung des Brechungsgesetzes aus den Beugungsformeln 102. — Höfe um Sonne und Mond. Babinet's Princip 104. — Herleitung des Reflexions- und Brechungsgesetzes nach Huyghens 106. Modification von Fresnel 107. — Anwendung auf krystallinische Media 108. — Fermat's Princip 109. — Eine allgemeine Relation für die Doppelbrechung 110.	
<b>Vorlesung VIII</b> . . . . .	112—130
Die Polarisation des Lichtes. Erscheinungen bei Kalkspath 113. — Gesetz von Malus für die Intensität des ordentlichen und ausserordentlichen Strahles 115. — Polarisation durch Reflexion 116. — Brewster's Gesetz 117. — Erscheinungen der Reflexion an Krystallflächen 118. — Reflexion des polarisirten Lichtes 119. — Eindringendes Licht 119. — Glassäule 120. — Polarisationsapparate: Nicol'sches Prisma 120. — Turmalinplatte 121. — Erscheinungen der Metallreflexion. Elliptische Polarisation 122. — Gesetze von Fresnel und Arago über die Interferenz des polarisirten Lichtes 123. — Die Lichtschwingungen sind transversal 126. — Vorstellung über natürliches Licht 127. — Act der Polarisation 127. — Eingehendere analytische Behandlung der Fresnel-Arago'schen Gesetze 128. —	
<b>Vorlesung IX</b> . . . . .	130—160
Problem der Reflexion und Refraction. Schwierigkeiten des Problems in der Elasticitätstheorie 131. — Behandlung nach Neumann 132. — Schwingungen in der Einfallsebene 135. — Formeln für die reflectirte und gebrochene Intensität 136. — Nach Neumann erfolgen die Schwingungen in der Polarisationssebene 137. — Theorie von Fresnel 138. — Anwendungen: Reflectirte Lichtmenge für senkrechte Incidenz 140. — Drehung der Polarisationssebene durch Reflexion und Brechung 140. — Empirischer Nachweis der Formeln für die reflectirte und eindringende Intensität 141. — Das einfallende Licht ist natürliches 142. — Gesetz von Arago aus der Theorie abgeleitet 143. — Wiederholte Reflexion 144. — Durchgang durch ein Prisma 145. —	

	Seite
Planparallele Platten 145. — Theorie der Glassäule 147. — Wild's Polarimeter 150. — Polarisation des blauen Himmelslichtes 151. — Wild's Photometer 152. — Totale Reflexion: Experimentelle That-sachen 153. — Theorie von Fresnel 156.	
<b>Vorlesung X</b> . . . . .	160—180
Doppelbrechung in optisch einaxigen Krystallen. Form der Wellenfläche 160. — Strahl und Wellennormale 161. — Geometrische Constructionen für Eintritt, Austritt und innere Reflexion 162. — Analytische Behandlung 165. — Natürliches Kalkspathbruchstück 167. — Brechung 168. — Prisma aus einem einaxigen Krystall 170. — Innere Reflexion 172. — Problem der Reflexion und Refraction für optisch einaxige Krystalle 173. — Definition des Polarisationswinkels für Krystalle 179.	
<b>Vorlesung XI</b> . . . . .	180—215
Doppelbrechung in optisch zweiaxigen Krystallen. Wellenfläche 180. — Fresnel's Construction der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenebene mit Hülfe des Ovaloides 181. — Analytische Darstellung 182. — Bestimmung der Wellennormale durch die Winkel, welche sie mit den optischen Axen einschliesst 185. — Ableitung der Wellenfläche 186. — Fresnel's Construction der Wellenfläche 189. — Strahlenaxen 190. — Schnitte der Wellenfläche mit den Coordinatenebenen 190. — Beziehung der Wellenfläche zur Krystallform 191. — Bestimmung des Strahles zu einer gegebenen Wellennormale 191. — Eintritt in ein zweiaxiges Medium 196. — Innere konische Refraction 198. — Aufsuchung der Wellennormale zu einem gegebenen Strahl 203. — Aeussere konische Refraction 208. — Prisma aus einem zweiaxigen Krystall 211.	
<b>Vorlesung XII</b> . . . . .	215—244
Farbenerscheinungen krystallinischer Media. Erscheinungen für ein Gypsblättchen 215. — Theorie für senkrecht einfallendes Licht 217. — Angenäherte Behandlung einer senkrecht zur Axe geschnittenen Kalkspathplatte im convergenten Lichte 221. — Strenge Behandlung derselben Aufgabe 223. — Combination zweier Platten im senkrecht einfallenden Licht 226. — Beispiel: eine Kalkspathplatte senkrecht zur Axe und ein Gypsblättchen 229. — Zweiaxige Krystallplatte im convergenten Licht 230. — Lemniscaten, von Hyperbeln durchschnitten 237. — Kreise mit einer dunkeln Geraden 242.	
<b>Vorlesung XIII</b> . . . . .	244—266
Erscheinungen, welche senkrecht zur Axe geschnittene Quarzplatten zeigen. Beschreibung der Erscheinungen 244. — Doppelbrechung in der Richtung der Axe 247. — Die Strahlen parallel der Axe sind circular polarisirt 249. — Theorie für die Drehung der Polarisationssebene 249. — Unterschied von der elektromagnetischen Drehung der Polarisationssebene 251. — Airy's Theorie der Erscheinungen im convergenten Licht 251. — Hypothesen 251. — Das einfallende Licht ist geradlinig polarisirt 251. — Dasselbe ist circular polarisirt 260. — Combination einer rechten und linken Platte 263.	
<b>Nachträge. (Vom Herausgeber.)</b>	
1. Zur Farbenmischung . . . . .	267—268
2. Zur Theorie der Diffractionserscheinungen . . . . .	268—278
3. Zum Fermat'schen Princip . . . . .	278—280
4. Anwendung der prismatischen Zerlegung des Lichtes auf Interferenzerscheinungen . . . . .	281—283
5. Interferentialrefractoren. Jamin's Compensator . . . . .	283—289
6. Farben dicker Platten (Interferenz des gebeugten Lichtes) . . . . .	290—299
7. Babinet's Compensator . . . . .	299—301
8. Metallreflexion . . . . .	301—310