

# Inhaltsverzeichnis

|  |   |            |
|--|---|------------|
| <b>Vorwort</b>                                       |   | <b>X</b>   |
| <b>Gliederung des Gesamtwerkes</b>                   |   | <b>XII</b> |
| <b>Von der Kreisbewegung zur Schwingung</b>          |   |            |
| 1 Kreisbewegung und Schwingung                       | Unter dem Stroboskop                            | 1          |
| 2 Mathematische Beschreibung der Schwingungsbewegung | Frequenz, Amplitude und Phase                   | 4          |
| 3 Kreisbewegung und Schwingung                       | Vergleich der Begriffe und Formeln              | 9          |
| <b>Schwingungsvorgänge und Schwingungsgrößen</b>     |   |            |
| 4 Federpendel im Schwerfeld                          | Schwingungsdauer und schwingende Masse          | 13         |
| 5 Horizontales Federpendel                           | Schwingungsdauer und Dämpfung                   | 20         |
| 6 Schwingendes Reagenzglas                           | Schwingungsdauer und Dämpfung                   | 31         |
| 7 Schwingungen einer Wassersäule                     | Schwingungsdauer und Bewegungsgleichung         | 41         |
| 8 Am Bungeeseil                                      | Modellierung einer nichtharmonischen Schwingung | 52         |
| <b>Gesetze der harmonischen Schwingung</b>           |   |            |
| 9 Bewegungsgesetze der Schwingung                    | Ein Graphen-Puzzle                              | 59         |
| 10 Analyse einer Schwingung                          | Von Energie und Impuls zurück zur Bewegung      | 66         |
| <b>Modellbildung und Schwingung</b>                  |   |            |
| 11 Modellbildung der Schwingung                      | Impuls und Energie                              | 71         |
| 12 Fadenpendel und Modellbildung                     | Startparameter und Pendellänge                  | 79         |
| 13 Gedämpfte Schwingung                              | Parameter der Dämpfung                          | 89         |

**Akustische Schwingungen**

|                               |  |     |
|-------------------------------|--|-----|
| 14 Messen mit dem Oszilloskop | Ablezen von Amplitude und Frequenz       | 98  |
| 15 Gekoppelte Leutsprecher    | Mehrdeutigkeiten bei der Frequenzanalyse | 106 |

**Schwebungen**

|  |   |     |
|--|---|-----|
| 16 Akustische Schwebungen im Zeigerbild        | Was ist eine Schwebung?                 | 115 |
| 17 Der Summenzeiger bei akustische Schwebungen | Aus der Sicht eines Zeigers             | 122 |
| 18 Schwebungen im Vergleich                    | Die Schwebung und ihr Spektrum          | 126 |
| 19 Modulation und Schwebung im Vergleich       | Summe und Produkt von Schwingungstermen | 130 |

**Von der Überlagerung von Schwingungen zum Schwingungspaket**

|                                       |  |     |
|---------------------------------------|--|-----|
| 20 Summenzeiger                       | Summenzeiger, 2fach und 3fach Überlagerung | 134 |
| 21 Zeiger und Zeigersumme             | Überlagerung und Phasendifferenz           | 139 |
| 22 Schwingungen und Schwingungspakete | Von wenigen Zeigern zu unendlich vielen    | 144 |
| 23 Akustische Unschärfe               | Impulsdauer und Breite des Spektrums       | 152 |

**Töne, Klänge und Geräusche**

|                                       |                                 |     |
|---------------------------------------|---------------------------------|-----|
| 24 Musikinstrumente und ihre Spektren | Klang und Klangfarbe            | 156 |
| 25 Die menschliche Stimme             | Vokale und ihr Spektrum         | 163 |
| 26 Der verlorene Grundton             | Tonhöhenempfindung und Spektrum | 167 |

**Wellen und Wellengeschwindigkeit**

|                                      |  |     |
|--------------------------------------|--|-----|
| 27 Longitudinalwellen I              | Bewegung einer Schallwelle in einem Rohr | 171 |
| 28 Messung der Schallgeschwindigkeit | Schall in Luft und anderen Gasen         | 175 |
| 29 Longitudinalwellen II             | Schallausbreitung in zwei Dimensionen    | 180 |
| 30 Geschwindigkeit von Wasserwellen  | Schwingungsdauer und Wellenlänge         | 186 |

**Phasen- und Gruppengeschwindigkeit**

|  |                               |     |
|--|-------------------------------|-----|
| 31 Phasengeschwindigkeit<br>und Gruppengeschwindigkeit I   | Bewegung von Phase und Gruppe | 193 |
| 32 Phasengeschwindigkeit<br>und Gruppengeschwindigkeit II  | Wasserwellen                  | 197 |
| 33 Phasengeschwindigkeit<br>und Gruppengeschwindigkeit III | Dispersion                    | 201 |

**Doppler-Effekt**

|   |                            |     |
|---|----------------------------|-----|
| 35 Doppler-Effekt<br>bei bewegtem Sender                | Präzisionsmessungen        | 205 |
| 35 Geschwindigkeitsmessung<br>mit dem Doppler-Effekt I  | Eigenschaften der Spektren | 209 |
| 36 Geschwindigkeitsmessung<br>mit dem Doppler-Effekt II | Präzisionsmessungen        | 219 |

**Von der Wellengleichung zur Vielfachinterferenz**

|                                      |   |     |
|--------------------------------------|---|-----|
| 37 Lineare Wellen                    | Die Gleichung der Welle                   | 223 |
| 38 Interferenz von Kreiswellen       | Maxima und Minima der Amplitude           | 231 |
| 39 Interferenzen mit<br>Schallwellen | Die Wegdifferenz entscheidet              | 235 |
| 40 Vom wenigen zu vielen<br>Quellen  | Die ausgerichtete<br>Amplitudenverteilung | 245 |

**Interferenz von Wellenpaketen**

|                                       |                                     |     |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----|
| 41 Überlagerung von<br>Schallimpulsen | Wellenlänge und<br>Wellenpaketlänge | 253 |
|---------------------------------------|-------------------------------------|-----|

**Stehende Wellen**

|  |                                    |     |
|--|------------------------------------|-----|
| 42 Laufende und stehende<br>Wellen     | Überlagerung dreidimensional       | 259 |
| 43 Entstehung einer stehenden<br>Welle | Punktweise Überlagerung von Wellen | 264 |
| 44 Fast stehende Wellen                | Überlagerung gegenläufiger Wellen  | 269 |