

# Inhalt

- 1. Was geschieht mit Lichtstrahlen an der Grenze zweier Medien? 7**
  - 1.1. Ein Ring auf dem Boden eines Gefäßes mit Wasser 7
  - 1.2. Die Versuche von Ptolemäus 9
  - 1.3. Formulierung des Brechungsgesetzes durch Snellius 10
  - 1.4. Erklärung des Brechungsgesetzes durch Descartes; der Fehler von Descartes 11
  - 1.5. Das Huygenssche Prinzip 13
  - 1.6. Das Huygenssche Prinzip und das Brechungsgesetz 14
  - 1.7. Das Fermatsche Prinzip (Prinzip der kürzesten Ankunftszeit) 17
  - 1.8. Herleitung des Brechungsgesetzes aus dem Fermatschen Prinzip 18
  - 1.9. Anwendung des Fermatschen Prinzips 20
  - 1.10. Innere Totalreflexion des Lichtes; Reflexionsgrenzwinkel 23
  - 1.11. Graphische Methode der Konstruktion der gebrochenen Strahlen 26
  - 1.12. Die Wawilow-Tscherenkow-Strahlung und die Gesetze der Lichtbrechung und der Lichtreflexion 27
- 2. Zu welchen optischen Täuschungen führt die Lichtbrechung in der Erdatmosphäre? 30**
  - 2.1. Die atmosphärische Lichtbrechung (Refraktion); der Brechungs- (Refraktions-) winkel 30
  - 2.2. Frühere Vorstellungen über die Refraktion in der Atmosphäre 32
  - 2.3. Die Refraktion nach Kepler 32
  - 2.4. Rekonstruktion der Newtonschen Refraktionstheorie nach seinem Briefwechsel mit Flamsteed 35
  - 2.5. Exponentialgesetz der Abnahme der Dichte der Atmosphäre mit der Höhe 37
  - 2.6. Eigentümlichkeiten bei Sonnenuntergängen; Entstehung von „blinden Streifen“ 38
  - 2.7. Das Flimmern der Sterne 43
  - 2.8. Die Krümmung des Lichtstrahls in einem optisch inhomogenen Medium 43
  - 2.9. Luftspiegelungen 45
- 3. Wie verläuft ein Lichtstrahl durch ein Prisma? 47**
  - 3.1. Brechung von Lichtstrahlen im Prisma; Ablenkungswinkel 47
  - 3.2. Symmetrischer und unsymmetrischer Strahlengang im Prisma 48
  - 3.3. Refraktometer 50
  - 3.4. Entstehung von Doppelabbildungen entfernter Gegenstände im Fensterglas 52
  - 3.5. Reflexionsprismen 54
  - 3.6. Das Lummer-Brodhun-Fotometer 56
  - 3.7. Das Reflexionsprisma anstelle des Reflexionsspiegels in Laserresonatoren 57
  - 3.8. Doppelprisma 58

#### **4. Warum zerlegt ein Prisma das Sonnenlicht in verschiedene Farben? 59**

- 4.1. Die Dispersion des Lichtes 59
- 4.2. Die ersten Versuche mit Prismen; Vorstellungen über die Ursachen der Farbentstehung vor Newton 59
- 4.3. Newtons Versuche mit Prismen; die Newtonsche Theorie der Farbentstehung 60
- 4.4. Werke von Euler; Zuordnung von verschiedenen Wellenlängen zu den Farben 68
- 4.5. Entdeckung der anomalen Lichtdispersion; Experimente von Kundt 70
- 4.6. Bemerkungen zu Reflexionsprismen 72
- 4.7. Dispersionsprismen; Winkeldispersion 74
- 4.8. Spektralgeräte: Monochromatoren und Spektrometer; Fuchs-Wadsworth-Schema 75
- 4.9. Goethe gegen Newton 78

#### **5. Wie entsteht ein Regenbogen? 80**

- 5.1. Der Regenbogen in den Augen eines aufmerksamen Beobachters 80
- 5.2. Entwicklung der physikalischen Vorstellungen über die Entstehung von Regenbogen – von Fleischer, de Dominis und Descartes bis Newton 83
- 5.3. Erklärung der Entstehung eines Regenbogens in Newtons „*Lectioes Opticae*“ 84
- 5.4. Strahlengang im Regentropfen 85
- 5.5. Der maximale Winkel zwischen dem auf den Regentropfen auftreffenden und dem aus ihm heraustretenden Strahl 87
- 5.6. Wechsel der Farben im Primär- und Sekundärregenbogen 90
- 5.7. Regenbogen auf anderen Planeten 92
- 5.8. Entstehung von Halos; Halo und Regenbogen 93

#### **6. Wie erhält man optische Abbildungen? 96**

- 6.1. Abbildung in einer Lochkamera 96
- 6.2. Abbildung im Linsensystem 97
- 6.3. Herleitung der Formel für eine dünne Linse aus dem Fermatschen Prinzip 98
- 6.4. Sphärische und chromatische Aberration 101
- 6.5. Reelle und imaginäre Abbildungen 102
- 6.6. Sammellinsen und Streulinsen 104
- 6.7. Die Linse im optisch dichten Medium 106
- 6.8. Aus der frühen Geschichte der Entwicklung von Linsensystemen 107
- 6.9. Erfindung des Fernrohrs 108
- 6.10. Strahlengang im Galileischen Fernrohr; Winkelvergrößerung 108
- 6.11. Astronomische Beobachtungen Galileis 112
- 6.12. „*Dioptrice*“ von Kepler und nachfolgende Arbeiten 113
- 6.13. Achromatische Linsen nach Dollond 114
- 6.14. Zonenplatte nach Fresnel 115

#### **7. Wie ist ein Auge aufgebaut? 118**

- 7.1. Zwei Gruppen von optischen Geräten 118
- 7.2. Aufbau und optisches System eines menschlichen Auges 119
- 7.3. Das System Lupe – Auge 120

- 7.4. Entwicklung der Lehre vom Sehen von Demokrit und Galen bis Alhazen und Leonardo da Vinci 121
- 7.5. Die Gegenüberstellung von Auge und Lochkamera in den Arbeiten von Leonardo da Vinci 123
- 7.6. Kepler über die Rolle der Kristalllinse; Young über den Mechanismus der Akkommodation 124
- 7.7. Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit 125
- 7.8. Das Auge als vollkommene optische Einrichtung 126
- 7.9. Brillen 128
- 7.10. Linsensysteme zur Vergrößerung des Sehwinkels 129
- 7.11. Facettenaugen der Insekten 131

## **8. Warum beobachtet man in Kristallen Doppelbrechung des Lichtes? 132**

- 8.1. Entdeckung der Doppelbrechung des Lichtes im isländischen Spat durch Bartholinus 132
- 8.2. Der Kristall als optisch anisotropes Medium 134
- 8.3. Erklärung der Doppelbrechung in Huygens' „Traité de la Lumière“; ordentliche und außerordentliche Lichtwellen 135
- 8.4. Huygenssche Konstruktion; Geschwindigkeit der Lichtwelle und Strahlengeschwindigkeit 137
- 8.5. Die Versuche von Huygens mit zwei Kristallen (an der Schwelle der Entdeckung der Lichtpolarisation) 142
- 8.6. Die Erklärung der Ergebnisse der Huygensschen Experimente durch Newton 144
- 8.7. Forschungen von Malus und Brewster 145
- 8.8. Polarisation des Lichtes 145
- 8.9. Dichroitische Platten und Polarisationsprismen 149
- 8.10. Drehung der Polarisationssebene in einer Halbwellenplatte 150

## **9. Was ist Faseroptik? 152**

- 9.1. Ein leuchtender Wasserstrahl 152
- 9.2. Lichtstrahlen in gestreckten und gekrümmten zylindrischen Fasern 153
- 9.3. Strahlen in einer konischen Faser 155
- 9.4. Einfluß der Faserkrümmung 158
- 9.5. Optische Differenzfaser 158
- 9.6. Dünne Fasern 159
- 9.7. Übertragung einer optischen Abbildung mit einem Faserbündel 159
- 9.8. Faserbündel zum Ausgleich eines Lichtfeldes 160
- 9.9. Fasersondenröhre in der Hochgeschwindigkeitsfotografie 161
- 9.10. Die Netzhaut des Auges als faseroptisches System 162

## **10. Anhang 163**

- 10.1. Beeinflussung der Brechungseigenschaften der Stoffe 163
- 10.2. Elektrooptische Ablenkvorrichtungen 165
- 10.3. Kosmische Linsen 166