

# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                 |          |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>Einleitung</b> . . . . .                                                     | <b>1</b> |
| <b>1 Der Organismus als elektrischer Signal- oder Energieerzeuger</b> . . . . . | <b>5</b> |
| 1.1 Direkte elektrische Signalerzeugung . . . . .                               | 5        |
| 1.1.1 Entstehungsort und -mechanismus bioelektrischer Signale . . . .           | 5        |
| 1.1.1.1 Organisation und Bauelemente des Nervensystems . . . .                  | 6        |
| 1.1.1.2 Elektrische Vorgänge im Nervensystem . . . . .                          | 8        |
| 1.1.1.3 Elektroden zur Ableitung bioelektrischer Signale . . . . .              | 13       |
| 1.1.2 Arten bioelektrischer Signale . . . . .                                   | 17       |
| 1.1.2.1 Das Elektroencephalogramm (EEG) . . . . .                               | 17       |
| 1.1.2.2 Das Elektrokardiogramm (EKG) . . . . .                                  | 19       |
| 1.1.2.3 Das Elektromyogramm (EMG) . . . . .                                     | 22       |
| 1.1.2.4 Das Elektroretinogramm (ERG) . . . . .                                  | 23       |
| 1.1.2.5 Das Elektroofukulogramm (EOG) . . . . .                                 | 24       |
| 1.1.2.6 Weitere bioelektrische Signale . . . . .                                | 26       |
| 1.1.2.7 Biomagnetische Signale . . . . .                                        | 27       |
| 1.1.3 Ableitung und Verstärkung bioelektrischer Signale . . . . .               | 29       |
| 1.2 Indirekte elektrische Signalerzeugung . . . . .                             | 38       |
| 1.2.1 Aufbau und Eigenschaften verschiedener Transducer . . . . .               | 39       |
| 1.2.1.1 Mechanoelektrische Transducer . . . . .                                 | 39       |
| 1.2.1.2 Photoelektrische Transducer . . . . .                                   | 45       |
| 1.2.1.3 Thermoelektrische Transducer . . . . .                                  | 45       |
| 1.2.1.4 Chemoelektrische Transducer . . . . .                                   | 47       |
| 1.2.2 Ableitung von Biosignalen mittels Transducern . . . . .                   | 52       |
| 1.2.2.1 Lungenfunktionsdiagnostik . . . . .                                     | 52       |
| 1.2.2.2 Herz- und Kreislaufdiagnostik . . . . .                                 | 58       |
| 1.2.2.3 Körpergeräuschanalyse . . . . .                                         | 70       |
| 1.2.2.4 Thermische Messungen . . . . .                                          | 73       |
| 1.2.2.5 Mechanische Messungen . . . . .                                         | 76       |
| 1.3 Biotelemetrie . . . . .                                                     | 80       |
| 1.3.1 Arten und Eigenschaften von Biotelemetrie-Systemen . . . . .              | 80       |
| 1.3.2 Oszillatorschaltungen für Telemetriesysteme . . . . .                     | 82       |
| 1.3.2.1 Oszillatoren mit negativer Impedanz . . . . .                           | 82       |
| 1.3.2.2 Oszillatoren mit positiver Rückkopplung . . . . .                       | 83       |
| 1.3.2.3 Beispiele biomedizinischer Telemetriesender . . . . .                   | 83       |

|                                                                                      |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>2 Der Organismus als Energie- oder Signalempfänger</b>                            | <b>85</b>  |
| 2.1 Der Organismus als elektrisches Widerstandsnetzwerk                              | 85         |
| 2.1.1 Verhalten des Organismus bei verschiedenen Stromarten                          | 85         |
| 2.1.1.1 Gleichstrom                                                                  | 85         |
| 2.1.1.2 Niederfrequenter Wechselstrom                                                | 86         |
| 2.1.1.3 Hochfrequenter Wechselstrom                                                  | 86         |
| 2.1.2 Wirkungen des elektrischen Stroms auf das Ionenmilieu<br>des Organismus        | 87         |
| 2.2 Der Organismus als Strahlungsabsorber                                            | 89         |
| 2.2.1 Elektromagnetische Wellen                                                      | 90         |
| 2.2.1.1 Radio- und Mikrowellen                                                       | 90         |
| 2.2.1.2 IR-, Licht- und UV-Strahlung                                                 | 101        |
| 2.2.1.3 Röntgenstrahlung                                                             | 106        |
| 2.2.1.4 $\gamma$ -Strahlung                                                          | 118        |
| 2.2.2 Teilchenstrahlung                                                              | 123        |
| 2.2.2.1 $\beta$ -Strahlung (Elektronenstrahlen)                                      | 123        |
| 2.2.2.2 Neutronenstrahlung                                                           | 130        |
| 2.2.2.3 Positronenstrahlung                                                          | 131        |
| 2.2.2.4 Biologische Strahlenwirkungen                                                | 135        |
| 2.2.2.5 Radiometrische Größen und Einheiten                                          | 136        |
| 2.2.3 Ultraschall                                                                    | 139        |
| 2.2.3.1 Schallfeldgrößen                                                             | 139        |
| 2.2.3.2 Ultraschallerzeugung                                                         | 141        |
| 2.2.3.3 Ultraschall-Wechselwirkung mit Gewebe                                        | 143        |
| 2.2.3.4 Ultraschalldiagnostik                                                        | 144        |
| 2.2.3.5 Ultraschalltherapie                                                          | 150        |
| <b>3 Der Organismus als Energie- oder Signalwandler</b>                              | <b>159</b> |
| 3.1 Elektrischer Reiz und elektrische Antwort                                        | 159        |
| 3.2 Elektrischer Reiz und nichtelektrische Antwort                                   | 163        |
| 3.2.1 Elektrische Reizung des neuromuskulären Systems                                | 164        |
| 3.2.1.1 Auslösung von Muskelzuckungen                                                | 164        |
| 3.2.1.2 Elektrische Herzmuskelreizung mit einem<br>elektronischen Schrittmacher      | 165        |
| 3.2.1.3 Herzmuskelreizung durch Elektroschock                                        | 172        |
| 3.2.1.4 Reizstromdiagnostik                                                          | 173        |
| 3.2.1.5 Reizstromtherapie                                                            | 175        |
| 3.2.1.6 Schädlichkeitsgrenzen des Wechselstroms                                      | 178        |
| 3.2.1.7 Sicherheit medizinischer Geräte                                              | 178        |
| 3.2.2 Elektrische Beeinflussung des Aktivitätsniveaus<br>des neuromuskulären Systems | 180        |
| 3.2.2.1 Elektroschlaf                                                                | 180        |
| 3.2.2.2 Elektronarkose und Elektroanaesthesie                                        | 182        |
| 3.2.2.3 Elektrische Schmerzbehandlung                                                | 183        |

|                                                                                                      |         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 3.2.3 Elektrische Anregung von Sinnesorganen . . . . .                                               | 184     |
| 3.2.3.1 Anregung von subjektiven Lichterscheinungen<br>(Phosphenen) . . . . .                        | 184     |
| 3.2.3.2 Anregung von akustischen Wahrnehmungen . . . . .                                             | 185     |
| 3.2.4 Elektrische Beeinflussung von Nichtsinnesorganen.<br>Funktionelle Elektrostimulation . . . . . | 191     |
| 3.3 Nichtelektrischer Reiz und elektrische Antwort . . . . .                                         | 194     |
| 3.3.1 Visuell evozierte Potentiale (VEP) . . . . .                                                   | 195     |
| 3.3.2 Akustisch evozierte Potentiale (AEP) . . . . .                                                 | 197     |
| 3.3.3 Olfaktorisch (durch Geruchsreize) evozierte Potentiale . . . . .                               | 198     |
| 3.3.4 Mittelwertbildung der Reizantworten (Averaging) . . . . .                                      | 199     |
| 3.4 Nichtelektrischer Reiz und nichtelektrische Antwort . . . . .                                    | 200     |
| <br>4 Assistsysteme und Organersatz . . . . .                                                        | <br>201 |
| 4.1 Assistsysteme . . . . .                                                                          | 201     |
| 4.1.1 Respiratoren . . . . .                                                                         | 201     |
| 4.1.2 Intraaortale Ballonpulsation . . . . .                                                         | 204     |
| 4.1.3 Hörgeräte . . . . .                                                                            | 205     |
| 4.2 Organersatz . . . . .                                                                            | 208     |
| 4.2.1 Extrakorporaler Organersatz . . . . .                                                          | 208     |
| 4.2.1.1 Herz-Lungen-Maschine . . . . .                                                               | 208     |
| 4.2.1.2 Künstliche Niere . . . . .                                                                   | 211     |
| 4.2.2 Intrakorporaler Organersatz . . . . .                                                          | 217     |
| 4.2.2.1 Künstliches Herz . . . . .                                                                   | 217     |
| 4.2.2.2 Linksherzbypass-Pumpsysteme . . . . .                                                        | 221     |
| 4.2.2.3 Künstliche Insulin- und Medikamentenspender . . . . .                                        | 222     |
| 4.3 Prothetik . . . . .                                                                              | 226     |
| 4.3.1 Künstliche Gliedmaßen . . . . .                                                                | 226     |
| 4.3.2 Künstliche Gelenke . . . . .                                                                   | 230     |
| 4.3.3 Künstliche Herzklappen . . . . .                                                               | 230     |
| 4.4 Biomaterialien . . . . .                                                                         | 232     |
| 4.4.1 Werkstoffe für direkten Blutkontakt . . . . .                                                  | 233     |
| 4.4.2 Werkstoffe für den Gelenk- und Knochenersatz . . . . .                                         | 235     |
| 4.4.3 Werkstoffe für andere Implantate . . . . .                                                     | 237     |
| <br>5 Klinisch-chemische Laborverfahren . . . . .                                                    | <br>239 |
| 5.1 Spektroskope . . . . .                                                                           | 239     |
| 5.1.1 Grundlagen . . . . .                                                                           | 239     |
| 5.1.2 Photometer . . . . .                                                                           | 240     |
| 5.2.3 Spektralphotometer . . . . .                                                                   | 240     |
| 5.2.4 IR-Spektralphotometer . . . . .                                                                | 243     |
| 5.2 Autoanalyser . . . . .                                                                           | 247     |
| 5.3 Zytometer . . . . .                                                                              | 252     |

|                                                                               |         |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 5.4 Chromatographen . . . . .                                                 | 255     |
| 5.5 Elektrophoresegeräte . . . . .                                            | 258     |
| 5.6 KMR-ESR-Meßsysteme . . . . .                                              | 259     |
| 5.6.1 Kernmagnetische und Elektronenspin-Resonanz . . . . .                   | 259     |
| 5.6.2 Magnetresonanzspektroskopie (MRS) . . . . .                             | 261     |
| 5.6.3 Kernspintomographie . . . . .                                           | 262     |
| 5.7 Speicherung von Labor- und Bilddaten . . . . .                            | 270     |
| <br>6 Umweltschutz . . . . .                                                  | <br>271 |
| 6.1 Allgemeines . . . . .                                                     | 271     |
| 6.2 Schutz gegen Luftverschmutzung . . . . .                                  | 272     |
| 6.2.1 Luftschadstoffe . . . . .                                               | 272     |
| 6.2.2 Messung einzelner Luftschadstoffkomponenten . . . . .                   | 279     |
| 6.2.2.1 Photometrie . . . . .                                                 | 280     |
| 6.2.2.2 Fluoreszenz- und Chemielumineszenz-Messungen . . . . .                | 283     |
| 6.2.2.3 Flammen-Ionisation . . . . .                                          | 285     |
| 6.2.2.4 Konduktometrie . . . . .                                              | 286     |
| 6.2.2.5 Amperometrie . . . . .                                                | 287     |
| 6.2.2.6 Coulometrie . . . . .                                                 | 288     |
| 6.2.2.7 Potentiometrie . . . . .                                              | 288     |
| 6.2.2.8 Gas-Chromatographie und Massenspektroskopie . . . . .                 | 289     |
| 6.2.2.9 Staubmessung . . . . .                                                | 290     |
| 6.2.2.10 Bestimmung der chemischen Staubbestandteile . . . . .                | 291     |
| 6.2.3 Verfahren der Luftreinigung bzw. -reinhaltung . . . . .                 | 291     |
| 6.2.4 Wirkung der Luftverschmutzung auf das Klima . . . . .                   | 293     |
| 6.3 Strahlenschutz . . . . .                                                  | 295     |
| 6.3.1 Radioaktive und kosmische Strahlung . . . . .                           | 295     |
| 6.3.2 UV-Strahlung . . . . .                                                  | 302     |
| 6.3.3 Umweltstrahlung geringer Quantenenergie . . . . .                       | 303     |
| 6.3.3.1 Natürliche atmosphärische Impulsstrahlung<br>(Atmospherics) . . . . . | 303     |
| 6.3.3.2 Technische elektromagnetische Strahlung (Technics) . . . . .          | 307     |
| 6.4 Lärmschutz . . . . .                                                      | 312     |
| 6.4.1 Lärmquellen und Lärmwirkung . . . . .                                   | 312     |
| 6.4.2 Messung der Lärmbelastung . . . . .                                     | 315     |
| 6.4.3 Schutzmaßnahmen . . . . .                                               | 316     |
| <br>Literaturverzeichnis . . . . .                                            | <br>317 |
| <br>Sachverzeichnis . . . . .                                                 | <br>319 |