

# INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung .....	1
<b>A. Allgemeine Grundlagen .....</b>	<b>3</b>
I. Erzeugung von Ultraschallwellen .....	3
§ 1. Mechanische Ultraschallgeber .....	3
a) Die Galton-Pfeife .....	3
b) Der Gasstromschwinggenerator .....	5
c) Die Flüssigkeitspfeife nach <i>Janovski</i> und <i>Pohlman</i> .....	6
d) Ultraschallsirenen .....	7
e) Ultraschallgeber nach <i>Holtzmann</i> .....	8
§ 2. Thermische Ultraschallgeber .....	8
§ 3. Elektrostatische und elektrodynamische Ultraschallgeber...	9
a) Elektrostatische Ultraschallgeber .....	9
b) Elektrodynamische Ultraschallgeber .....	10
§ 4. Magnetostriktive Ultraschallerzeugung .....	10
a) Der magnetostriktive Effekt .....	10
b) Magnetostriktive Ultraschallgeber .....	11
§ 5. Piezoelektrische Ultraschallerzeugung .....	13
a) Der piezoelektrische Effekt .....	13
b) Piezoelektrische Ultraschallgeber .....	17
§ 6. Ultraschallgeber mit kontinuierlich veränderlicher Frequenz	27
§ 7. Gleichschall und Impulsschall .....	29
II. Das Ultraschallfeld und Wirkungen im Ultraschallfeld .....	30
§ 8. Charakteristische Größen des Ultraschallfeldes .....	30
a) Schallintensität .....	30
b) Schalleistung .....	31
c) Schwingungsamplitude .....	31
d) Schallschnelle und Schallwiderstand .....	31
e) Schallwechseldruck .....	31
f) Schallstrahlungsdruck .....	32
§ 9. Physikalische Eigenschaften des Ultraschalls .....	32
a) Reflexion und Brechung .....	32
b) Schallabsorption .....	34
c) Interferenzbildung .....	35
d) Stehende Schallwellen .....	36
§ 10. Ultraschallwirkungen .....	37
a) Mechanische Wirkungen .....	37

b) Die Kavitation . . . . .	38
c) Lumineszenzerscheinungen bei Kavitation . . . . .	39
d) Thermische Wirkungen . . . . .	40
e) Chemische und chemisch-physikalische Wirkungen . . . . .	43
III. Nachweis und Messung des Ultraschalls . . . . .	48
§ 11. Mechanische Verfahren . . . . .	48
§ 12. Thermische Methoden der Ultraschallmessung . . . . .	51
§ 13. Elektrische Ultraschallempfänger . . . . .	53
§ 14. Optische Verfahren . . . . .	56
a) Das Schlierenverfahren nach <i>Toepler</i> . . . . .	56
b) Die Beugung des Lichtes an Ultraschallwellen . . . . .	58
c) Das Verfahren der sekundären Interferenzen . . . . .	62
d) Ultraschalloptische Abbildungsverfahren . . . . .	64
B. Praktische Anwendungen des Ultraschalls . . . . .	67
IV. Der Ultraschall in Physik, Technik und Industrie . . . . .	67
§ 15. Schallgeschwindigkeitsmessungen . . . . .	67
a) Schallgeschwindigkeit in Gasen . . . . .	68
b) Schallgeschwindigkeit in Flüssigkeiten . . . . .	69
c) Schallgeschwindigkeit in festen Körpern . . . . .	73
§ 16. Schallabsorptionsmessungen . . . . .	79
a) Schallabsorption in Gasen . . . . .	79
b) Schallabsorption in Flüssigkeiten . . . . .	82
c) Schallabsorption in festen Körpern . . . . .	88
§ 17. Zur hochfrequenten Lichtmodulation . . . . .	91
a) Ultraschallstroboskop . . . . .	91
b) Ultraschallfluorometer . . . . .	92
c) Ultraschall in der Lichttelefonie und beim Fernsehempfang . . . . .	93
§ 18. Ultraschall in der Nachrichtentechnik . . . . .	95
a) Echolot und Echograph . . . . .	95
b) Ultraschall-Blindenleitgerät . . . . .	102
c) Verzögerungsstrecken . . . . .	103
§ 19. Zerstörungsfreie Materialprüfung mit Ultraschall . . . . .	105
a) Durchschallungsverfahren . . . . .	106
b) Impuls-Echoverfahren . . . . .	110
c) Sichtverfahren . . . . .	113
d) Resonanzverfahren . . . . .	117
§ 20. Ultraschallverfahren in der Industrie . . . . .	117
a) Ultraschallgeräte in der Industrie . . . . .	118
b) Ultraschall in der chemischen Industrie . . . . .	120
c) Ultraschall in Bergbau und Hüttenwesen . . . . .	121
d) Gasreinigung mit Ultraschall . . . . .	124
e) Kesselsteinverhütung durch Ultraschall . . . . .	127

f) Ultraschall- und Schallwaschgeräte .....	128
g) Löten mit Ultraschall .....	129
h) Prüfung von Hochspannungsisolatoren mit Ultraschall ...	131
i) Anwendung des Ultraschalls in Brauereien und in der Spirituosenindustrie .....	132
j) Ultraschallanwendung in der Silikatindustrie .....	134
k) Die Ultraschallbohrmaschine .....	135
l) Ultraschall in der Photoindustrie .....	137

## V. Der Ultraschall in der Biologie .....

§ 21. Wirkungen des Ultraschalls in der Biologie .....	138
a) Physikalische Ultraschallwirkungen in der Biologie .....	139
b) Chemische Ultraschallwirkungen in der Biologie .....	140
c) Thermische Ultraschallwirkungen in der Biologie .....	141
d) Biologische Ultraschallwirkungen .....	142
§ 22. Experimentelle Ultraschalltechnik in der Biologie .....	143
a) Ultraschallgeneratoren für biologische Versuche .....	146
b) Mikroskopische Ultraschalltechnik .....	148
§ 23. Ergebnisse biologischer Ultraschallversuche .....	153
a) Ultraschallwirkungen auf Fische, Molche, Frösche usw. ...	155
b) Ultraschallwirkungen auf Insekten (Larven und Imago) ..	156
c) Ultraschallwirkungen auf Mikroben .....	158
d) Ultraschallwirkungen auf Bakterien und Viren .....	159
e) Beschallung von Tuberkelbazillen in vitro und im Gewebe	162
f) Ultraschalleinwirkung auf das Blutbild .....	164
g) Ultraschallwirkungen auf bösartige Tumoren .....	165
h) Wirkungen des Ultraschalls auf einzelne Organe .....	167
i) Ultraschallwirkungen auf Pflanzen .....	170
j) Zytologische Untersuchungen im Ultraschallfeld .....	171
k) Ultraschallversuche mit Pilzen .....	172
l) Schall und Ultraschall als Orientierungsfaktor im Tierreich	173

## VI. Der Ultraschall in der Medizin .....

§ 24. Grundlagen der Ultraschalltherapie .....	178
a) Das Dosierungsproblem .....	179
b) Ultraschalltherapie-Geräte .....	182
§ 25. Behandlungstechnik .....	187
a) Behandlung mit direktem Kontakt .....	187
b) Behandlung mit indirektem Kontakt .....	188
c) Das Frequenzproblem .....	190
d) Kontinuierliche und pulsierende Ultraschallbehandlung ..	192
§ 26. Zur Ultraschallbehandlung .....	193
a) Ultraschallanwendung bei Erkrankung der peripheren Nerven .....	193
b) Die Ultraschallanwendung bei Erkrankung der Gelenke ..	194
c) Die Ultraschallanwendung bei Erkrankung der Luftwege .....	196
d) Die Ultraschallanwendung bei Erkrankung des Magens ...	196

e) Die Ultraschallanwendung bei entzündlichen Prozessen...	197
f) Der Ultraschall in der Zahnheilkunde .....	198
g) Ultraschall bei Augenkrankheiten .....	200
h) Ultraschall in der Kinderheilkunde .....	200
i) Ultraschall in der Gynäkologie .....	200
j) Ergebnisse der Behandlung mit Ultraschall .....	201
k) Die Ultraschalltherapie in Kombination mit anderen Be- handlungsarten .....	203
l) Ultraschallschäden .....	205
§ 27. Ultraschalldiagnostik .....	207
a) Das Ultraschallechoverfahren in der Diagnostik .....	207
b) Das Ultraschallsichtverfahren in der Diagnostik .....	210
Literaturverzeichnis .....	212
Namenverzeichnis .....	226
Sachverzeichnis .....	231
Bildquellen .....	236
Tafelanhang	