

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1. Einleitung	1
2. Ein Blick in die Geschichte	3
2.1. Statische Elektrizität	3
2.2. Vorstufen und Anfänge der Elektrochemie	4
2.2.1. Galvani und Volta	4
2.2.2. Die Elektrolyse	5
2.2.3. Historische elektrochemische Vorrichtungen und Geräte	6
2.2.4. Elektrochemische Stromquellen	11
2.3. Elektrotechnik und Beginn der Elektronikentwicklung	14
2.3.1. Elektrotechnische Lösungen	14
2.3.2. Elektronenröhren – die ersten Verstärker-Bauelemente	15
2.3.3. Halbleiterbauelemente	18
2.3.4. Integrierte Schaltkreise	19
2.4. Zur Entwicklung der Begriffssysteme und Fachsprachen	19
2.5. Zusammenfassung und Einordnung	21
3. Grundlagen	23
3.1. Elektrizitätslehre und elektrotechnische Grundlagen	23
3.1.1. Elektrische Ladung	23
3.1.2. Das elektrische Feld	24
3.1.3. Elektrisches Potential und elektrische Spannung	25
3.1.4. Elektrizität und Atombau	26
3.1.5. Elektrische Ladung und elektrischer Strom	28
3.1.6. Klassifikation der Stoffe nach ihrer Leitfähigkeit	28
3.1.7. Bewegung freier Ladungsträger	29
3.1.8. Elektronenemission und Kontaktspannung	30
3.1.9. Influenz und Polarisierung	31
3.1.10. Darstellung von Stromkreisen	31
3.1.11. Das Ohmsche Gesetz und ohmsche Widerstände	33
3.1.12. Kirchhoffsche Regeln	34
3.1.13. Kondensatoren – Energiespeicher im Gleichstromkreis	36
3.1.14. Induktivitäten	40
3.1.15. Wechselstromkreis	40
3.1.16. Widerstände im Wechselstromkreis	42

3.1.17.	Leistung im Wechselstromkreis	46
3.1.18.	Konzept der Ersatzschaltung	47
3.1.19.	Strom- und Spannungsmessungen	48
3.1.20.	Leitungen	49
3.2.	Ausgewählte Aspekte und Prinzipien der Elektronik	50
3.2.1.	Begriffe, Anforderungen und Abgrenzung	50
3.2.2.	Darstellung und Abstraktionen elektronischer Schaltungen	52
3.2.3.	Filter	54
3.2.4.	Brückenschaltungen zur Widerstands- bzw. Impedanzmessung	57
3.2.5.	Dioden und Gleichrichter	58
3.2.6.	Verstärker	58
3.2.7.	Aktive Verstärkerbauelemente	60
3.2.8.	Rückkopplung	62
3.2.9.	Operationsverstärker	63
3.2.10.	Lineare Operationsverstärker-Grundsaltungen	65
3.2.11.	Nichtlineare Operationsverstärker-Grundsaltungen	68
3.2.12.	Unipolare Betriebsspannung und Übersteuerung	70
3.2.13.	Digitale Signale – A/D- und D/A-Wandler	70
3.2.14.	Anmerkungen zur Stromversorgung	71
3.3.	Einführung in elektrochemische Fragestellungen	75
3.3.1.	Vorbemerkungen und Begriffe	75
3.3.2.	Elektrolytische Dissoziation	76
3.3.3.	Elektrische Leitung in Flüssigkeiten	78
3.3.4.	Phasengrenze und Halbzelle	81
3.3.5.	Die elektrochemische Zelle	84
3.3.6.	Zellen im Gleichgewicht und bei Stromfluss	86
3.3.7.	Galvanische Elemente	88
3.3.8.	Elektrolyse und Faradaysche Gesetze	90
4.	Elektrochemische Messmethoden, Elektroden und analoge Elektronik	93
4.1.	Elektrochemische Messmethoden – ein Überblick	93
4.2.	Potentiometrische Messungen	96
4.2.1.	Messprinzip	96
4.2.2.	Referenzelektroden	97
4.2.3.	Ionensensitive Elektroden	98
4.2.4.	Hochohmige Verstärker für potentiometrische Messungen	102
4.3.	Voltammetrische Verfahren	103
4.3.1.	Messprinzip	103
4.3.2.	Inerte Elektroden	104
4.3.3.	Polarographie	105
4.3.4.	Messzelle mit zwei Elektroden	106
4.3.5.	Messzelle mit drei Elektroden und einfacher Beschaltung	106
4.3.6.	Prozesskontrolle mit elektronischem Regler – Potentiostat	108
4.3.7.	Impedanzspektroskopie	110
4.3.8.	Coulometrie	112

4.3.9. Potentiostat – Regelkreis und elektronische Komponenten 112

4.4. Elektrische Leitfähigkeit – Konduktometrie 117

4.4.1. Messprinzip 117

4.4.2. Elektronikkomponenten für Leitfähigkeitsmessungen 119

4.4.3. Anwendung von Leitfähigkeitsmessungen 121

4.5. Elektrochemisches Rauschen 122

4.6. Messtechnische Hilfs- und Prüfmittel 123

4.7. Zur Anwendung elektrochemischer Messverfahren 124

5. Elektrochemische Sensoren und ihre Primärelektronik 127

5.1. Vorbemerkungen 127

5.1.1. Sensortechnologien 127

5.1.2. Primärelektronik und Signalverarbeitung 129

5.2. Ausgewählte Konzepte elektrochemischer Sensoren 129

5.2.1. Potentiometrische Sensoren 129

5.2.2. Planare Leitfähigkeitssensoren 132

5.2.3. Planare amperometrische Sensoren 133

5.2.4. Mehrfachnutzung von Elektroden 134

5.3. Handmessgeräte 136

5.4. Hilfsfunktionen für die Messung mit amperometrischen Biosensoren 138

5.4.1. Sensorerkennung 138

5.4.2. Messung der Temperatur 140

5.4.3. Sensorzustand, Befüllung der Messkammer und Messbeginn 140

5.4.4. Kontrolle des Ablaufs einer Messung 141

5.5. Analog-Front-End-Schaltkreise 141

5.5.1. Einchip-Biosensormessgerät mit MSP430-Derivat 142

5.5.2. Ausgewählte Analog-Front-End-Schaltkreise 144

5.5.3. ADuCM3xx – „Precision Analog Microcontroller“ mit verschiedenen Interfaces . 145

5.6. Steuerung und Datenpräsentation 147

6. Stromversorgung mit elektrochemischen Stromquellen 149

6.1. Elektrochemische Stromquellen 149

6.1.1. Primärzellen (Batterien) 150

6.1.2. Sekundärzellen (Akkumulatoren) 153

6.1.3. Brennstoffzellen 159

6.1.4. Elektrische Charakterisierung elektrochemischer Stromquellen 161

6.2. Einsatz elektrochemischer Stromquellen 163

6.2.1. Primärzellen und elektronische Lasten 163

6.2.2. Einsatz von Sekundärzellen 165

6.2.3. Zum Einsatz von Brennstoffzellen 166

6.3. Batterie oder Akku – Überlegungen zur Auswahl bei Geräteentwicklungen . . . 168

6.4. Elektronische Funktionsgruppen 169

6.4.1. Bereitstellung konstanter Betriebsspannungen 169

6.4.2. Umsetzung von Gleichstrom in Wechselstrom – Wechselrichter 171

6.4.3. Laden von Akkumulatoren 172

6.4.4.	Akkusicherheit und Batteriemanagementsysteme	176
7.	Elektronische Bauelemente mit Elektrolytbeteiligung	179
7.1.	Bauelemente-relevante Grenzflächeneffekte	179
7.1.1.	Sperrschichtbildung an Ventilmetallen	179
7.1.2.	Der elektrochrome Effekt	180
7.2.	Funktionsprinzip elektrolytischer Gleichrichter	181
7.3.	Elektrochemische Kondensatoren	182
7.3.1.	Elektrolytkondensatoren	182
7.3.2.	Doppelschichtkondensatoren (SuperCap)	186
7.4.	Elektrochrome Anzeigeelemente	187
7.5.	ECRAM – ein elektrochemischer Datenspeicher	188
7.6.	Gedruckte Elektronik mit elektrochemischen Komponenten	190
7.7.	Zum Konzept elektrochemischer Aktoren	191
A.	Anhang	193
A.1.	Formelzeichen und Symbole	193
A.2.	Naturkonstanten	196
A.3.	Die elektrochemische Spannungsreihe	197
A.4.	Elektrochemische Messungen ohne Elektronik – ein Rückblick	199
A.4.1.	Messtechnische Bedingungen, Geräte und Verfahren	199
A.4.2.	Die ursprünglich elektrochemische und die aktuelle Definition des Ampere	200
A.4.3.	Normalelemente	200
A.4.4.	Poggendorffsche Kompensationsmethode	201
A.4.5.	Leitfähigkeitsmessung mit Wechselstrom-Brückenschaltung	202
A.4.6.	Elektronik verändert die elektrochemische Messtechnik	203
A.5.	Zur Stromversorgung elektrochemischer Anlagen	205
A.5.1.	Stromversorgung ohne Elektronik	205
A.5.2.	Gesteuerte Hochstrom-Gleichrichter und -Schaltnetzteile	206
	Literaturverzeichnis	208
	Stichwortverzeichnis	222