

# Inhaltsverzeichnis

<b>FUNKEMPFÄNGERKOMPENDIUM</b>	<b>1</b>
<b>VORWORT</b>	<b>5</b>
Danksagung	6
<b>INHALTSVERZEICHNIS</b>	<b>9</b>
<b>I    FUNKTIONSWEISE VON FUNKEMPFÄNGERN</b>	<b>17</b>
<b>I.1    Zur Einleitung etwas Historie</b>	<b>17</b>
I.1.1    Resonanzempfänger, Fritter, Kohärer und quadratischer Detektor(-Empfänger)	17
I.1.2    Der Schritt zum Audion	18
<b>I.2    Gegenwärtige Konzeptionen</b>	<b>21</b>
I.2.1    Einfachsuperhet	21
I.2.2    Mehrfachsuperhet	26
I.2.3    Direktmischer	32
I.2.4    Digitalempfänger	37
<b>I.3    Ausführungsbeispiel (voll-)digitaler Funkempfänger</b>	<b>45</b>
I.3.1    Funktionsblöcke der digitalen Signalverarbeitung	46
I.3.2    Der A/D-Wandler als Schlüsselement	47
I.3.3    Umsetzung auf Frequenz Null	52
I.3.4    Präzision und Reproduzierbarkeit	57
I.3.5    VFO zur Frequenzabstimmung	57
I.3.6    Weitere erforderliche Hardware	60
I.3.7    Empfangsfrequenzexpansion durch Unterabtastung	62
<b>Literatur</b>	<b>65</b>

<b>II</b>	<b>FUNKEMPFÄNGER: EINSATZGEBIETE UND ANWENDUNGEN</b>	<b>67</b>
<b>II.1</b>	<b>Prolog</b>	<b>67</b>
<b>II.2</b>	<b>Drahtloses Fernwirken</b>	<b>70</b>
II.2.1	Funk-Rundsteuerung	72
<b>II.3</b>	<b>Nichtöffentliche Funkdienste</b>	<b>74</b>
II.3.1	Flugfunk	74
II.3.2	Seefunk	76
II.3.3	Landfunk	79
II.3.4	Amateurfunk	81
II.3.5	Mobilfunk	84
<b>II.4</b>	<b>Funkaufklärung, Funküberwachung</b>	<b>85</b>
II.4.1	Vielschichtige Signalarten	88
II.4.2	Suchen und aufspüren	91
II.4.3	Aussendungen überwachen	98
II.4.4	Funkszenarien klassifizieren und auswerten	101
II.4.5	Empfänger versus Spektrumanalysator	105
<b>II.5</b>	<b>Richtungsbestimmung und Standortbestimmung</b>	<b>109</b>
II.5.1	Grundlegende Prinzipien der Funkpeilung	109
II.5.2	In Funkaufklärung und Funküberwachung	122
II.5.3	In Flugnavigation und Flugsicherung	125
II.5.4	In Schiffsnavigation und Schifffahrt	127
<b>II.6</b>	<b>Terrestrischer Hörrundfunkempfang</b>	<b>129</b>
<b>II.7</b>	<b>Zeitzeichenempfang</b>	<b>134</b>
<b>II.8</b>	<b>Moderne Funkfrequenznutzung und Frequenzökonomie</b>	<b>137</b>
II.8.1	Bündelfunknetze	137
II.8.2	Cognitive Radio	137
	<b>Literatur</b>	<b>139</b>

---

<b>III</b>	<b>EMPFÄNGEREIGENSCHAFTEN UND DEREN MESSTECHNISCHE ERMITTLUNG</b>	<b>143</b>
<b>III.1</b>	<b>Zweck und Nutzen</b>	<b>143</b>
<b>III.2</b>	<b>Vorbereitungen zur messtechnischen Untersuchung</b>	<b>145</b>
III.2.1	Sonderfall korrelative Rauschunterdrückung	146
III.2.2	Sonderfall digitale Funkstandards	147
<b>III.3</b>	<b>Empfängereingangsanpassung/-impedanz</b>	<b>149</b>
III.3.1	Messtechnische Erfassung	152
III.3.2	Problematiken bei der Bestimmung	152
<b>III.4</b>	<b>Empfindlichkeit</b>	<b>153</b>
III.4.1	Physikalische Grenzen	153
III.4.2	Rauschzahl und Rauschmaß	155
III.4.3	Messtechnische Erfassung	157
III.4.4	Äquivalente Rauschbandbreite	159
III.4.5	Grenzempfindlichkeit	162
III.4.6	Messtechnische Erfassung	164
III.4.7	Eingangsräuschspannung	165
III.4.8	Signal/Störabstand und Betriebsempfindlichkeit – $S/N$ , $(S+N)/N$ , SINAD	166
III.4.9	Deemphasis	171
III.4.10	Maximaler Signal/Störabstand	173
III.4.11	Messtechnische Erfassung	175
III.4.12	Problematiken bei der Bestimmung	175
<b>III.5</b>	<b>Störstellenempfang</b>	<b>177</b>
III.5.1	Entstehung von Eigenempfangsstellen	177
III.5.2	Messtechnische Erfassung	177
III.5.3	Spiegelfrequenzempfang und -unterdrückung	178
III.5.4	ZF-Durchschlag und -Durchschlagsdämpfung	181
III.5.5	Zusätzliche Empfangsstörstellen	182
III.5.6	Messtechnische Erfassung	182
III.5.7	Sonderfall des linearen Nebensprechens	183
III.5.8	Messtechnische Erfassung	184

III.5.9	Problematiken bei der Bestimmung	185
<b>III.6</b>	<b>Nahselektivität</b>	<b>186</b>
III.6.1	Empfangsbandbreite und Formfaktor (Shape-Faktor)	186
III.6.2	Messtechnische Erfassung	187
III.6.3	Nachbarkanalunterdrückung	189
III.6.4	Messtechnische Erfassung	189
III.6.5	Problematiken bei der Bestimmung	190
<b>III.7</b>	<b>Reziprokes Mischen</b>	<b>193</b>
III.7.1	ESB-Rauschen	193
III.7.2	Nichtharmonische (trägernahe) Verzerrungen	196
III.7.3	Empfindlichkeitsminderung durch Reziprokes Mischen	196
III.7.4	Messtechnische Erfassung	200
III.7.5	Problematiken bei der Bestimmung	202
<b>III.8</b>	<b>Blocking</b>	<b>203</b>
III.8.1	Kompression im HF-Frontend oder ZF-Teil	203
III.8.2	Ansprechen der AGC auf Störsignale	203
III.8.3	Störabstandsreduzierung durch Blocking	204
III.8.4	Messtechnische Erfassung	204
III.8.5	Problematiken bei der Bestimmung	205
<b>III.9</b>	<b>Intermodulation</b>	<b>207</b>
III.9.1	Entstehung	207
III.9.2	Intermodulation zweiter und dritter Ordnung	207
III.9.3	Intermodulation höherer Ordnung	214
III.9.4	Sonderfall elektromechanische und keramische Filter sowie Quarzfilter	216
III.9.5	Sonderfall A/D-gewandelte und digital verarbeitete Signale	218
III.9.6	Intermodulationsfestigkeit	219
III.9.7	Maximaler intermodulationsfreier Dynamikbereich	220
III.9.8	Interceptpunkt	220
III.9.9	Effektiver Interceptpunkt (auch Empfängerfaktor oder ...)	222
III.9.10	Messtechnische Erfassung	223
III.9.11	Problematiken bei der Bestimmung	226

III.9.12	Inbandintermodulation und nichtlineares Übersprechen	233
III.9.13	Messtechnische Erfassung	235
<b>III.10</b>	<b>Kreuzmodulation</b>	<b>237</b>
III.10.1	Entstehung	237
III.10.2	Ionosphärische Kreuzmodulation	239
III.10.3	Messtechnische Erfassung	241
III.10.4	Problematiken bei der Bestimmung	242
<b>III.11</b>	<b>Betriebsgüte selektiver HF-Preselektoren</b>	<b>243</b>
III.11.1	Messtechnische Erfassung	244
<b>III.12</b>	<b>Großsignalverhalten allgemein</b>	<b>246</b>
III.12.1	Konkretes Exempel	247
III.12.2	Der IP3-Interpretationsirrtum	250
<b>III.13</b>	<b>NF-Wiedergabeeigenschaften</b>	<b>252</b>
III.13.1	NF-Frequenzgang	252
III.13.2	Messtechnische Erfassung	253
III.13.3	Wiedergabequalität und Verzerrungen	254
III.13.4	Messtechnische Erfassung	255
III.13.5	Problematiken bei der Bestimmung	256
<b>III.14</b>	<b>Regelverhalten der automatischen Verstärkungsregelung (AGC)</b>	<b>257</b>
III.14.1	Statisches Regelverhalten	257
III.14.2	Messtechnische Erfassung	259
III.14.3	Zeitdynamisches Regelverhalten	260
III.14.4	Messtechnische Erfassung	263
<b>III.15</b>	<b>Frequenzstabilität</b>	<b>265</b>
III.15.1	Messtechnische Erfassung	266
III.15.2	Problematiken bei der Bestimmung	266
<b>III.16</b>	<b>Charakteristiken der Rauschsperr</b>	<b>268</b>
III.16.1	Messtechnische Erfassung	269
<b>III.17</b>	<b>Empfängerstörstrahlung</b>	<b>270</b>

III.17.1	Messtechnische Erfassung	271
III.17.2	Problematiken bei der Bestimmung	272
<b>III.18</b>	<b>(Relative) Empfangssignalstärke und S-Werte</b>	<b>273</b>
III.18.1	Definition und festgesetzte Pegel für S-Werte	276
III.18.2	Messtechnische Erfassung	278
III.18.3	Problematiken bei der Bestimmung	278
<b>III.19</b>	<b>AM-Unterdrückung des F3E-Empfangszugs</b>	<b>281</b>
III.19.1	Messtechnische Erfassung	282
<b>Literatur</b>		<b>283</b>
<b>IV</b>	<b>(MODELL FÜR DIE) BETRIEBSPRAKTISCHE BEWERTUNG VON FUNKEMPFÄNGERN</b>	<b>285</b>
<b>IV.1</b>	<b>Sachlage</b>	<b>285</b>
<b>IV.2</b>	<b>Objektive Bewertung betriebspraktischer Eigenschaften</b>	<b>287</b>
IV.2.1	Kaum gleiche Bedingungen anzutreffen	287
IV.2.2	Approximation nicht möglich	288
<b>IV.3</b>	<b>Betriebspraxis kann Aufschluss geben</b>	<b>291</b>
IV.3.1	Vergleichsgerät hilft	293
IV.3.2	Feine Unterscheidung kaum möglich und nötig	294
<b>IV.4</b>	<b>Interpretation (und Zusammensetzung der Tabelle der BetriebsPRAXIS)</b>	<b>295</b>
IV.4.1	Der Zugewinn an Information	296
<b>IV.5</b>	<b>Individuelle Gerätedetails</b>	<b>298</b>
<b>Literatur</b>		<b>299</b>
<b>V</b>	<b>ANHANG</b>	<b>301</b>
<b>V.1</b>	<b>Kaskade rauschender Zweitore (Gesamtrauschverhalten)</b>	<b>301</b>
<b>V.2</b>	<b>Kaskade intermodulierender Zweitore (Gesamtintermodulationsverhalten)</b>	<b>306</b>
V.2.1	Gesamtinterceptpunkt dritter Ordnung	306

V.2.2	Gesamtinterceptpunkt zweiter Ordnung	308
V.2.3	Rechnergestützte Berechnungen	309
<b>V.3</b>	<b>Mathematischer Entstehungsprozess von Intermodulation</b>	<b>311</b>
V.3.1	Intermodulation zweiter Ordnung	312
V.3.2	Intermodulation dritter Ordnung	312
V.3.3	Weitere Terme im Übertragungskennlinienpolynom	314
<b>V.4</b>	<b>Merkmale der Sendarten gemäß ITU RR</b>	<b>318</b>
<b>Literatur</b>		<b>326</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>		<b>327</b>
<b>STICHWORTVERZEICHNIS</b>		<b>329</b>