

Inhalt

1 Die Systemfaktoren	1
1.1 Satellitenkommunikation – Möglichkeiten, Wirtschaftlichkeit	1
1.2 Satellitennetze – Topologien, Betriebskonzepte	2
1.3 Kategorien von Satellitendiensten	2
1.3.1 Zuordnung der Dienste zu Kommunikations-Typen	3
1.4 Die Frequenzkoordinierung	4
1.5 Notwendigkeit der Koordinierung	6
1.6 Zusammenfassung	7
Literatur	7
2 Orbits	9
2.1 Überblick	9
2.2 Umlaufbahnen	10
2.3 Der Geostationäre Orbit	11
2.4 Inklinierte geostationäre Bahnen	13
2.4.1 Der leicht inklinierte geostationäre Orbit	13
2.4.2 Der inklinierte geostationäre Orbit	13
2.5 Der erdnahe kreisförmige Orbit	14
2.6 Der polare Orbit	15
2.7 Der hoch inklinierte elliptische Orbit	16
2.8 Konstellationen von umlaufenden Satelliten	16
2.9 Extraterrestrische Orbits	17
2.10 Zusammenfassung	17
Literatur	18
3 Satellitendienste, Frequenzen und Projektmanagement	19
3.1 Überblick	19
3.2 Definitionen der Satellitenfunkdienste	20
3.3 Frequenzbänder im Satellitenfunk	27
3.4 Ausgewählte Frequenzbandunterteilungen	32
3.4.1 C-Band	33
3.4.2 Ku-Band	33
3.4.3 Ka-Band	33

3.5	Ungeplante und geplante Bänder	35
3.6	Sonstige Dienste und Sonderdienste	36
3.6.1	Litte Leo-Dienste	36
3.6.2	Big LEO-Dienste	36
3.6.3	Aeronautische Dienste	36
3.6.4	Sonderdienste	37
3.7	Militärische Anmeldungen	42
3.8	Sonderanwendungen in Industrie, Wissenschaft, Medizin	43
3.9	Lizenzfreier Funk und Betrieb	44
3.10	Auslegung und Dimensionierung von Satellitenstrecken	45
3.11	Frequenzkoordinierung als Teil des Projektmanagements	46
3.12	Zusammenfassung	52
	Literatur	52
4	Übertragungstechnik und Linkbudgets	55
4.1	Überblick, das Signal, das Rauschen, die Verfahren	55
4.2	Die Ende-zu-Ende-Übertragung über Satellit	56
4.3	Linkbestimmende Satellitenparameter	62
4.4	Linkbestimmende Terminalparameter	69
4.5	EIRP	77
4.5.1	Die Sendeleistung P	77
4.5.2	Der Sendegewinn G	77
4.5.3	Die EIRP	78
4.6	Einheitsgewinn, Spezifische Leistung, Feldstärke	79
4.6.1	Der Einheitsgewinn UG	79
4.6.2	Die spezifische Empfangsleistung	79
4.6.3	Die Feldstärke	81
4.7	Der Gütefaktor G-T	82
4.8	Linkbestimmende Abstrahlbegrenzungen	84
4.8.1	Leistungsflussdichtebeschränkungen von Satelliten	84
4.8.2	Außer-Band-Abstrahlung im Spektrum	88
4.8.3	Nebenaussendungsbegrenzung Erde-Satellit	89
4.8.4	Ergebnis und Empfehlung	96
4.8.5	Zusammenfassung zu Abstrahlbegrenzungen	97
4.9	Die Ausbreitungsverluste PL für Uplink und Downlink	98
4.9.1	Relevante ITU-Recommendations zur Charakterisierung der Übertragungsstrecke	100
4.9.2	Die Funkfeld-Dispersion FD	108
4.9.3	Die Verluste AD in der trockenen Atmosphäre	110
4.9.4	Die Regendämpfung RD	110
4.9.5	Zusammenfassung der Ausbreitungsverluste PL	113
4.10	Das Träger-Rauschleistungsverhältnis C-N	114
4.10.1	Die Trägerleistung C	114
4.10.2	Die Rauschleistung N	116
4.10.3	Das Träger/Rauschleistungs-dichteverhältnis	118
4.10.4	Das Träger/Rauschleistungsverhältnis serieller Strecken	118

4.11 Verfügbarkeit der Strecke – <i>Link Availability</i>	119
4.12 Kanalabhängige Bitrate, Codierung und Modulation	121
4.13 Verschlüsselung, Zugriffsverfahren, Codierung	122
4.13.1 Verschlüsselung	123
4.13.2 Bündelung und Zugriffsverfahren	123
4.13.3 Kanalcodierung	127
4.13.4 Interleaver	138
4.14 Modulationsverfahren	139
4.14.1 Amplitudenmodulation – ASK	140
4.14.2 Phasenmodulation	141
4.14.3 Frequenzmodulation – MSK, GMSK	144
4.15 Der Spektralabfall – der Roll-Off Faktor – die benötigte Satellitenbandbreite	145
4.16 Die benötigte Bandbreite im Satelliten	147
4.17 Frequenzumsetzung	149
4.18 Die Streckenbilanz der Übertragung	150
4.18.1 Modellierungsmethoden der Satellitenstrecke	150
4.18.2 Haben des Strecken-Träger/Rauschleistungsverhältnisses ...	152
4.18.3 Soll des Strecken-Träger-/Rauschleistungsverhältnisses ...	153
4.18.4 Soll gleich Haben der Mehrträger-Satellitenübertragung ...	154
4.18.5 Verbindungen zwischen Satelliten	155
4.18.6 Verbindungen Flugkörper-zu-Satellit	155
4.19 Zusammenfassung	157
Literatur	158
5 Funkstörung/Funkverträglichkeit/Frequenzkoordinierung	161
5.1 Überblick	161
5.2 Linkeinflüsse einzelner Elemente auf Gesamtbudget	162
5.2.1 Rauschbegrenzte Links	162
5.2.2 Intermodulationsbegrenzte Links	164
5.2.3 Interferenz- bzw. Koordinierungsbegrenzte Links	164
5.3 Die Funkstörung	168
5.3.1 Rechenmethoden zur Quantifizierung von Interferenzen ...	168
5.3.2 Hilfsberechnungen	171
5.3.3 Störpegelberechnung gemäß ITU Appendix 8 – das $\Delta T/T$...	175
5.3.4 Störpegelberechnung gemäß ITU-Rec S. 741 – das C – I ...	179
5.3.5 Die zulässige Störung	181
5.4 Möglichkeiten zur Entkopplung störender Interferenzen in der Satellitenkommunikation	181
5.5 Koordinierung zwischen geostationären Satelliten	187
5.6 Koordinierung zwischen NGSO- und GEO-Systemen	196
5.7 Koordinierung von Satellitensystemen mit terrestrischen Funkdiensten	204
5.8 Koordinierung der Erdfunkstelle mit terrestrischem Funk	207
5.8.1 Azimut und Elevation zum Satelliten und Horizont der Erdfunkstelle	208

5.8.2	Die Bestimmung des Horizonts θ um die Erdfunkstelle	209
5.8.3	Die Koordinierungsentfernung um die Erdfunkstelle	210
5.8.4	Koordinierung der Erdfunkstelle mit terrestrischem Funk innerhalb des Koordinierungsgebietes	214
5.8.5	Die Fall-zu-Fall-Koordinierung einer Erdfunkstelle mit terrestrischen Funkstationen	216
5.9	TVRO	220
5.10	SNG	221
5.11	VSAT	221
5.12	Konstellationen	221
5.13	HAPs	222
5.14	Sekundärnutzung/NIB	222
5.15	Laser-Kommunikation	223
5.16	Zusammenfassung	223
	Literatur	225
6	Die Internationale Regulierungsbehörde	227
6.1	Die ITU und deren Funksektor	227
6.1.1	Der Radiocommunications Sector der ITU	228
6.1.2	Das Radio Regulations Board	232
6.1.3	Die Studiengruppen des Funksektors der ITU	233
6.1.4	Die Weltfunkkonferenzen und deren Vorbereitung	233
6.2	Radio Regulations und Rules of Procedure	237
6.2.1	Historie	237
6.2.2	Struktur der Radio Regulations	239
6.2.3	Preface	240
6.2.4	Chapter 1, Terminologie	241
6.2.5	Chapter 2, Frequenzplan	243
6.2.6	Chapter 3, Anmeldungen und Koordinierungen	252
6.2.7	Chapter 4, Interferenzen	264
6.2.8	Chapter 6, Anforderungen an Stationen und Dienste	265
6.2.9	Weitere Bestimmungen	269
6.2.10	Appendices zu den Artikeln	270
6.3	ITU-Recommendations	281
6.4	Korrespondenzmedien der ITU	285
6.4.1	ITU-Master International Frequency Register (MIFR)	286
6.4.2	Circular Letters (CR) und die International Frequency Information Circular (BR-IFIC)	287
6.4.3	Filing-Übersichten gemäß ITU-Datenbanken	290
6.4.4	Bearbeitung der Filings mittels BRSOFT	297
6.5	Zusammenfassung	303
	Literatur	304
7	Das deutsche Szenar	305
7.1	Deutsche Satellitensysteme bzw. -Anmeldungen	305

7.1.1	Geostationäre Satellitensysteme	305
7.1.2	Nichtgeostationäre Satellitensysteme	310
7.2	Das Telekommunikationsgesetz (TKG) in Deutschland	311
7.3	BNetzA und NARFA GE	313
7.3.1	Bundesnetzagentur	314
7.3.2	NARFA GE	315
7.4	Der Frequenzbereichszuweisungsplan	316
7.5	Der Frequenznutzungsplan der BNetzA	316
7.6	Nationale Anmeldungen von Bodenstationen bzw. Satelliten – Verwaltungsvorschrift Satellitenfunk	317
7.6.1	Allgemeine Vorgaben	319
7.6.2	Frequenzzuteilungsverfahren für Erdfunkstellen	319
7.6.3	Frequenzzuteilungsverfahren für Satellitenfunknetze	320
7.6.4	Übertragung der Orbit- und Frequenznutzungsrechte auf den Antragsteller	321
7.7	Anmeldung und Koordinierung von Satelliten-Bodenstationen	322
7.8	Anmeldung von Satellitensystemen	324
7.8.1	Vorausveröffentlichung (Advance Publication „A“)	327
7.8.2	Einsprüche, der Requests for Coordination „C“, die Koordinierung	329
7.8.3	Notifizierung (Notification, „N“); der „Trigger Angle“; RR11C	333
7.9	Korrespondenzen und Störungsmeldungen	335
7.10	Nationale und ITU-Anmeldungsgebühren	336
7.11	Zusammenfassung	337
	Literatur	338
8	Regionale und nationale Institutionen	339
8.1	Die staatenübergreifenden Behörden Europas	339
8.1.1	CEPT	340
8.1.2	Europäische Regulierungsbehörde ECC und ECO	341
8.1.3	ETSI	345
8.1.4	EU und EC	350
8.2	Außereuropäische staatenübergreifende Gremien	354
8.3	Weitere deutschsprachige Frequenzagenturen	354
8.3.1	Österreich	355
8.3.2	Schweiz	356
8.3.3	Niederlande	357
8.4	Zusammenfassung	358
	Literatur	359
9	Schlussbetrachtungen und Ausblick	361
9.1	Überblick	361
9.2	Frequenzkoordinierung – Merksätze	362
9.3	Ausblick	363

10 Mindestabgaben für Satellitenanmeldungen per Circular Letter CR/86	365
11 Mindestangaben für Satellitenanmeldungen	377
11.1 Antragsbeispiel über BNetzA (aus Kapitel 7), Auszug des Antragsformular für die grundlegenden Angaben	379
12 Finden einer GEO-Position – SNL, SNS	381
12.1 Prüfung der Space Network List (SNL)	383
12.2 Prüfung der SNL auf Anmeldungsdatum	387
12.3 Prüfung der SRS bzw. GIMS-Datenbank der ITU auf Ausleuchtzonen	387
12.4 Prüfung der SNS-Liste auf Frequenzen und Polarisationen	387
12.5 Verhandlung mit existierenden Betreibern	388
12.6 Ausweichen in höhere Frequenzbänder	388
13 Antragsbeispiele API bzw. RfC (CR/C)/ITU	391
13.1 API-Anmeldung eines Satellitensystems mit niedrigfliegendem Satelliten	392
13.2 Prinzipdarstellung der Inhalte einer C-Veröffentlichung eines geostationären Satellitensystems	396
13.3 Beispiel einer CR/C-Anmeldung „Strahlemann“	397
14 Agenda Items der WRC-12	401
15 Liste der verwendeten Abkürzungen	405
16 Relevante Definitionen	415
Sachverzeichnis	419