

Inhaltsverzeichnis

FUNKEMPFÄNGER-KOMPENDIUM	1
VORWORT	5
Danksagung	6
INHALTSVERZEICHNIS	9
I FUNKTIONSWEISE VON FUNKEMPFÄNGERN	17
I.1 Zur Einleitung etwas Historie	17
I.1.1 Resonanzempfänger, Fritter, Kohärer und quadratischer Detektor(-Empfänger)	17
I.1.2 Der Schritt zum Audion	18
I.2 Gegenwärtige Konzeptionen	21
I.2.1 Einfachsuperhet	21
I.2.2 Mehrfachsuperhet	26
I.2.3 Direktmischer	33
I.2.4 Digitalempfänger	37
I.2.5 Klassifikationsübersicht	43
I.3 Ausführungsbeispiel (voll-)digitaler Funkempfänger	45
I.3.1 Funktionsblöcke der digitalen Signalverarbeitung	47
I.3.2 Der A/D-Wandler als Schlüsselement	47
I.3.3 Umsetzung auf Frequenz Null	56
I.3.4 Präzision und Reproduzierbarkeit	59
I.3.5 VFO zur Frequenzabstimmung	60
I.3.6 Weitere erforderliche Hardware	63
I.3.7 Empfangsfrequenzexpansion durch Unterabtastung	67
	9

I.4	Ausführungsbeispiel portabler, breitbandiger Funkempfänger	69
I.4.1	Analoges HF-Frontend für breiten Empfangsfrequenzbereich	70
I.4.2	Anschließende digitale Signalverarbeitung	71
I.4.3	Demodulation mit Empfangspegelmessung	73
I.4.4	Spektrale Auflösung der Frequenzbelegung	74
I.5	Ausführungsbeispiel ökonomischer Single-Chip-Hörfunkempfänger	77
I.5.1	Zwei interne Frontpfade	78
I.5.2	Niedrig-ZF-Architektur	80
Literatur		81
II	FUNKEMPFÄNGER: EINSATZGEBIETE & ANWENDUNGEN	85
II.1	Prolog	85
II.2	Drahtloses Fernwirken	88
II.2.1	Funk-Rundsteuerung	90
II.3	Nichtöffentliche Funkdienste	92
II.3.1	Flugfunk	92
II.3.2	Seefunk	94
II.3.3	Landfunk	98
II.3.4	Amateurfunk	100
II.3.5	Mobilfunk	102
II.4	Funkaufklärung, Funküberwachung	103
II.4.1	Vielschichtige Signalarten	106
II.4.2	Suchen und aufspüren	109
II.4.3	Aussendungen überwachen	116
II.4.4	Funkszenarien klassifizieren und auswerten	119
II.4.5	Empfänger wider Spektrumanalysator	123
II.5	Richtungsbestimmung und Standortbestimmung	127
II.5.1	Grundlegende Prinzipien der Funkpeilung	127
II.5.2	In Funkaufklärung und Funküberwachung	139

II.5.3	In Flugnavigation und Flugsicherung	143
II.5.4	In Schiffsnavigation und Schifffahrt	145
II.6	Terrestrischer Hörrundfunkempfang	147
II.7	Zeitzeichenempfang	152
II.8	Moderne Funkfrequenznutzung und Frequenzökonomie	155
II.8.1	Bündelfunknetze	155
II.8.2	Cognitive Radio	155
Literatur		157
III	EMPFÄNGEREIGENSCHAFTEN UND DEREN MESSTECHNISCHE ERMITTLUNG	161
III.1	Zweck und Nutzen	161
III.2	Vorbereitungen zur messtechnischen Untersuchung	163
III.2.1	Sonderfall korrelative Rauschunterdrückung	165
III.2.2	Sonderfall digitale Funkstandards und EVM	165
III.3	Empfängereingangsanpassung/-impedanz	170
III.3.1	Messtechnische Erfassung	172
III.3.2	Problematiken bei der Bestimmung	173
III.4	Empfindlichkeit	174
III.4.1	Physikalische Grenzen	174
III.4.2	Rauschzahl und Rauschmaß	175
III.4.3	Messtechnische Erfassung	178
III.4.4	Äquivalente Rauschbandbreite	180
III.4.5	Grenzempfindlichkeit	183
III.4.6	Messtechnische Erfassung	185
III.4.7	Eingangsrauschspannung	186
III.4.8	Signal/Störabstand und Betriebsempfindlichkeit – S/N , $(S+N)/N$, SINAD	187
III.4.9	Deemphasis	192

III.4.10	Nutzbare und zweckmäßige Empfindlichkeit	194
III.4.11	Maximaler Signal/Störabstand	202
III.4.12	Messtechnische Erfassung	204
III.4.13	Problematiken bei der Bestimmung	205
III.5	Störstellenempfang	207
III.5.1	Entstehung von Eigenempfangsstellen	207
III.5.2	Messtechnische Erfassung	207
III.5.3	Spiegelfrequenzempfang und -unterdrückung	208
III.5.4	ZF-Durchschlag und -Durchschlagsdämpfung	212
III.5.5	Zusätzliche Empfangsstörstellen	213
III.5.6	Messtechnische Erfassung	214
III.5.7	Sonderfall des linearen Nebensprechens	214
III.5.8	Messtechnische Erfassung	215
III.5.9	Problematiken bei der Bestimmung	216
III.6	Nahselektivität	218
III.6.1	Empfangsbandbreite und Formfaktor (Shape-Faktor)	219
III.6.2	Messtechnische Erfassung	221
III.6.3	Nachbarkanalunterdrückung	223
III.6.4	Messtechnische Erfassung	223
III.6.5	Problematiken bei der Bestimmung	224
III.7	Reziprokes Mischen	226
III.7.1	ESB-Rauschen	226
III.7.2	Nichtharmonische (trägernahe) Verzerrungen	229
III.7.3	Empfindlichkeitsminderung durch reziprokes Mischen	230
III.7.4	Messtechnische Erfassung	233
III.7.5	Problematiken bei der Bestimmung	235
III.8	Blocking	236
III.8.1	Kompression im HF-Frontend oder ZF-Teil	236
III.8.2	Ansprechen der AGC auf Störsignale	236
III.8.3	Störabstandsreduzierung durch Blocking	237

III.8.4	Messtechnische Erfassung	237
III.8.5	Problematiken bei der Bestimmung	238
III.9	Intermodulation	240
III.9.1	Entstehung	240
III.9.2	Intermodulation zweiter und dritter Ordnung	240
III.9.3	Intermodulation höherer Ordnung	247
III.9.4	Sonderfall elektromechanische und keramische Filter sowie Quarzfilter	249
III.9.5	Sonderfall A/D-gewandelte und digital verarbeitete Signale	251
III.9.6	Intermodulationsfestigkeit	252
III.9.7	Maximaler intermodulationsfreier Dynamikbereich	252
III.9.8	Interceptpunkt	253
III.9.9	Effektiver Interceptpunkt (auch Empfängerfaktor oder ...)	254
III.9.10	Messtechnische Erfassung	256
III.9.11	Problematiken bei der Bestimmung	259
III.9.12	Inbandintermodulation und nichtlineares Übersprechen	265
III.9.13	Messtechnische Erfassung	267
III.10	Kreuzmodulation	270
III.10.1	Entstehung	270
III.10.2	Ionosphärische Kreuzmodulation	273
III.10.3	Messtechnische Erfassung	274
III.10.4	Problematiken bei der Bestimmung	275
III.11	Betriebsgüte selektiver HF-Preselektoren	276
III.11.1	Dynamikzugewinn durch Vorselektion hoher Güte	277
III.11.2	Messtechnische Erfassung	278
III.12	Großsignalverhalten allgemein	282
III.12.1	Konkretes Exempel	283
III.12.2	Der IP3-Interpretationsirrtum	286
III.13	Summenmessverfahren	288
III.13.1	Rauschleistungsverhältnis(maß)	288

III.13.2	Messtechnische Erfassung	289
III.13.3	Problematiken bei der Bestimmung	291
III.14	NF-Wiedergabeeigenschaften	292
III.14.1	NF-Frequenzgang	292
III.14.2	Messtechnische Erfassung	293
III.14.3	Wiedergabequalität und Verzerrungen	294
III.14.4	Messtechnische Erfassung	295
III.14.5	Problematiken bei der Bestimmung	296
III.15	Regelverhalten der automatischen Verstärkungsregelung (AGC)	297
III.15.1	Statisches Regelverhalten	297
III.15.2	Messtechnische Erfassung	299
III.15.3	Zeitdynamisches Regelverhalten	300
III.15.4	Messtechnische Erfassung	303
III.16	Frequenzstabilität	305
III.16.1	Messtechnische Erfassung	306
III.16.2	Problematiken bei der Bestimmung	307
III.17	Charakteristiken der Rauschsperr	308
III.17.1	Messtechnische Erfassung	309
III.18	Empfängerstörstrahlung	310
III.18.1	Messtechnische Erfassung	312
III.18.2	Problematiken bei der Bestimmung	312
III.19	(Relative) Empfangssignalstärke und S-Werte	313
III.19.1	Definition und festgesetzte Pegel für S-Werte	316
III.19.2	Messtechnische Erfassung	318
III.19.3	Problematiken bei der Bestimmung	318
III.20	AM-Unterdrückung des F3E-Empfangszugs	321
III.20.1	Messtechnische Erfassung	322
III.21	Suchgeschwindigkeit des Scan-Betriebsmodus	324

III.21.1	Messtechnische Erfassung	325
	Literatur	327
IV	(MODELL FÜR DIE) BETRIEBSPRAKTISCHE BEWERTUNG VON FUNKEMPFÄNGERN	331
IV.1	Sachlage	331
IV.2	Objektive Bewertung betriebspraktischer Eigenschaften	333
IV.2.1	Kaum gleiche Bedingungen anzutreffen	333
IV.2.2	Approximation nicht möglich	335
IV.3	Betriebspraxis kann Aufschluss geben	337
IV.3.1	Vergleichsgerät hilft	339
IV.3.2	Feine Unterscheidung kaum möglich und nötig	340
IV.4	Interpretation (und Zusammensetzung der Tabelle der BetriebsPRAXIS)	341
IV.4.1	Der Zugewinn an Information	342
IV.5	Individuelle Gerätedetails	344
	Literatur	345
V	ANHANG	347
V.1	Kaskade rauschender Zweitore (Gesamtrauschverhalten)	347
V.2	Kaskade intermodulierender Zweitore (Gesamtintermodulationsverhalten)	352
V.2.1	Gesamtinterceptpunkt dritter Ordnung	352
V.2.2	Gesamtinterceptpunkt zweiter Ordnung	354
V.2.3	Rechnergestützte Berechnungen	355
V.3	Mathematischer Entstehungsprozess von Intermodulation	357
V.3.1	Intermodulation zweiter Ordnung	358
V.3.2	Intermodulation dritter Ordnung	358
V.3.3	Weitere Terme im Übertragungskennlinienpolynom	360

Inhaltsverzeichnis

V.4	Mischung und Ableitung von Nebenempfang	364
V.4.1	Mischung = Multiplikation	364
V.4.2	Mehrdeutiger Mischvorgang	366
V.5	Geografische Aufteilung der Erde in Regionen gemäß ITU RR	369
V.6	Merkmale der Sendarten gemäß ITU RR	370
V.7	dB?-Konvertierungspraxis	378
V.7.1	Spannungs-, Strom- und Leistungspegel	378
V.7.2	Elektrische und magnetische Feldstärke-, (Leistungs-)Flussdichtepegel	380
Literatur		382
FACHGLOSSAR ENGLISCH ⇨ DEUTSCH		385
TABELLENVERZEICHNIS		429
STICHWORTVERZEICHNIS		431