

Frequenzen und ihre Koordinierung

»... erhalte die Ordnung damit die Ordnung Dich erhält!«

Dieser Leitsatz gilt nirgendwo so sehr wie im Funkwesen; um „Wellensalat“ zu verhindern und das endliche Spektrum so vielen wie möglich zugänglich zu machen, gilt der „§1 der Funkverkehrsordnung“¹:

► Das Frequenzspektrum ist störungsfrei und bandbreiteneffizient zu nutzen.

Wie ist die Nutzung national und international geregelt? Wie lässt man einen Satelliten zu? Wie verhindert man „Wellensalat“ (s. Abb. 3.1)?

Ähnlich dem internationalen Register für Schiffe gibt es bei den Vereinten Nationen ein Zentralregister der Satelliten. Über dieses Register können eigentumsrechtliche Prozesse geführt werden wie die in der Schifffahrt üblichen Pfändungsfälle. Die Eintragung erfolgt nach dem Eigentümerstaat. Deutsche Satelliten werden über das Bundesamt für Luftfahrt (BS) angemeldet. Bislang wurden über 100 deutsche Satelliten eingetragen (und etwa 10 geflogen).

Die funktechnische Anmeldung erfolgt bei der Internationalen Fernmeldeunion (*International Telecommunications Union*; ITU), die die Funkverträglichkeit des Betriebs sicherstellt. Die Orbitpositionen und das Frequenzspektrum (von 7 kHz bis 1000 GHz, via Satellit und terrestrisch genutzt) werden von der ITU verwaltet. Sie reguliert und bittet alles was funkt, vom Garagensoröffner bis zum Hochleistungsradar.

Der ITU wurde zu Beginn der Funktechnik im Jahr 1863 in Genf begründet und im Jahr 1947 in die UNO eingegliedert. Heute gehören ihr ca. 200 Nationen an, in den drei in Abb. 3.2 gezeigten Regionen der Welt (die schattierten Gebiete sind für Ausbreitungszwecke als die Tropen definiert).

¹ Ähnlich dem § 1 der Strassenverkehrsordnung („Jeder Verkehrsteilnehmer hat sich so zu verhalten, dass kein Anderer geschädigt, gefährdet oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird“), lautet der § 1 der Funkverkehrsordnung (Fernmeldegesetz): „Das Frequenzspektrum ist effizient und störungsfrei zu benutzen, so dass kein Anderer geschädigt, gefährdet oder mehr, als nach den Umständen unvermeidbar, behindert oder belästigt wird“.

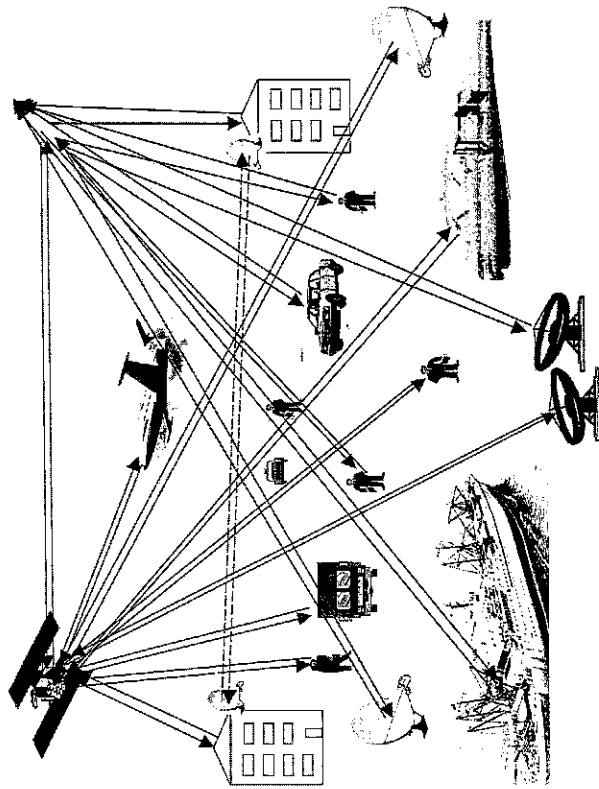


Abb. 3.1 Die verschiedenen Funkstrecken im ortsfesten Satellitenfunk (Satellit zu Gebäude), mobilen Satellitenfunk (Satellit zum Handy, Auto, Zug, Flugzeug und Schiff) und terrestrisch (Gebäude zu Gebäude; gestrichelt), alle auf der gleichen Frequenz

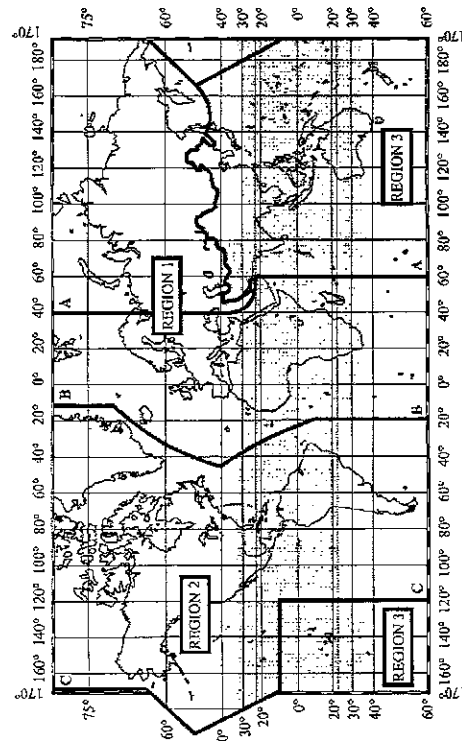


Abb. 3.2 Die drei Verwaltungsregionen der ITU: Europa, Afrika und GUS (1), der amerikanische Kontinent (2) und die übrige Welt (3)

Die Unterteilung der Welt in drei Regionen war eine pragmatische Lösung des Problems der weltweiten Regelung: Was in Asien vorteilhaft ist, ist in Europa nicht immer optimal. Trotzdem versucht man verstärkt die Harmonisierung der regionalen Regelungen, das heisst, ihre Verschmelzung auf weltweiter Basis.

Die *Constitution*, die *Convention*, sowie die *Administrative Regulations* der ITU bilden gemäss Artikel 4 der *Constitution* die Rechtsgrundlage für die Behörde und sind gemäss Artikel 6 der *Constitution* von den Mitgliedsstaaten bei der Errichtung und dem Betrieb von Telekommunikationsanlagen und -stationen zu beachten, die dem internationalen Telekommunikationsservice dienen oder in der Lage sind, schadhafte Einfluss auf Funkdienste anderer Länder zu nehmen.

Dieses Regelwerk der ITU wird alle vier Jahre aktualisiert, zuletzt während der *Plenipotentiary Conference* (Konferenz der Regierungsbevollmächtigten) 2006.

Die ITU hat drei Sektoren: den *Radiocommunications Sector* (ITU-R) für die Funkdienste und Orbitpositionen, den *Telecommunications Standardisation Sector* (ITU-S) und den *Development Sector* (ITU-D) zur Unterstützung der Drittländer.

Der ITU-S hat für Nutzerendgeräte für *Global Mobile Personal Communications Services* (GMPCS) eine *Registration Mark* („TUV-Plakette“) erlassen. Handys und Terminals mit dieser Plakette dürfen in allen Mitgliedsstaaten der ITU *roamen* (dürfen also auch nicht bei der Einreise in manche Staaten vom Zöllner entfernt werden, wie das bei B-Netz-Telefonen noch der Fall war).

Die ITU-Mitglieder waren früher nur die hoheitlichen Regierungsbehörden; in Zukunft soll auch die Industrie mit mehr Rechten zugelassen werden.

Die Funkdienste und die Orbitpositionen werden in der ITU-R mit Hilfe der *Radio Regulations* (RR) behandelt, einem Teil der o.g. *Administrative Regulations*. Sie haben gemäss Artikel 4 der *Convention* ausdrücklich rechtsverbindenden Charakter für die Mitgliedsstaaten.

Die ITU-R veranstaltet ca. alle drei Jahre eine Weltfunkkonferenz², in der die Mitgliedsstaaten das Prozedere festlegen, wie die Frequenzen zu verteilen und zu regulieren sind. Der ITU-Stab in Genf verwaltet nach diesen Vorgaben. Das Verteilen geschieht wie folgt:

- Zuweisung (*Allocation*) von Frequenzen an Dienste,
- Zuteilung (*Assignment*) von Frequenzen an Betreiber oder Nutzer,
- Zuordnung (*Allotment*) von Frequenzen an Länder.

ITU-Anmeldungen können nur über designierte nationale Behörden getätigt werden – in Deutschland die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNNetzA; zuvor Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post – RegTP) im BMWA, Bonn.

Seit 1992 („*Iridium Conference*“) und spätestens im Jahr 1995 („*GlobalStar*“) und „*1. Teledesic Conference*“) haben insbesondere die USA die weltwirtschaftliche Bedeutung der Funkkonferenzen erkannt und für sich genutzt. Eine Gegenkraft könnte eine proaktive Haltung Europas in der Satellitenkommunikation sein.

Auch die EC beginnt schrittweise, Sachverstand und Diplomatie in die internationalen Abstimmungen einzubringen.

² WRC/World Radiocommunications Conference; 1967 (Maritime Services), 1971, 1974 (Maritime Conference), 1977 (die fatale 1. BSS-Konferenz), 1979 (Mammot-Konferenz von 12 Wochen; dann 13 Jahre Unterbrechung), 1992 (IRIDIUM-Konferenz), 1995 (GlobalStar und 1. Teledesic-Konferenz), 1997 (2. TELEDISIC-Konferenz), 2000 (1. GALILEO- und 2. BSS-Konferenz), 2003 (2. Galileo Konferenz), 2007.

3.1 Orbitzuweisungen

Es gibt neben den von den Betreibern beantragten Orbitpositionen auch von der WRC „geplante“ Orbitzuweisungen. Die WRC'77-DBS-Zuteilungen sind ein Beispiel für „Geplante“ (Luxemburg erhielt die Position 19°W, typisch für solche Zuweisungen; ASTRA sitzt auf 19,2°O). Kaum eine WRC'77-Position wurde je genutzt. Die flexibleren, ungeplanten Zuweisungen machen das Geschäft (siehe die mehr als 100 Transponder von ASTRA).

Daneben gibt es aber auch „geplante“ FSS Zuweisungen, die insbesondere von den Ländern gern genutzt werden, die erst jetzt auf Satelliten zugreifen und sich schwer tun würden, sich in den weitgehend vergebenen „ungeplanten“ Bändern und Orbitpositionen einzufügen.

Positions-zuteilungen mit Koordinierungsprozessen auf der Basis gegenseitiger Störberechnung werden wohl in Zukunft die Regel sein. An die Position stellt der Betreiber hauptsächlich die Forderung, dass der Satellit für ihn so hoch wie möglich am Firmament steht, der Erhebungswinkel $\varepsilon > 20^\circ$ ist, für gute Sichtbarkeit insbesondere im urbanen Bereich und für gute Signalausbreitung sorgt; je flacher das Signal empfangen wird, desto leichter wird es gestört und an der Erdoberfläche reflektiert, was zu „Geisterbildern“ führt.

3.1.1 Orbitalabstände

Ein gewisser Abstand zwischen Satelliten muss sein, um die Störung benachbarter Systeme zu vermeiden. Da die Satelliten inhomogen sind (verschiedene Modulationsverfahren, Sendeleistungen etc.), müssen die Abstände noch grösser sein, als wenn alle Satellitennutzlasten gleich wären.

Die Massenanziehungskraft zwischen Satelliten ist in praxi unbedeutend; es können bis zu zehn Satelliten (mit dedizierten Frequenzen oder unterschiedlichen geografischen Zielgebieten) auf derselben Position kolonisiert werden (siehe ASTRA auf 19,2°O). Die Position der Satelliten wird bis auf Meter genau vermessen und auf $< 0,1^\circ$ Länge genau (ca 74 km) eingehalten.

Die Separierung zum Nachbarsatelliten begrenzt die Nutzung des Satelliten – abhängig vom Erdfunkstellendurchmesser. Das Ziel des Betreibers ist es, ein Träger/Störleistungsverhältnis von z.B. $c/i > 100$ zu haben (c ist die eigene Signalleistung, i die durch das Nachbarsystem verursachte Störleistung, beide in W). i ist eine Funktion der Antennendiskriminierung ΔG zum Störer (s. Abb. 3.3).

Für eine geforderte Antennendiskriminierung ΔG (bei gleichen EIRP-Werten muss ΔG für ungestörten Empfang typischerweise > 20 dB sein) ergibt sich für einen vorgegebenen Orbitabstand ein minimal notwendiger Antennendurchmesser. Abbildung 3.3 zeigt die Antennengewinne G_0 (in Hauptstrahlrichtung) zum eigenen Satelliten und G_1 zum Nachbarsatelliten. Die Antennendiskriminierung ist gegeben durch $\Delta G = G_0 - G_1$ in dB.

Tabelle 3.1 zeigt die Antennendiskriminierung ΔG des Nachbarsatelliten (bei $f = 11$ GHz) als Funktion des Antennendurchmessers und des Orbitabstandes.

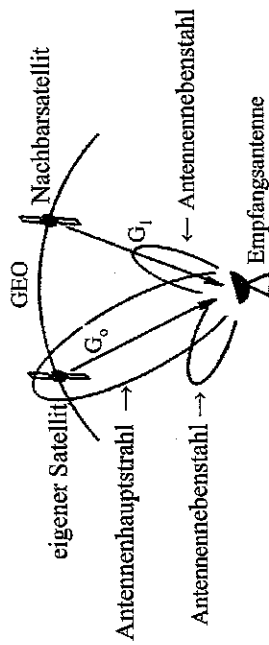


Abb. 3.3 Antennendiskriminierung zum benachbarten Satelliten

Tabelle 3.1 Antennendiskriminierung ΔG [dB] vs. -durchmesser und Orbitabstand für $f = 11$ GHz ($\Delta G > 30$ dB nicht eingetragen)

Orbit- abstand	Antennendurch- messer [m] $\Rightarrow$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
1,0°	0,2	0,4	0,6	1,0	1,4	1,9	2,5	3,2	3,9	4,7	5,6	
1,5°	0,4	0,8	1,4	2,2	3,2	4,3	5,6	7,1	8,8	10,7	12,7	
2,0°	0,6	1,4	2,5	3,9	5,6	7,7	10,0	12,7	15,7	19,0	22,6	
2,5°	1,0	2,2	3,9	6,1	8,8	12,0	15,7	19,8	24,5	29,6	30,0	
3,0°	1,4	3,2	5,6	8,8	12,7	17,3	22,6	28,6	35,3			
3,5°	1,9	4,3	7,7	12,0	17,3	23,5	30,7					
4,0°	2,5	5,6	10,0	15,7	22,6	30,7						
4,5°	3,2	7,1	12,7	19,8	28,6	30,1						
5,0°	3,9	8,8	15,7	24,5	34,4							
5,5°	4,7	10,7	19,0	29,6	42,5							
6,0°	5,6	12,7	22,6	35,5								
6,5°	6,6	14,9	26,5									
7,0°	7,7	17,3	30,7									

Beispiel: Es wird ein Störabstand $\Delta G > 20$ dB gefordert; der Nachbarsatellit ist 3° separiert; der Antennendurchmesser muss $> 0,7$ m, $> 0,8$ m, also $0,75$ m sein.

3.2 Elektromagnetische Verträglichkeit; Störpegelberechnung

Die gegenseitige Verträglichkeit von Funksystemen (auch Satellitensystemen) ist durch ITU-Vorschriften geregelt. Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV, *Electromagnetic Compatibility, EMC*) bedeutet, dass ein System im elektromagnetischen Umfeld leistungseingeschränkt funktioniert und auch keine elektromagnetische Abstrahlung verursacht, die andere stören könnte. Hierzu sind auch die relevanten Satelliten- und Erdfunkstellenparameter festgelegt und die Störpegelberechnung definiert. Abbildung 3.4 zeigt die Störung einer fremden Erdfunkstelle durch den Satelliten, Abb. 3.5 die Störung eines fremden Satelliten durch die eigene Erdfunkstelle (C ist die eigene Signalleistung, I die durch das Nachbarsystem verursachte Störleistung, beide in dBW).

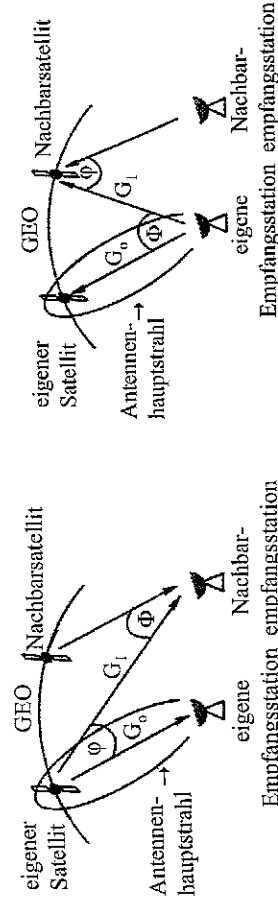


Abb. 3.4 Störung einer fremden Empfangsantenne

Das Träger/Störleistungsverhältnis in der Nachbarempfangsstation (Abb. 3.4) ist

$$C-I = EIRP_{\text{eigener_sat}} - EIRP_{\text{fremder_sat}} + \Delta G_{\text{sat}}(\phi) + \Delta G_{\text{erdf}}(\phi) \quad (3.1a)$$

Das Träger/Störleistungsverhältnis im Nachbarsatelliten ist

$$C-I = EIRP_{\text{fremde_erdf}} - EIRP_{\text{eigene_erdf}}(\phi) + \Delta G_{\text{erdf}}(\phi) + \Delta G_{\text{sat}}(\phi) \quad (3.2a)$$

ΔG sind die Gewinnabfälle der Antennen relativ zur Strahlachse. Es muss nun z.B. $C-I > 35$ dB für einen Störer bzw. $C-I > 30$ dB für die Summe der Störfälle sein. Neue Systeme werden nur zugelassen, wenn sie nachweisbar keine Störung der vorhandenen Systeme verursachen (das Prinzip der *Non Interference* im Verbund mit der *First Come, First Served* Regel).

Die Bestimmung der Störung ist im „RR Appendix 29“ der ITU festgehalten. Man kann die Leistung I entweder auf die eigene Trägerleistung C beziehen, also z.B. $C-I > 35$ dB (trägerbezogen), oder auf die eigene Rauschleistung N (rauschleistungsbezogen). Das erste Konzept ist die $C-I$, das zweite die $\Delta t/t$ Methode.

3.2.1 Die $C-I > 35$ dB Methode

Das analoge Störungskriterium lässt sich als das Verhältnis von Störleistung I zur Trägerleistung C ausdrücken: $C-I$. Für jeden Einzelstörfall sollte $C-I > 35$ dB sein. Die Summe aller Störungen einer Strecke sollte $\Sigma C-I = C - \Sigma I > 30$ dB sein.

3.2.2 Die $\Delta t/t < 6\%$ Methode

Die $C-I$ Betrachtung der Störung lässt außer Acht, wie gut oder schlecht das gestörte $C-N$ ist. Ist es relativ hoch (> 10 dB), spürt der Träger die Störung empfindlich und es ist sinnvoll, $C-I > 30$ dB zu fordern. Ist es relativ niedrig ($C-N < 10$ dB), ist der Träger stark verrauscht und spürt die Störung weniger. Es ist nicht sinnvoll, pauschal $C-I > 30$ dB zu verlangen. Also bezieht man das Verhältnis $C-I$ auf das Träger/Rauschleistungsverhältnis $C-N$ des gestörten Trägers und verlangt

$$(C-I) - (C-N) > 12,2 \text{ dB}, \quad (3.3)$$

das Träger-zu-Störer-Verhältnis muss 12,2 dB besser als das Träger-zu-Rausch-Verhältnis sein; der Störer degradiert das Träger-zu-Rausch-Verhältnis um $< 0,25$ dB.

Kürzt man in Gl. 3.2 die Trägerleistung C , so erhält man $N - I > 12,2$ dB (N das thermischen Rauschen, I die Störleistung). Kürzt man im Verhältnis $N - I$ die Bandbreite B und K (wobei $n = t/b$), so erhält man $T - T_i$ bzw. für $T_i \equiv \Delta T$ die Störung, auch $T - \Delta T > 12,2$ dB bzw.

$$t/\Delta t > 16,7 \quad \text{oder} \quad \Delta t/t < 6\%.$$

Die Störleistung ist nicht auf die Trägerleistung bezogen, sondern auf die eigene Rauschleistung. Diesem $\Delta t/t < 6\%$ entspricht für ein $C-I = 30$ dB das Träger/Rauschleistungsverhältnis $C-N = 17,8$ dB, ein relativ hoher Wert. Typische $C-N$ bei digitaler Übertragung mit Fehlerschutzcodierung liegen bei 5 bis 10 dB.

Der Bezug der Störleistung auf das thermische Rauschen des gestörten Trägers macht die Störpegelberechnung unabhängig von der Fehlerkorrektur auf der gestörten Übertragung. Wird z.B. ein Fehlerkorrekturcode eingesetzt und das $C-N$ der Übertragung um z.B. 5 dB reduziert, ändert diese Codierung nicht das thermische Rauschen N (bzw. T) der Strecke, sondern reduziert nur die benötigte Trägerleistung C .

Die $C-I > 35$ dB Methode würde hier dem Störer 5 dB mehr Störleistung zugestehen. Dies wäre nicht im Sinne dessen, der den Codieraufwand betreibt. Die $\Delta t/t < 6\%$ Methode kann also ohne Berücksichtigung eventueller Codierung angewandt werden, da sie auf die durch die Codierung nicht veränderte Rauschtemperatur T bezogen ist.

Es ist also $\Sigma \Delta t/t < 0,06$ bzw. $< 6\%$ oder 0,25 dB. Wichtig ist: die 6%-Störung gilt pro Störer. Wenn zehn Quellen stören, wird die Gesamtstörung 60%, so dass Rauschen plus Störung 160% (oder $10 \log(1,60) = 2$ dB) des Rauschens werden.

3.2.3 Uplink und Downlink

Bei seriellen Strecken (wie der Satellitenauf- und -abstrecke) werden die Einzelverhältnisse $\Delta t/t$ wie Trägerrauschleistungsverhältnisse zusammengefasst, also

$$\Sigma \Delta t/t = \Delta t_{\text{auf}}/t_{\text{auf}} + \Delta t_{\text{ab}}/t_{\text{ab}},$$

das Störungs/Rauschverhältnis der Aufstrecke wird zum Störungs/Rauschverhältnis der Abstrecke hinzugefügt.

3.2.4 Die Störleistung

Für die Störpegelberechnung werden sowohl die Trägerleistung C (in dBW) als auch die spektrale Leistungsdichte C_0 (in dBW/Hz) verwendet. Für die Störpegelbestimmung nimmt man den Wert von C_0 im Zentrum des Spektrums, wo sie um den Faktor F höher ist, als der über die Bandbreite b gemittelte Wert. Es gilt

$$C_o = C - 10 \log(b) - F,$$

wobei der Faktor F für Frequenzmodulation z.B. 8,5 dB sein kann. Für PSK ist F kleiner, da der digital modulierte Träger über den grösseren Teil der Bandbreite B eine Leistungsdichte nahe der Höchstleistung aufweist.

Für Träger/Rauschverhältnisse $C-N < 17,8$ dB erlaubt die Forderung $\Sigma \Delta f / f < 6\%$ höhere Störleistungspegel (eine erweiterte Koexistenz unter Störbedingung) als die $C-I > 30$ -dB-Pauschalmethode, ohne dabei die gestörte Übertragung unzumutbar zu beeinträchtigen.

Für die Forderung $C-N > 17,8$ dB würde $\Sigma \Delta f / f < 6\%$ niedrigere Störleistungsverhältnisse als die $C-I > 30$ dB-Methode verlangen. Solche $C-N$ -Werte kommen aber kaum vor.

► Die $\Delta f / f$ Methode adaptiert besser an das $C-N$ der gestörten Übertragung als die Pauschalforderung $C-I > 30$ dB aus der analogen Welt.

3.2.5 Die Berechnung

Die Trägerleistung-zu-Störpegelverhältnisse $C-I$ (in dB) werden wie folgt bestimmt:

$$C-I_u = P_{ei} + G_{eff} + G_{rsi} - L_{ui} - [P_{ej} + G_{eff}(\theta_{ji}) + G_{rsi}(\theta_{ji}) - L_{uj}] \text{ in dB} \quad (3.3a)$$

$$C-I_d = P_{si} + G_{rsi} + G_{esi} - L_{di} - [P_{sj} + G_{sf}(\theta_{ji}) + G_{rsi}(\theta_{ji}) - L_{dj}] \text{ in dB} \quad (3.3b)$$

wobei P = Sendeleistung in dBW

G = Antennengewinn = $32 - 25 \log(\theta)$, in dB, θ in Grad

L = Freiraumdämpfung in dB, und die Subscripte sind

e = Erdfunkstelle s = Satellit

u = Uplink d = Downlink

r = Empfang i = gestörtes System

t = Senden j = Störer

Die Summen-Trägerleistung-zu-Störpegelverhältnisse $C-I$ (in dB) ist

$$\frac{C}{I_{\text{total}}} = \frac{1}{\frac{I_{\text{up}}}{C} + \frac{I_{\text{down}}}{C}} \quad (3.4)$$

und $C-I = 10 \log(c/i)$ in dB.

Bei vergleichbaren Strecken ist $L_{ui} = L_{uj}$ und bei vergleichbaren Sendeleistungen $P_{ei} = P_{ej}$, so dass, mit z.B. 3° Winkelseparierung $G = 32 - 25 \log(\theta) = 20,1$ dB und nicht diskriminierender Satellitenantenne (sie empfängt den Störer mit dem gleichen Gewinn G wie das Opfer):

$$C-I_u = G_{eff} + G_{rsi} - G_{eff}(\theta_{ji}) - G_{rsi}(\theta_{ji}) = 40,0 + 33,5 - 20,1 - 33,5 = 19,9 \text{ dB}$$

Bei vergleichbaren Auf- und Abwärtsstrecken (*ceteris paribus*) ist $C-I_d = 19,9$ dB und $C-I_{\text{total}} = 16,9$ dB. Mit je einem Nachbarn zur Rechten und zur Linken, mit vergleichbaren Leistungspegeln, ist die Summe in diesem Fall $C-I_{\text{total}} = 13,9$ dB.

Es könnte noch schlechter ausfallen: Mit einem Störpegel von 6% des eigenen thermischen Rauschens wird das $C-I = 12,2$ dB pro Strecke und Störer, also 9,2 dB Uplink und Downlink zusammen, und $10 \log(n)$ dB weniger, wenn n Störer gleichzeitig arbeiten.

3.2.6 First Come, First Served

Anmeldungen werden gemäss den *Radio Regulations* Artikel 11 und 13 nach dem Prinzip *First Come, First Served* gehandhabt. Neue Systeme (Dienste) dürfen existierende, gleichrangige nicht stören. Eine zugewiesene Position wird dem Betreiber – wenn er sie nutzt – nicht wieder weggenommen. In Fällen, in denen das Verschieben einer (genutzten) Position zu Vorteilen für beide führt, sprechen die Beteiligten miteinander. Beispiele hierfür sind die Verschiebung des ASTRA von $19,0^\circ\text{O}$ auf $19,2^\circ\text{O}$, um Störung mit EUTELSAT zu mindern.

3.2.7 Sekundärzuweisungen

Sekundärzuweisungen auf der Basis „...shall not cause harmful interference to nor shall claim protection from harmful interference from...“ (verursacht weder wesentliche Störung noch verlangt Schutz vor wesentlicher Störung) werden gegenüber Primärzuweisungen häufig angesetzt.

3.2.8 Die Leistungsflussdichte auf der Erde

Die von einem Satelliten produzierte Leistungsflussdichte auf der Erde wird von der ITU so geregelt, dass Satelliten- und terrestrische Systeme koexistieren können. Ein Beispiel ist der Richtfunk im 11 GHz-Band, das auch als Satellitenabwärtsstrecke genutzt wird; hierzu sind z.B. von 8,025 GHz bis 11,7 GHz den Satelliten folgende Grenzwerte gesetzt:

- 126 dBW/m² pro MHz für Einfallswinkel ϵ zwischen 0° und 5° ,
- 126 dBW/m² + $0,5(\epsilon - 5^\circ)$ pro MHz für Einfallswinkel ϵ zwischen 5° und 25° ,
- 116 dBW/m² pro MHz für Einfallswinkel ϵ zwischen 25° und 90° .

Im Frequenzbereich über 11,7 GHz sind 11 dB höhere Leistungsflussdichten erlaubt. Die Bestimmung der Leistungsflussdichte ist wie folgt:

$$P_{ab} \text{ (dBW in 1 MHz)} = \text{EIRP} - \text{BW} + 60 \text{ dBHz (oder auch}$$

$$P_{ab} \text{ (dBW in 4 kHz)} = \text{EIRP} - \text{BW} + 36 \text{ dBHz),}$$

wobei P_{ab} die vom Satelliten abgestrahlte Leistungsdichte in dBW pro MHz (oder 4 kHz), die $\text{BW} = 10 \log[\text{Transponderbandbreite in Hz}]$ in dBHz.

Ist EIRP_{max} z.B. 47,3 dBW in 54 MHz ($\Rightarrow 77,3$ dBHz) über einen Abstrahlbereich von Strahlmitte bis zum Strahlrand, dann wird die maximale Satellitenleistungsdichte

$$P_{ab} \text{ (dBW in 1 Hz)} = 47,3 \text{ dBW} - 77,3 \text{ dBHz} = -30 \text{ dBW/Hz.}$$

Von dieser abgestrahlten Leistungsdichte eines z.B. geostationären Satelliten kommt man zur Leistungsflussdichte am Boden, indem man die spezifische Funkfelddämpfung „ $4\pi d^2$ “ subtrahiert (d = Entfernung Satellit/Boden) und den Wert z.B. auf 4 kHz bezieht (wobei $10 \log[4\pi d^2] = 162,1 \text{ dB/m}^2$ für $\epsilon = 90^\circ$):

$$\begin{aligned} P_{an} &= -30 \text{ dBW/Hz} + 36 \text{ dBHz} - 162,1 \text{ in dBW/m}^2 \text{ in 4 kHz} \\ &= -156,1 \text{ dBW/m}^2 \text{ in 4 kHz oder} \\ &< -140 \text{ dBW/m}^2 \text{ in 4 kHz für } \epsilon = 90^\circ \text{ (16,1 dB).} \end{aligned}$$

Senkt man den Einfallswinkel ϵ auf 0° ab, dann vergrößert sich die spezifische Funkfelddämpfung um 1,5 dB, so dass

$$\begin{aligned} P_{an} &= -30 \text{ dBW/Hz} + 36 \text{ dBHz} - 163,6 \text{ in dBW/m}^2 \text{ in 4 kHz} \\ &= -157,6 \text{ dBW/m}^2 \text{ in 4 kHz oder} \\ &< -150 \text{ dBW/m}^2 \text{ in 4 kHz für } \epsilon = 0^\circ \text{ (7,6 dB).} \end{aligned}$$

Der Grenzwert für $\epsilon = 90^\circ$ wird leichter eingehalten (16,1 dB Reserve), als der Wert für $\epsilon = 0^\circ$ (nur 7,6 dB Reserve). Dies rührt daher, dass in der spezifischen Funkfelddämpfung „ $4\pi d^2$ “ die zusätzliche Dämpfung AA (s. Ausbreitung) der Atmosphäre nicht berücksichtigt wurde. Addiert man zu der spezifischen Funkfelddämpfung entsprechende Werte für AA im 10 GHz-Bereich, dann wird die Reserve für $\epsilon = 0^\circ$ ebenfalls ca. 16 dB.

3.2.9 Elektromog

Ähnlich der Verschmutzung der Umwelt und Gefährdung des Menschen durch chemische Schadstoffe, kann elektromagnetische Strahlung schaden. Die pathologischen Auswirkungen auf den menschlichen Organismus sind im Langzeitverhalten noch nicht hinreichend quantitativ bekannt. Es ist qualitativ belegt, dass bei hohen Feldstärken zumindest temporäre Veränderungen (im Auge und Gehirn) ausgelöst werden können.

Ein wichtiger Unterschied zwischen dem terrestrischen und dem Satellitenmobifunk ist die Leistungsflussdichte der Strahlung. Um im Mobifunk (800 MHz) einen Signalpegel W_{GSM} in 30 km Entfernung vom Sendeturm zu erzielen, strahlt dieser typischerweise 100 W ab (s. Abb. 3.6). Ein Fernsehsender strahlt bis zu 100 kW ab – also in 1000 km Entfernung immer noch so viel wie der Mobifunksendeturm in 30 km Entfernung. Dagegen demonstriert man nicht.

Ein z.B. 30 m vom Mobifunksendeturm entfernter Mensch ist Werten wie der Streustrahlung aus der 220 V-Steckdose oder der Leckstrahlung mancher Mikrowellenöfen ausgesetzt – kein Grund, dramatische pathologische Schäden zu befürchten.

Die Satellitenausstrahlung ist dagegen homogen im gesamten Ausleuchtgebiet verteilt (der Abfall von der Strahlmitte zum Rand beträgt max. 3 dB, nicht 60 dB wie im Zellularfunk). Terrestrische Handys senden mit 0,2 bis 2 W Satellitensysteme mit 0,2 bis 0,4 W.

Der Unterschied rührt daher, dass terrestrische Ausbreitung Gebäude durchdringen können soll (was 30 bis 50 dB höhere Leistung erfordert), während Satelliten mit Sichtverbindung arbeiten und nur in Aussenräume von Gebäuden eindringen (was nur 10 bis 20 dB höhere Leistung erfordert).

Pathologische Folgen bei 20 W sind nachgewiesen. Die elektrische Feldstärke von 0,2 W ist vergleichsweise wirkungslos. Ein Verkehrsradar mit 100 W Sendeleistung am Strassenrand erzeugt mehr Strahlung als GSM (und mehr als ein Satellit aus 35 790 km Flughöhe), und ein Bürger ist sehr viel näher zum Radar, als zur Turmspitze eines Sendemastes oder zu einem Satelliten.

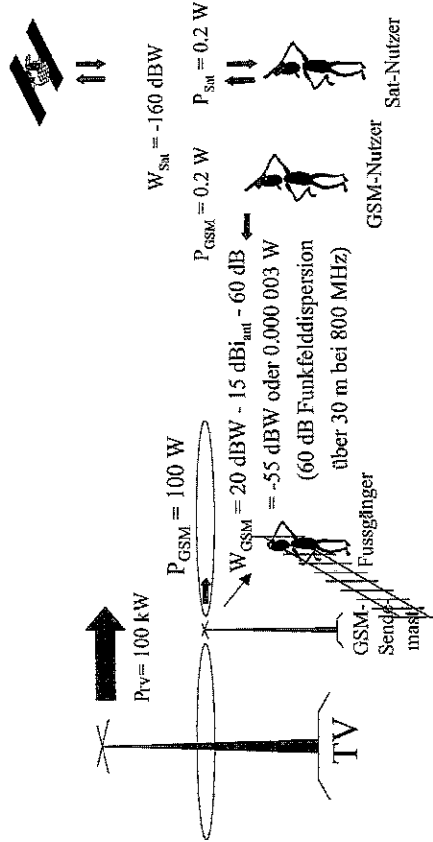


Abb. 3.6 Sendeleistungen von terrestrischen und Satellitensystemen im Mobilfunk

3.3 Dienstkategorien und Frequenzzuweisungen

Die Satellitendienste sind in ortsfeste (*Fixed Satellite Services*; FSS), mobile (*Mobile Satellite Services*; MSS) und Rundfunkdienste (*Broadcast*; BSS) eingeteilt. Die Kategorisierung in Fernmeldedienste/Rundfunkdienste einerseits und ortsfeste/mobile Anwendungen andererseits, mit fest zugeordneten Frequenzbändern schwindet mehr und mehr. Schon heute betreibt SES/ASTRA Fernsehverteilendienste (BSS) in FSS-Bändern, und maritime INMARSAT Mobifunkdienste werden für ortsfeste Nutzer betrieben. PCS (MSS) wird ebenfalls in nennenswertem Umfang ortsfest eingesetzt.

Der von der ITU verwaltete Frequenzbereich von 7 kHz bis 1000 GHz ist in terrestrische und Satellitendienste unterteilt. Zur Entschlüsselung der Buchstabenbänder sind in Tabellen 3.2 und 3.3 die wichtigsten Frequenzbänder in der kommerziellen und militärischen Kommunikation aufgeführt, und es sind beispielhafte Nutzungen genannt. Tabelle 3.4 zeigt die Frequenzzuweisungen für ortsfeste und Tabelle 3.5 für mobile Satellitenfunkdienste. Abbildung 3.7 zeigt die zugewiesenen Bandbreiten gegen Hochfrequenz.

Das Bild veranschaulicht die mit zunehmender Hochfrequenz grösseren Bandbreiten: Den 2,5 GHz Bandbreite im C-Band entsprechen 22,5 GHz im W-Band.

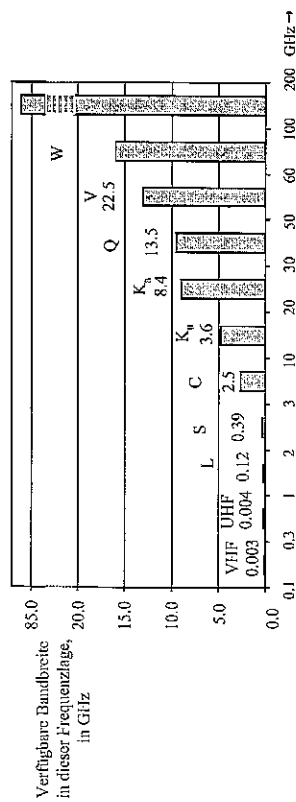


Abb. 3.7 Die der Satellitenkommunikation zugeteilten Bandbreiten gegen Hochfrequenz (in GHz)

Tabelle 3.2 Die Typischen Frequenzbänder der kommerziellen Kommunikation und einige Nutzer

Nutzer	Frequenzband
P-Band	0,2 ... 0,4 GHz
L-Band	0,4 ... 1,6 GHz
S-Band	1,6 ... 3,6 GHz
C-Band	3,6 ... 6,6 GHz
Ku-Band	10 ... 20 GHz
Ka-Band	20 ... 36 GHz
Q-Band	36 ... 46 GHz
V-Band	46 ... 56 GHz
W-Band	56 ... 100 GHz
Little LEOs	
INMARSAT ³ , GlobalStar ⁴ ↑, GPS ⁴ , Glonass ⁵	
ICO ² , GlobalStar ⁶ ↓	
INTELSAT-C ⁴ , InterSputnik ⁴ , BrasilSat-C ⁴	
INTELSAT-Ku ⁴ , EUTELSAT ⁴ , ASTRA ³	
Italsat ⁴ , Teledesic ⁴ , KaStar ⁴ , SpaceWay ⁴ , Millenium ⁴	
M-Star ⁴ , ARTSAT ⁴	
DenAli ⁴	
PenTriad ⁴	

Tabelle 3.3 Die Frequenzbänder der militärischen Fernmeldetechnik und typ. Nutzungen

Frequenzband	Nutzung
ELF	< 3 kHz
VLF	3–30 kHz
LF	30–300 kHz
MF	0,3–3 MHz
HF	3–30 MHz
VHF	30 MHz–300 MHz
UHF	300 MHz–3 GHz
SHF (incl. X-Band)	3–30 GHz
EHF (incl. Ka-Band)	30–300 GHz
PHF	0,3–3 THz
Kommunikation mit U-Booten	
Weitbereichskommunikation	
Funkortungssysteme ² Omega (10 kHz), LORAN (100 kHz)	
LORAN ²	
VOR ²	
Flugfunk (UKW Rundfunk terrestrisch)	
MariSat ¹ , Fleetsatcom ¹ , GOMS ¹	
DSCS ¹ , NATO-Satcom ^{1,4} , SkyNet ^{1,4} , TOR ¹	
Syracuse ¹ , SICRAL ¹ , MilStar ^{1,2} , EuMilSat ^{1,2}	
Decimillimetric Applications	

Zur Erläuterung der Abkürzungen der Dienste sind sie in Tabelle 3.4 aufgezeigt.

³ Mobilkommunikation: Mobile Satellite Services (MSS, das Handy)

⁴ Ortung: Radio Navigation Satellite Service (RNSS, der GPS Empfänger)

⁵ Digitaler Rundfunk (DAB, Digital Audio Broadcast, der WorldSpace Empfänger)

⁶ Ortsfeste Kommunikation (FSS, Fixed Satellite Service; der Telefonapparat)

Tabelle 3.4 Liste der ITU Dienstkategorien

FS	Fixed (terrestrial) Service (terrestrischer Richtfunk)
FSS	Fixed Satellite Service (ortsfester Satellitenfunk)
MS	Mobile (terrestrial) Service (terrestrischer Mobilfunk)
MSS	Mobile Satellite Service (mobiler Satellitenfunk)
BS	Broadcast (terrestrial) Service (terrestrischer Funk und Fernsehen)
BSS	Broadcast Satellite Service (Satellitenrundfunk und -fernsehen)
HESS	Earth Exploration Satellite Service (Satelliten-Erderkundung, z.B. METEOSAT)
RA	Radio Astronomy (Radioastronomie)
SFS	Standard Frequency and Time (Satellite) Service (Satelliten-Zeitnormal)
SRS	Space Research Service (Raumfahrtforschung, Shuttle, ISS, etc.)
SOS	Space Operations Service (Satellitenbetriebsfunk mit TT&C)

Tabelle 3.5 Frequenzbänder für ortsfesten zivilen Satellitenfunk (FSS) & Satellitenrundfunk (BSS)

Band [GHz]	Band [GHz]	Band [GHz]
1,452–1,492 BSS↓	2,520–2,655 BSS↓	3,400–4,200 FSS↓
4,500–4,800 FSS↓	5,150–5,250 FSS↑	5,725–7,075 FSS↑
10,70–12,75 FSS, BSS↓	12,75–13,25 FSS↑↓	13,75–14,80 FSS↑
15,43–15,63 FSS↑↓	17,30–17,70 FSS↑	17,70–18,40 FSS↑↓
18,40–20,20 FSS↓	21,40–22,00 BSS↓	27,50–30,00 FSS↑
37,50–40,50 FSS↓	40,50–42,50 FSS, BSS↓	42,50–43,50 FSS↑
47,20–50,20 FSS↑	50,40–51,40 FSS↑	71,00–76,00 FSS↓
81,00–86,00 FSS↓	123,0–130,0 FSS↑	158,5–164,0 FSS↑
167,0–174,5 FSS↑	209,0–226,0 FSS↓	232,0–240,0 FSS↑
265,0–275,0 FSS↓		

Tabelle 3.6 Frequenzbänder für mobilen zivilen Satellitenfunk (MSS)

Band [GHz]	Band [GHz]	Band [GHz]
0,1180–0,1370 AMSS ⁷	0,1370–0,1380 MSS ⁸ ↓	0,1480–0,1500 MSS↑
0,3120–0,3150 MSS↑	0,3870–0,3900 MSS↓	0,4000–0,4010 MSS↓
0,4060–0,4061 MSS↑	1,5250–1,5590 MMSS↓	1,6100–1,6605 MMSS↑
1,9800–2,0100 MSS↑	2,1700–2,2000 MSS↓	2,4835–2,5200 MSS↓
2,6700–2,6900 MSS↑	19,700–20,200 MSS↓	29,500–30,000 MSS↑
39,500–40,500 MSS↓	50,400–51,400 MSS↑	66,000–74,000 MSS↑
134,00–142,00 MSS	190,00–200,00 MSS	252,00–265,00 MSS

3.4 Die Koordinierung von Satelliten und Erdfunkstellen

Die Koordinierung von Satelliten und Erdfunkstellen, Richtfunk und Radar etc. geschieht in drei Schritten: das Aufgebot (*Advance Publication*), die Koordinierung (*Coordination*) und die Zulassung (*Notification*). Die ITU Bearbeitungsgebühr ist

⁷ AMSS = nur aeronautischer MSS

⁸ MMSS = nur maritimer MSS

abhängig von der Komplexität der Anmeldung und kann 300 000 SFR betragen. Die BNetzA erhebt den Festpreis von ca. 25 000 €, wobei eine Anmeldung einen einzigen Geo-Satelliten oder eine Konstellation (von z.B. 840 LEOs) umfassen kann.

3.4.1 Advance Publication

Der erste Schritt der Anmeldung einer Funkanlage ist das Aufgebot (*Advance Publication Information*; API) des Betreibers, in der er den Dienst, das Frequenzspektrum, die gewünschte Orbitalposition und die beabsichtigte Ausleuchtung am Boden angibt. Diese nach *Radio Regulations* §11A (RR11A) geregelte Anmeldung wird im ITU zweiwöchentlichen Zirkular (*Weekly Circular*) veröffentlicht. Ab dieser Veröffentlichung haben Betreiber, die fürchten, von dem neuen Dienst gestört zu werden, vier Monate Zeit, Einspruch zu erheben.

3.4.2 Request for Coordination; Trigger Angle

Nach der *Advance Publication*, frühestens aber 6 Monate nach Einreichung der API, beginnt die Koordinierungsphase (*Request for Coordination*). Die ITU leitet die eingegangenen Einsprüche (über die BNetzA) an den Neuzugang zur Beantwortung weiter und dieser meldet der ITU gemäss »Appendix 4« exakte Orbitalposition, Frequenzband, Sendeleistung, Modulation, Bandbreite etc. Die Koordinierungspflicht ist bei Erdfunkstellen für Opfer und Störer innerhalb der *Trigger Distance* (*Coordination Distance*) beschränkt, die sich aus Sendeleistung und Geländeschutz ergibt (z.B. 200 km rund um den Anmelder). Bei Geo-Satelliten gibt es den Winkelabstand *Trigger Angle* (*Coordination Angle*), innerhalb dessen FSS koordiniert werden muss:

Frequenzband	Trigger Angle
4–8 GHz,	10°
8–15 GHz,	5°
> 15 GHz,	3°

Der Neuzugang kann die Einsprüche mit den Betroffenen direkt oder auch über die BNetzA regeln. Oft können Einsprüche im gegenseitigen Einvernehmen geregelt werden, indem der Neue seine Leistung reduziert oder die Position ändert. Verfahren für die Störpegelberechnung sind in den *Radio Regulations* §11C (RR11C; Appendix 29) vorgegeben.

3.4.3 Notification

Wenn die eingegangenen Einsprüche zurückgezogen sind, kann der Neuzugang der ITU die *Notification* (nach Eingang der RR13) anzeigen und die Zulassung

⁹ Frequenzgebührenverordnung (FGebV) auf Grund des §48 Abs.1 Satz 2 des TKG v.24.07.96 etc.

beantragen. Dies ist 6 Monate nach *API Published Date* für NGSO Systeme (ohne *Coordination*) möglich bzw. *Coordination* ist möglich, 6 Monate nach *API Received Date* für GEO Systeme. Die ITU wird die *Notification* prüfen; hat die Behörde keine weiteren Einwände, wird sie bestätigt und damit rechtsgültig; das System genießt nun den Schutz der ITU gegen andere Neuzugänge.

3.4.4 Vorrechte Terrestrische Systeme, GEO und NGSO

Terrestrische Systeme haben Vorrecht gegen GEO-Anmeldungen, und diese haben prinzipiell Vorrechte gegen NGSO (wird so in vielen Frequenzbändern, z.B. RNSS, DAB, SkyBridge etc. gehandhabt), selbst wenn letztere zeitlich vorrangig zur Anmeldung eingereicht wurden.

3.4.5 Änderungen

Systemparameter können nach erfolgter Anmeldung, unter Erhalt der Anmeldung, geändert werden, wenn sich dadurch das Störpotential nicht vergrössert. Raumbedeckung, EIRP und Positionsverschiebungen können per RR11C – also ohne die RR11A-Anmeldung – in die Koordinierung (ohne Neuanmeldung) eingebracht werden.

Eine Änderung ist umso einfacher, je mehr sie die ursprüngliche Koordinierungspflicht entlastet und umso schwieriger, je mehr sie zusätzlich Koordinierung verursacht.

Änderungen der Frequenzbänder müssen über ein RR11A bzw. das Prozedere für *Not in the Plan* laufen, wenn ihre Nutzung der regulären Planung widerspricht (wie z.B. DBS-Nutzung im FSS Band etc.).

3.4.6 Multi-Lateral Meeting

Neben dem ordnungsgemässen Prozess der Koordinierung über die ITU haben sich Ende der 90er Jahre Konferenzen direkt zwischen den betroffenen Betreibern ausserhalb der ITU (*Multi-Lateral Meeting*, MLM) entwickelt. Ein solches MLM findet turnusgemäss zwischen INMARSAT und anderen, die in das von ihr genutzte L-Band möchten (Thuraya, ACeS, Kitcomm etc.) statt.

3.4.7 Pre-Determined Arc

FSS-Anmeldungen bei der ITU können über das *Pre-Determined Arc*-Verfahren per FSS-9588 laufen: Der Antragsteller bewirbt sich nicht für eine konkrete Orbitalposition, sondern nennt den Bereich (*arc*), innerhalb dessen eine Position für ihn akzeptabel ist. Die ITU wird dann nach Prüfung der Störung bereits vorhandener Zuweisungen eine geeignete Position suchen und empfehlen.

3.4.8 Partagieren

Die immer stärker werdende Nutzung der Frequenzen macht das Teilen (*Partagieren*) durch mehrere Nutzer notwendig. Hierzu werden in der ITU mögliche *Frequency Sharing Techniques* erarbeitet.

3.4.9 Partagieren im Raum

Man kann an verschiedenen Orten die gleiche Frequenz wieder verwenden (*Frequency Re-Use*), wenn diese hinreichend separiert sind. So wird im terrestrischen Zellularfunk die Frequenz in der jeweils übernächsten Zelle wieder verwendet. Dieses Prinzip wird inzwischen auch im Satellitenfunk verwendet. Es birgt das grösste Potential, das nutzbare Spektrum zu vergrössern: Mit immer kleineren Zellen wächst die Wiederverwendung. Der im Jahr 2000 gestartete Thuraya (GEO) macht so mit 200 Zellen aus 4 MHz realem Spektrum etwa 240 MHz nutzbare Bandbreite.

3.4.10 Partagieren in der Frequenz

Nutzer können sich am gleichen Ort und in der gleichen Polarisation ein Frequenzband teilen, indem sie ihre Trägerfrequenzen gegeneinander versetzen, so dass die gegenseitige Beeinflussung unterhalb der 6%-Grenze liegt (siehe „FDMA“ in Kap. 6).

3.4.11 Partagieren in der Zeit

Die Nutzer teilen sich ein Frequenzband, indem sie ihre Übertragungen zeitlich staffeln. Dies wird dann schwierig, wenn einer die Zeitachse nahe 100% der Zeit nutzt, und es birgt Potential überall dort, wo von der Natur des Dienstes her das Frequenzband nicht 100% der Zeit genutzt wird (siehe „TDMA“ in Kap. 6).

3.4.12 Partagieren in der Polarisation

Man kann auf der gleichen Frequenz, am gleichen Ort und gleichzeitig in den orthogonalen Polarisationen partagieren; der eine arbeitet in der vertikalen, der andere in der horizontalen (oder rechtszirkularen und linkszirkularen) Polarisation.

3.4.13 Partagieren im Code

Mehrere Nutzer können am gleichen Ort, auf derselben Frequenz und mit der gleichen Polarisation arbeiten, indem sie ihre Übertragung (mit Bandspreizverfahren) so codieren, dass sie sie der laufenden Informationsübertragung überlagern, ohne sie mehr als zulässig zu stören, während sie selbst durch den Codegewinn (Bandspreizgewinn) die „Störung“ der anderen Nutzer unbeschadet hinnehmen können (trotz eines $\Delta f/t$ von 100% zum Nachbarn bzw. von 1000% zu zehn Nachbarn; siehe „CDMA“ in Kap. 6).

3.4.14 Partagieren nach RR342/Versuchsfunk

Man kann im Ausnahmefall gemäss §342 der *Radio Regulations* (RR342) ohne Koordinierung senden, wenn niemand gestört wird und man bereit ist, abzuschalten, wenn sich jemand gestört fühlt (*without causing undue interference to or claim protection from ...*). Dies ist keine Langzeitlösung, hilft aber in Sonderfällen.

3.4.15 Partagieren nach RR 5.150 - ISM

Neben Radar und Amateurfunk sind auch z.B. *Industrial, Scientific and Medical Applications* (ISM) zugelassen, in sieben Bandzuweisungen von UHF bis Ka-Band:

	Spektrum	Mittelfrequenz	Bandbreite	Hinweis
1	13,553–13,567 MHz	13,560 MHz	0,014 MHz	
2	26,957–27,283 MHz	27,120 MHz	0,326 MHz	
3	40,660–40,700 MHz	40,680 MHz	0,04 MHz	
4	433,05–434,79 MHz	433,92 MHz	1,74 MHz	nur in Region 1
5	902,00–928,00 MHz	915,00 MHz	26 MHz	nur in Region 2
6	2,4000–2,5000 GHz	2,4500 GHz	100 MHz	
7	5,7250–5,8750 GHz	5,8000 GHz	150 MHz	
8	24,000–24,250 GHz	24,125 GHz	250 MHz	

Diese Bänder sind für die Erprobung industrieller und medizinischer Erprobungen und Forschungszwecke gedacht, nicht für den kommerziellen Betrieb. In RR 15.30 der *Radio Regulations* werden die Regulierungsbehörden darauf hingewiesen, dass die Sendeleistungen minimal gehalten und Ausser-Band-Abstrahlungen vermieden werden sollen. Auf keinem Falle dürfen andere Dienste gestört werden.

3.4.16 Licence Free Operation

Der Betrieb von Bodenterminals ohne Anmeldung ist immer schon für passive (*Receive Only*) Terminals zulässig gewesen. Anders wäre die Proliferation von 100 Mio ASTRA-„Schüssel“ (im Jahr 2002) nicht möglich geworden. Zukünftig werden auch interaktive Terminals (*Receive/Transmit*) ohne Funkkoordination zulässig, solange sie typengeprüft sind und angemeldet werden. In USA sind solche Terminals anmeldungsfrei, wenn ihr Durchmesser kleiner als 1 m ist und sie von einem Fachmann installiert wurden.

In manchen europäischen Ländern sind sie frei, wenn sie kleiner als 1 m sind und unter 100 W Sendeleistung haben oder weniger als 2 Mbit/s senden. Im Band 14,00–14,25 GHz werden sie zukünftig wohl frei sein, wenn sie weniger als 50 dBW abstrahlen. In manchen Regionen sind vielleicht die besorgten Stadtbildschützer und die fachlich meist unbedarften „Strahlungsschützer“ das grössere Problem sind, nicht die Auflagen der Regulierer (s. auch Abb. 3.6).

3.4.17 Verfallsdatum

Der Eingang der Anmeldung (*Advance Publication Information*, API, nach Artikel 11A) ist ein Beginn der Zeitrechnung (das *Advance publication date of RECEIPT*; AREC). Die ca. sechs Monate spätere Veröffentlichung im *Weekly Circular* der ITU ist die zweite Zeitmarke (das *IFIC Date*¹⁰). Vier Monate lang, ab *IFIC Date*, können andere Betreiber, die glauben, von dem neuen System gestört zu werden, Einspruch erheben. Frühestens sechs Monate nach dem AREC kann der Anmelder das Koordinierungsgesuch nach Artikel 11C einreichen.

Der Normalfall ist, eine zugeteilte Nutzungsgenehmigung nach erfolgter Anzeige (*Notification*) auch zu nutzen. Der frühest mögliche Nutzungsbeginn ist zwei Jahre nach AREC. Wird das System nicht innerhalb von sieben Jahren nach AREC in Betrieb genommen, verfällt die *Notification* und der Anspruch auf die Orbitposition. Falls der Anmelder weiterhin an der Position interessiert ist, muss er das Prozedere neu durchlaufen und hat nun gegen inzwischen erfolgte Anmeldungen das Nachrecht. Es gilt für GEOs und NGSOs in den FSS in gleicher Weise die in der Tabelle gezeigte Ablaufordnung.

Es sind in der ITU viele Satelliten registriert, die nicht realisiert wurden und anderen den Platz versperren. Deshalb wird zur Zeit überlegt, die Notifizierungshaltbarkeit zu reduzieren, um Papiertiger los zu werden (*the paper satellite conundrum*).

Wird eine Position besetzt und der Satellit betrieben, bis er eines Tages aus dem Dienst genommen wird, dann bleiben dem Betreiber maximal zwei Jahre, ihn zu ersetzen, sonst verliert er die Position.

- | | | |
|---|--|--|
| 1 | t_{receipt} | <i>Date of Receipt</i> (Eingang des API) |
| 2 | t_{IFIC} | <i>Weekly Circular</i> (Veröffentlichung des API im Wochen-zirkular der ITU, das <i>IFIC-Date</i> , Wochen nach t_{receipt} ; Beginn der Einspruchsfrist) |
| 3 | $t_{\text{IFIC}} + 4 \text{ months}$ | Ende der Einspruchsfrist |
| 4 | $t_{\text{receipt}} + 6 \text{ months}$ | Frühest möglicher <i>Request for Coordination</i> (RfC) nach Artikel 11C, Appendix 3, durch den Anmelder |
| 5 | $t_{\text{receipt}} + 24 \text{ months}$ | Frühest möglicher Betrieb; spätest möglicher RfC durch den Anmelder; falls verfehlt, verfällt Anmeldung; frühest mögliche Notifizierung durch den Anmelder |
| 6 | $t_{\text{receipt}} + 84 \text{ months}$ | Spätest möglicher Beginn des Wirkbetriebs des Satelliten; falls verfehlt, verfällt Anmeldung |

3.5 Die Entsorgung von Satelliten

Der Schrott im Weltall (*Space Debris*) ist das grösste Problem der Satellitennutzung, besonders bei der hohen Zahl von Satelliten, die heute gestartet werden. Nach Missionen hat man die Satelliten bisher einfach in ihrer Umlaufbahn belassen oder sie

mit Resttreibstoff geringfügig angehoben: Die GEOs kamen auf den „Schrottplatz“ in ca. 38 000 km Flughöhe (im Rücken der GEOs) und die LEOs auf 1500 km Höhe (im Gesichtsfeld der GEOs und MEOs, deren Funkstrecken gelegentlich unterbrechend). Kollisionen im GEO und insbesondere im LEO sind wiederholt passiert. Auf der ISS und ihren Föhren sind Menschenleben bedroht.

Mit der Proliferation der Einschlüsse insbesondere von Konstellationen von Satelliten wächst das Problem exponentiell. Die LEOs schwirren den MEOs und GEOs vor dem Gesicht herum und dies mit ungleich höheren Stückzahlen (z.B. > 100 bei Iridium) als weltumspannende GEO Systeme (3 + 1 Reserve)).

Weltweit gibt es derzeit zwar konstruktive Vorschläge, aber keine verbindlichen Vorschriften zum Thema *Müllhalde Weltraum*. Es ist nicht ersichtlich ob den Verantwortlichen bewusst ist, dass die Rückbringschuld, die wir unseren Kindern hinterlassen, um Grössenordnungen mehr Aufwand bedeutet, als es heute kosten würde, endlich auch zu entsorgen. Zurzeit sind 9233 Schrottobjekte bei der ESA und dem Space Surveillance Network, USA, registriert. 2927 davon stammen von Satelliten, 6306 von Trägerraketen. Satelliteneinschlüsse bis in den GEO können auch so durchgeführt werden, dass keine Rakete im Orbit bleiben.

Immerhin verlangt die US-Regulierungsbehörde FCC im Rahmen von *Orbital Debris Mitigation Practices* Vorschläge von Anmeldern von Satellitensystemen (Report No. IN 99-12/IO Docket 99-81, 18.03.1999, insbesondere von LEO Systemen, obwohl die eher von selbst zurückkommen als GEO Systeme, die nicht von selbst zurückkommen und deren *Debris* den grösseren volkswirtschaftlichen und betriebwirtschaftlichen Schaden verursachen). So waren Iridium und GlobalStar die ersten Systeme, bei dem Entsorgung vorgesehen wurde.

Die Rückbringung eines Satelliten in derselben Zeitdauer, in der er eingeschossen wurde, kostet dieselbe Energie wie der Einschuss selbst. Da Energie das Produkt von Leistung und Zeit ist, kann die Rückbringung jedoch auch mit beliebig kleiner Leistung in grosser Zeit erfolgen. Sie kann also mit vergleichsweise niedrigeren Kosten erfolgen.

Gängige Verfahren werden in den folgenden Abschnitten beschrieben.

3.6 Ionentriebwerke

In den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts erkannte Prof. Ernst Stuhlinger (im Wernher von Braun Team) den Bedarf von Ionentriebwerken für die Raumfahrt und entwickelte die ersten brauchbaren Antriebssysteme. Heute haben Satelliten diese elektrischen Triebwerke. Diese benötigen hauptsächlich Strom. Ein Satellit wird ausgemustert, wenn er mehr als 25–50% seiner Nutzlast verloren hat. Ergo hat er noch 50–75% seiner elektrischen Leistung. Damit kann man Ionentriebwerke betreiben.

Ionentriebwerke benötigen 1/40 der Treibstoffmasse chemischer Triebwerke. Werden 1 t Treibstoff für den (schnellen) Einschuss des Satelliten verbraucht, kann man ihn mit nur 25 kg (40 mal langsamer) zurückbringen. Dabei könnte der Trabant in eine Ellipse gebracht werden, deren Perigäum in die Restatmosphäre gedrückt

¹⁰ IFIC = *International Frequency Identification Circular* der ITU

wird (unter 1000 km über der Erde), mit der Zeit von ihr abgebremst wird und schliesslich in der Erdatmosphäre verglüht.

Der für ca. 2025 geplante Flug zum Mars ist zwingend auf elektrische Triebwerke angewiesen. Die elektrische Leistung wird durch einen Reaktor erzeugt. Raumfahrt-taugliche Reaktoren sind seit langen kommerziell verfügbar.

3.7 Die Lorentz-Kraft

In einer langen, vom Satelliten hängenden Drahtschleife induziert das Erdmagnetfeld einen Strom. Dadurch entsteht die zur Erde gerichtete, auf den Satelliten wirkende Lorentz-Kraft. Die NASA hat sich den Draht entwickeln lassen. Das System soll nur 10 bis 25 kg wiegen (< 3% der Satellitenmasse und weniger als der Treibstoff für die Ionentriebwerke) und Schrottsatelliten in Wochen oder Monaten zur Erde zurück bringen.

Mit der Lorentz-Kraft kann auch ein Satellit aus dem GEO in ein paar Jahren treibstofflos zur Erde zurückgebracht werden.

Während chemische und elektrische Triebwerke an die Treibstofftanks oder die Stromversorgung fliegender Satelliten nicht einfach nachträglich angeschlossen werden können, kann ein Lorentz-Draht mit Hilfe von Robot-Satelliten auch an fliegenden Satelliten im Orbit leichter angebracht werden.

3.8 Orbital Recovery

Es gibt Firmen, die Satelliten auch im geostationären Orbit zur Verlängerung der Lebensdauer betanken (*Satellite Life Extension System*; SLES). Wenn man Satelliten dort betanken kann, kann man sie auch mit Treibstoff für die Rückbringung in die Atmosphäre betanken. Es ist nur eine Frage des *International Space Law*, diese Rückbringung vorzuschreiben.

3.9 Hybridverfahren

Denkbar sind hier auch Hybridverfahren, die mehr als eine Technik anwenden, einschliesslich z.B. *Solar Sailing*, die Ausnutzung des Solardrucks auf ein Satellitenpanee, der es in Richtung Erde drückt, unterstützt u.a. durch Ionentriebwerke, der Lorentzkraft, und schliesslich das Eintauchen des Perigäums in die Restatmosphäre etc.

3.10 Institutionen

3.10.1 Nationale Institutionen

Die Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA; zuvor Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post,

RegTP) in Bonn (Mainz) nimmt die hoheitlichen Aufgaben der Frequenzverwaltung und des Lizenzwesens¹¹ der Bundesrepublik Deutschland wahr, wie z.B.

- Verwaltung der Funkfrequenzen (auf der Basis CEPT und ITU),
- Standardisierung von Funkanlagen (auf der Basis ETSI),
- Erteilung von Genehmigungen für den Betrieb von Funkanlagen,
- Erteilung von Lizenzen für den Betrieb von Funkdiensten,
- Überwachung der Nutzung von Funkfrequenzen und Beseitigung von Funkstörungen.

Die BNetzA ist eine dem Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) nachgeordnete Behörde und arbeitet mit BMV, BMWG und anderen Ministerien und insbesondere der Industrie zusammen. Sie kooperiert mit Herstellern und Netzbetreibern mit maximal denkbarem Ausmass; mehr als 300 BNetzA-Aussenstellen dienen als Anlaufstellen für die Nutzer.

Das Pendant der Bundeswehr zur BNetzA ist das Amt für Fernmelde- und Informations-systeme, das in der Vergangenheit die militärischen Frequenzbänder verwaltet hat. Diese Aufgabe wird nun vom IT-Amt der Bundeswehr wahrgenommen.

Das CeTeCom (ehem. Bundesamt für Zulassungen in der Telekommunikation, BZT, Saarbrücken, davor das Fernmeldetechnische Zentralamt (FTZ) der Deutschen Bundespost, Darmstadt), betreut die europaweiten Gerätezulassungen – ein privatwirtschaftlicher „TÜV“ für Zulassungen von Funkanlagen.

3.10.2 Regionale Institutionen

CEPT, CITELE, RCC, APT, UPAT, AG

Die deutsche BNetzA ist in die CEPT¹² eingebunden, dem Verbund der 47 europäischen Regulierungsbehörden, die sich innerhalb Europas und mit den anderen Funkregionen weltweit abstimmen. Das *European Communication Committee* ECC (ehem. *European Radiocommunications Committee* ERC) ist das Funkorgan der CEPT. Das ECC hat mit dem *European Radiocommunications Office* (ERO) in Kopenhagen ein ständiges Koordinierungs-Büro und eine Ansprechstelle für alle Funkfragen in Europa und weltweit geschaffen.

¹¹ In Frankreich ist die *Agence Nationale des FRéquences* (ANFR) für die Frequenzverwaltung und die ART (*Autorité de Régulations des Télécommunications*) für die Lizenzierung zuständig

¹² *Conférence Européenne des administrations des Postes et des Télécommunications*; 1959 in Montreux gegründet; Mitgliedsstaaten sind Albanien, Andorra, Belgien, Bosnien & Herzegowina, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, England, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Liechtenstein, Litauen, Luxemburg, Mazedonien, Malta, Moldavien, Monaco, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Russland, San Marino, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechien, Türkei, Ukraine, Ungarn, Vatikan, Zypern

Insgesamt unterstützen weltweit sechs Gruppierungen die Arbeit der ITU:

- 1 CEPT (Europa; 47 Staaten)
- 2 CITEU (der amerikanische Kontinent)
- 3 RCC¹³ (die ehemalige Sowjetunion)
- 4 APT (Asia-Pacific)
- 5 UPAT (Afrika)
- 6 AG (Arabien, 23 Staaten).

In der CITEU¹⁴ sind die Regulierer Amerikas zusammengefasst. Die RCC stellt den Verbund der Russischen Föderation mit den Mitgliedstaaten der ehemaligen Sowjetunion dar. Die *Asia-Pacific Telecommunity* (APT) vereint die Regulierer in *Asia-Pacific*, und die *Union Pan-Africaine des Télécommunications* (UPAT) die Länder dieser Region. Schliesslich steht die Arab Group (AG) für die 23 arabisch sprechenden Länder.

3.10.3 ETSI

Das Europäische Telekommunikations-Standards Institut (ETSI; Sophia Antipolis, Cannes) definiert Standards und Zulassungsvorschriften von Kommunikationsgeräten. ETSI hat ISDN, GSM, DECT, DAB u.a. festgesetzt, die inzwischen weltweit Anwendung finden (auch in USA). Mitglieder des ETSI sind überwiegend die europäischen Regulierungsbehörden, Diensteanbieter, Hersteller und Privatpersonen, aber auch aussereuropäische Mitglieder sind zugelassen. Die EU gibt ETSI Rückendeckung, indem sie den Mitgliedstaaten zwingend vorschreiben kann, die ETSI Standards in jeweilige nationale Vorschriften umzusetzen.

3.10.4 WTO/GATS

Jede Massnahme eines Staates zur Abschottung oder unverhältnismässigen Begrenzung des Marktzuganges für Telekommunikationsbetreiber aus anderen Mitgliedstaaten der *World Trade Organization* (WTO) ist ein Verstoß gegen das *General Agreement on Tariffs and Standards* (GATS-Abkommen). Diskriminierende, wettbewerbswidrige oder willkürliche Massnahmen bei der Frequenzverwaltung und der Vergabe von so genannten Landerechten (nationalen Betreiberlizenzen) wurden für unzulässig erklärt (sind aber zuweilen noch anzutreffen).

¹³ Armenien, Aserbaidschan, Georgien, Kasachstan, Kirgistan, Moldavien, Russische Föderation, Tadschikistan, Turkmenistan, Usbekistan, Ukraine, Weissrussland

¹⁴ CITEU, *Conferencia Interamericana de Telecomunicaciones*, Antigua and Barbuda, Argentina, Bahamas, Barbados, Belize, Bolivien, Brasilien, Kanada, Chile, Colombia, Costa Rica, Dominica, Dominikanische Republik, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Haiti, Honduras, Jamaika, Mexiko, Nicaragua, Panama, Paraguay, Peru, Saint Lucia, Saint Vincent und die Grenadinen, St. Kitts und Nevis, Suriname, Trinidad und Tobago, United States, Uruguay, Venezuela (34 Staaten; oft lässt sich auch noch Mikronesien von den USA vertreten).

3.10.5 EICTA

EICTA (*European Information and Communications Technology Industry Association*, Sitz in Brüssel) ist ein europäischer Verband der Industrie. Er fasst die Interessen der Informations- und Kommunikations- sowie die der Konsumgüter-Industrie zusammen und vertritt sie vorwiegend gegenüber der EU und anderer europäischer Institutionen. Zurzeit hat sie ca. 70 Mitglieder, davon ca. 50 Grossfirmen und etwa 20 nationale Verbände mit ihren Standorten in Europa.

3.11 Wie meldet man einen Satelliten an – Lizenzen

3.11.1 Systemplanung

Für die Anmeldung eines Satellitensystems überlegt man sich:

- (1) welchen Dienst man bedienen möchte (Telefonie, Fernsehen, ortsfest, mobil etc.)
- (2) in welchem Frequenzbereich man arbeiten möchte (L-, C-, Ku-, Ka-Band etc.)
- (3) wo die Kunden sind (geographisch)
- (4) von welchen Orbitbereichen aus diese Geographie erreicht werden kann
- (5) welche Position (an Hand der Liste existierender Satelliten) koordiniert werden kann.

3.11.2 Funkzulassung

Nach der Planung des Systems erfolgt die Anmeldung – über die BNetzA – an die ITU (*Advance Publication*) und teilt Orbitposition, Frequenzband, Systemparameter etc. mit. Die Anmeldung wird im ITU-*Weekly Circular* abgedruckt und wer befürchtet, von dem neuen Dienst gestört zu werden, hat vier Monate Zeit, seinen Einspruch anzumelden.

Nach der Veröffentlichung beginnt die Koordinierung (*Request for Coordination*). Der Anmelder muss die eingegangenen Einsprüche beantworten. Er kann sie mit den Betroffenen direkt regeln oder sich auch der Moderation der ITU bedienen. Verfahren für die Störpegelberechnung sind in den *Radio Regulations* vorgegeben.

Erst wenn sämtliche Einsprüche zurückgezogen sind, kann der Neuzugang der ITU die *Notification* anzeigen. Findet die ITU sie richtig, dann ist sie rechtsgültig. Das System genießt nun den Schutz der ITU gegen alle zukünftigen Neuzugänge.

3.11.3 Bodensegment

Jede Bodenstation muss koordiniert werden. Das Prozedere ist ähnlich dem für Satelliten (nur *receive only* Terminals à la ASTRA dürfen unkoordiniert betrieben werden; sie können ja niemanden stören). Die Terminals müssen jedoch typengeprüft sein.

3.11.4 Betriebslizenzen

Nach erfolgter Funkzulassung müssen für den Betrieb der Übertragungswege (Satellit und Bodensegment) und das Anbieten von Kommunikationsdiensten Betriebslizenzen eingeholt werden. Diese sind typischerweise strukturiert in

- die Lizenzklasse 1 für den Betrieb von Übertragungswegen für Mobilfunksysteme für die Öffentlichkeit
- die Lizenzklasse 2 für den Betrieb von Satellitenfunksystemen für die Öffentlichkeit
- die Lizenzklasse 3 für den Betrieb von Übertragungswegen für die Öffentlichkeit durch den Lizenznehmer oder andere, für deren Angebot nicht die Lizenzklassen 1 oder 2 bestimmt sind
- die Lizenzklasse 4 für das Anbieten von Diensten mit diesen Übertragungswegen.

Wer Rundfunk oder Fernsehen anmeldete, benötigte noch eine Zulassung von der zuständigen Medienbehörde bzw. -anstalt; in Deutschland in jedem einzelnen Bundesland von den 16 Landesmedienanstalten.

Will man heute Telekommunikationsdienste in mehreren Ländern Europas anbieten, kann man beim *European Telecommunications Office (ETO)* per *One Stop Shopping (OSS)* mit dem *Combined Application Form (CAF)* elektronisch Antrag stellen (www.eto.dk) und erhält innerhalb von neun Wochen eine Antwort.

3.12 Die Pfändung eines Satelliten im Orbit

Wenn der Betreiber eines Satelliten seinen finanziellen Verpflichtungen nicht nachkommt und es zur Pfändung des Satelliten kommt, sind verschiedene Arten der Beschlagnahmung möglich:

Fall 1 Die Pfändung des Satelliten, wobei der Schuldner die Pfändung des Satelliten im Orbit akzeptiert (kooperierender Schuldner), und die Betriebskontrolle des Satelliten im Orbit an den Gläubiger ordnungsgemäss überträgt, oder auch im Auftrag des Gläubigers weiter durchführt.

Fall 2 Die Pfändung des Satelliten, wobei der Schuldner die Pfändung und Übergabe des Satelliten an den Gläubiger behindert (behindernder Schuldner); die Betriebskontrolle des Satelliten kann vom Gläubiger nicht ordnungsgemäss übernommen werden.

Fall 3 Die Pfändung des Satelliten, der von einem schuldnereexternen Betreiber (*Third Party*) kontrolliert wird; der schuldnereexterne Betreiber übergibt die Kontrolle des Satelliten an den Gläubiger (kooperierender Betreiber) oder betreibt ihn für den Gläubiger weiterhin.

Fall 4 Die Pfändung des Satelliten, dessen Kontrolle von einem schuldnereexternen Betreiber (*Third Party*) betrieben wird; der Schuldner erwirkt die Verweigerung der Übergabe der Satellitenkontrolle an den Gläubiger (behindernder Betreiber).

Wie funktioniert die Betriebskontrolle eines Satelliten im Orbit:

3.12.1 Der nominelle Satellitenbetrieb

Die Kontrolle eines Satelliten im Orbit erfolgt durch ein geeignetes Satellitenkontrollzentrum, das vom Besitzer des Satelliten betrieben werden kann oder auch eine externe Gesellschaft sein kann, die im Auftrag des Satellitenbetreibers arbeitet. Dieses Satellitenkontrollzentrum überwacht sowohl die Satellitenplattform wie auch die Kommunikationsnutzlast. Hierzu werden laufend über das „*Satellite Telemetry Link*“ Zustandsdaten vom Satelliten zur Erde gesendet und vom Satellitenkontrollzentrum ausgewertet. Wenn als Ergebnis dieser Auswertung Eingriffe in den Satelliten (die Satellitenplattform oder die Kommunikationsnutzlast) nötig sind, werden kryptografisch geschützte Kommandos über das „*Satellite Telecommand Link*“ von der Erde zum Satelliten gesendet. Der kryptografische Schutz verhindert den satellitenseitigen Empfang und damit die Umsetzung unautorisierter Telekommandos.

Die Pfändung und Beschlagnahmung eines Satelliten können durch diesen kryptografischen Schutz des Telekommandos eingeschränkt oder, wenn der Gläubiger nicht über den kryptografischen Schlüssel verfügt und der Schuldner diesen nicht preisgibt, unmöglich gemacht werden.

Es gibt die folgenden Arten der Implementierung des Satellitentelekommandos:

(1) In der ersten Art wird ein einziger kryptografischer Schlüssel für das Telekommando des Satelliten verwendet. Wenn der Schuldner diesen Schlüssel dem Gläubiger nicht übergibt, kann der Gläubiger die Kontrolle des Satelliten nicht übernehmen. Es ist sogar möglich, dass der Schuldner den Satelliten an jemand anders verkauft und übergibt, ohne dass der Gläubiger dies technisch verhindern könnte.

(2) In der zweiten Art werden zwei Schlüssel („*Two Key System*“) verwendet, um den Satelliten über das Telekommando zu kontrollieren. Beide Schlüssel sind unabdingbar nötig, um eine Telekommandogabe zum Satelliten durchzuführen. Der Gläubiger kennt beide Schlüssel, der Schuldner nur einen der beiden. Der Schuldner benötigt die Kooperation des Gläubigers (den zweiten Schlüssel) um den Satelliten zu kontrollieren. Dies ist technisch möglich, ohne dass der Gläubiger den Schlüssel an den Schuldner preisgibt. Auf diese Weise kann der Gläubiger verhindern, dass der Schuldner

- (2.1) den Satelliten wertmindernd beschädigt,
- (2.2) den Satelliten im Orbit repositioniert, oder
- (2.3) ohne die Einwilligung des Gläubigers den Satelliten anderweitig verkauft,

Die operationelle Handhabung der Schlüssel kann durch einen Dritten („*Trusted Operator*“ bzw. „*Trust Center*“) im Auftrag des Gläubigers verwaltet und durchgeführt werden; das *Trust Center* stellt sicher, dass der Schlüssel des Gläubigers dem Schuldner nicht preisgegeben wird.

3.12.2 Zusammenfassung Pfändung

Die Pfändung eines Satelliten kann auch im Orbit durchgeführt werden. Es gibt Möglichkeiten der Beschlagnahme eines Satelliten im Orbit auch ohne die Kooperation des Schuldners.

Die eine Möglichkeit ist eine technische Massnahme. Sie basiert auf dem Konzept zweier Schlüssel für das Satellitenkommando. Ein Schlüssel wird vom Schuldner benützt, beide Schlüssel sind im Besitz des Gläubigers.

Auf diese Weise kann der Gläubiger sicher sein, dass der Schuldner den Satelliten nicht wertmindernd beschädigt oder an einen Dritten veräussert. Im Falle der Pfändung kann der Gläubiger den Satelliten auch ohne die Kooperation des Schuldners übernehmen.

Die andere Möglichkeit ist eine organisatorisch-administrative Massnahme. Der Satellit wird von einem Dritten, einem geeigneten Satellitenkontrollzentrum kontrolliert, das an den Gläubiger berichtet.

Im Falle der Pfändung übergibt dieses Zentrum die Kontrolle des Satelliten an den Gläubiger oder führt sie weiterhin für den Gläubiger im Auftrag durch.

3.13 Zusammenfassung

Die geschickte Wahl von für die jeweilige Mission geeigneten Frequenzen ist von grosser Bedeutung. Die Frequenzknappheit führt dazu, dass heute Frequenzen bis 100 GHz genutzt werden. Diese und die Satellitenbahnen werden von der ITU verwaltet und sind nicht ersetzbare Ressourcen. Seit die ITU 1863 von den europäischen Postverwaltungen gegründet wurde, respektieren die Signatäre einvernehmlich vereinbarte Regelungen und schätzten die nachhaltige Verfügbarkeit von Funkfrequenzen als oberstes Ziel.

ITU-Regulierungen wurden zum Völkerrecht, Funkfrequenzen als nicht veräusserlich und ihre Zuteilung an Betreiber als nicht käuflich deklariert. Kein Signatar dürfe dulden, dass eine nicht durch die ITU zugeteilte Frequenz eigenmächtig genutzt werde.

Seitdem die Ressource „Frequenzen“ durch eine stetige Zunahme von Funkdiensten immer knapper wird, erlebte die Welt ständig auch die Vermarktung von Frequenzen durch die Regulierungsbehörden und die Antragsteller. Herausragendes Beispiel ist die Versteigerung von UMTS-Lizenzen in Europa, die den Staaten fast 200 Mrd DM (entspricht ca. 100 Mrd €) einbrachten. Auch im Satellitenbereich sind solche Lizenz-Verkäufe getätigt worden und zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang die Veräusserung einer geostationären Satellitenposition in den USA für ca. 700 Mio \$.

Abschliessend das wichtige Konzept des Partagierens: Es gibt Möglichkeiten, die wichtige Resource Spektrum in der Frequenz, der Zeit, im Code und im Raum zu teilen. Die Raumteilung ist das grösste Potential für die zukünftige Frequenznutzung.

Literaturhinweise

Telekommunikationsgesetz (TKG); Bundesgesetzblatt 1996, Teil I, Nr. 39, Bonn, 31.7.1996, überarbeitete Fassung vom 22. Juni 2004

Vollzugs-Ordnung für den Funkdienst (VO-Funk); Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post, Mainz, 2001

Frequenzbereichszuweisungsplan für die Bundesrepublik Deutschland und internationale Zuweisung der Frequenzbereiche 9 kHz–400 GHz; RegTP, Mainz, 2001

Radio Regulations, International Telecommunications Union (ITU; Internationale Fernmeldeunion), Genf, 2004

Final Acts of the World Radiocommunication Conference WRC00, International Telecommunications Union, Genf, 2003

Final Acts of the World Radiocommunication Conference WRC03, International Telecommunications Union, Genf, 2006

James B. Potts, „Satellite Transmission Systems“, Bass II Publications, Lewes, Delaware, 1993

Meyerhoff, Henry I., „Appendix 29 of the Radio Regulations and Calculation of Carrier-to-Interference Ratio“, IFRB 7/92-E, Genf, 1992