

# Inhalt

**Vorwort — V**

**Bildnachweise — XI**

**1 Einführung in die Biosignalverarbeitung — 1**

**2 Grundlagen der Informations-, Signal- und Systemtheorie — 5**

- 2.1 Information und Informationsübertragung — 5
- 2.2 Zusammenhang zwischen Signalen und Systemen — 16
- 2.3 Definition und Klassifizierung von Signalen — 19
  - 2.3.1 Univariate und multivariate Signale — 19
  - 2.3.2 Periodische, quasi-periodische, aperiodische und transiente Signale — 20
  - 2.3.3 Gerade und ungerade Signale — 27
  - 2.3.4 Kausale und akausale Signale — 28
  - 2.3.5 Energie- und Leistungssignale — 29
  - 2.3.6 Deterministische und stochastische Signale — 30
  - 2.3.7 Kontinuierliche und diskrete Signale — 34
- 2.4 Transformationen der Signalverarbeitung — 36
  - 2.4.1 Kontinuierliche Fourier-Transformation — 37
  - 2.4.2 Kontinuierliche Laplace-Transformation — 39
  - 2.4.3 Kontinuierliche Kurzzeit-Fourier-Transformation und Wavelet-Transformation — 42
  - 2.4.4 Kontinuierliche lineare Faltung — 46
- 2.5 Gewinnung diagnostisch nutzbarer Informationen biologischer Systeme — 47
- 2.6 Nachlesungs- und Übungsaufgaben — 49

**3 Grundlagen der Entstehung von Biosignalen — 53**

- 3.1 Physiologie und elektrische Aktivität von Muskel- und Nervenzellen — 55
  - 3.1.1 Bildung und Funktion von Biomembranen — 56
  - 3.1.2 Analogie zu elektrischen Schaltkreisen — 60
  - 3.1.3 Entstehung und Ausbreitung von Aktionspotentialen — 62
- 3.2 Elektrophysiologie des Herzens — 67
  - 3.2.1 Allgemeine Erregung der Muskelzellen — 67
  - 3.2.2 Messung elektrischer Potentiale an der Körperoberfläche — 70
  - 3.2.3 Ablauf der Erregungsausbreitung bei einem Herzschlag — 76
  - 3.2.4 Modellbildung des Erregungssystems — 78

3.3	Taxonomie der Biosignale —	86
3.4	Nachlesungs- und Übungsaufgaben —	91
<b>4</b>	<b>Messung von Biosignalen und analoge Signalverarbeitung —</b>	<b>95</b>
4.1	Messung von elektrischen Biosignalen —	95
4.1.1	Ableitelektroden —	98
4.1.2	Messverstärker —	101
4.2	Signalstörungen —	109
4.2.1	Netzstörungen —	109
4.2.2	Transiente Störungen —	113
4.2.3	Hochfrequente Störungen durch elektromagnetische Strahlung —	114
4.3	Messaufnehmer für nichtelektrische Biosignale —	115
4.3.1	Schallaufnehmer —	115
4.3.2	Optische Sensoren für Plethysmographie und Bestimmung der Sauerstoffsättigung —	118
4.4	Entstörung und analoge Filterung —	121
4.5	Entwurf analoger Filter —	129
4.5.1	Selektive Filter bei Optimierung des Betragsfrequenzgangs —	130
4.5.2	Selektive Filter bei Optimierung der Gruppenlaufzeit —	150
4.6	Nachlesungs- und Übungsaufgaben —	152
<b>5</b>	<b>Methoden zur diskreten Verarbeitung und Analyse von Biosignalen —</b>	<b>155</b>
5.1	Diskretisierung von zeit- und wertkontinuierlichen Signalen —	155
5.2	Diskrete Transformationen der Signalverarbeitung —	160
5.2.1	Die zeitdiskrete Fourier-Transformation —	160
5.2.2	Die diskrete Fourier-Transformation (DFT) —	161
5.2.3	Diskrete Laplace-Transformation und z-Transformation —	164
5.3	Methoden zur Analyse und Verarbeitung diskreter Biosignale —	165
5.3.1	Signalanalyse und -anpassung im Zeitbereich —	166
5.3.2	Signalanalyse im Frequenzbereich —	182
5.3.3	Signalanalyse im kombinierten Zeit-Frequenz-Bereich —	190
5.3.4	Diskrete lineare zeitinvariante Systeme und digitale Filter —	197
5.4	Nachlesungs- und Übungsaufgaben —	217
<b>6</b>	<b>Anwendungen der Methoden in der Biosignalverarbeitung —</b>	<b>221</b>
6.1	Signale des Gehirns —	221
6.2	Signale der Muskeln —	228
6.2.1	Spektralanalyse des 1-Kanal-EMGs —	231
6.2.2	Akustisch-kinetische Analyse von Osteoarthritis Patienten —	233
6.3	Signale des Herz-Kreislauf-Systems —	252
6.3.1	Elektrokardiogramm —	252
6.3.2	Phonokardiogramm —	277

6.3.3	Bestimmung der Sauerstoffsättigung und Plethysmographie —	291
6.3.4	Klassifikation von Mehrkanal-Photoplethysmographie-Signalen —	295
6.4	Nachlesungs- und Übungsaufgaben —	303

7	Appendix: Formelzeichen, Einheiten und wichtige Konstanten —	307
---	--	-----

Literatur —	315
-------------	-----

Stichwortverzeichnis —	319
------------------------	-----

