

Planung und Koordinationsverfahren für Fernmeldesatelliten in geostatischer Umlaufbahn

Autor(en): **Sarkar, S. K.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **77 (1986)**

Heft 3

PDF erstellt am: **06.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904152>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Planung und Koordinationsverfahren für Fernmeldesatelliten in geostationärer Umlaufbahn

S.K. Sarkar

Die weltweite Funkverwaltungs-konferenz (WARC) ist für das Koordinationsverfahren für alle Weltraumfunkdienste und für deren Schutz vor schädlichen Störungen zuständig. Ausserdem plant sie gewisse Fernmeldesatellitendienste. Dieser Bericht gibt einen Überblick über die Ergebnisse und offenen Fragen der Vollzugsrichtlinien und der Pläne.

La conférence administrative mondiale des radiocommunications (CAMR) est compétente de régler le processus de coordination de tous les services de radiocommunications spatiales et de les protéger du brouillage nuisible. En outre, elle planifie quelques services de télécommunications par satellites. Cet article présente les résultats et pose des questions concernant les directives du règlement et des planifications.

1. Einleitung

Ein Satellit auf geostationärer Umlaufbahn bleibt, von der Erde aus gesehen, immer am gleichen Ort. Wegen dieses Vorteils werden die meisten Fernmeldesatelliten auf dieser Höhe platziert, was, um schädliche Störungen zu vermeiden, ein Koordinierungsverfahren zwischen andern Weltraumfunkdiensten und terrestrischen Diensten notwendig macht. Seit 1959 haben der Internationale Ausschuss für Frequenzregistrierung (IFRB) und der Internationale Beratende Ausschuss für den Funkdienst (CCIR), zwei der vier Gremien der Internationalen Fernmeldeunion (UIT), gemeinsam mit allen Fernmeldeverwaltungen die technischen Unterlagen zur Koordinierung aller Fernmeldesatelliten bereitgestellt (Tab. I). Auf Verlangen verschiedener Verwaltungen führt die UIT seit einiger Zeit eine globale Planung für gewisse Satelliten-Frequenzbänder für Rundfunkdienste (Radio,

Television) und für die festen Dienste (z.B. Fernmeldedienste) durch. Die Vollzugsrichtlinien und der Plan werden an der weltweiten Funkverwaltungs-konferenz (WARC) vorbereitet und in die Vollzugsordnung für den Funkdienst aufgenommen. Dieser Bericht gibt einen Überblick über die Ergebnisse des Verfahrens und die offenen Fragen zur Vollzugsordnung.

2. Begriffserklärung

Die geostationäre Umlaufbahn und das Frequenzspektrum sind einmalige, unveränderliche, natürliche Ressourcen. Diese Ressourcen sind durch ihre physikalische Natur begrenzt, erschöpfen sich aber nicht bei der Anwendung durch Fernmeldesatelliten. Jeder Satellit ist auf der Höhe von 35 786 km über dem Äquator platziert. Er dreht mit gleicher Periode und Richtung um die Erdachse und bleibt daher fest in bezug auf irgendeinen Ort

Abkürzungen

Tabelle I

UIT	Union Internationale des Télécommunications
IFRB	International Frequency Registration Board
CCIR	Comité Consultatif International des Radiocommunications
Radio Regulations	Funkvollzugsordnung
WARC	World Administrative Radio Conference
WARC-ORB-85/88	World Administrative Radio Conference on the use of the geostationary satellite orbit and the planning of the space services utilizing it, first session in 1985, second session in 1988
WARC-BC-SAT	World Administrative Radio Conference for the planning of the broadcasting satellite service in Regions 1 and 3, 1977
SAT-83	Regional Administrative Conference for the planning of the broadcasting satellite service in Region 2, 1983
UNO	United Nations Organization
pWOp	10 ⁻¹² W psophometrically weighted to a zero relative level (10 ⁻¹² W Geräuschbewertung bezogen auf einen Null-Pegel)

Adresse des Autors

S.K. Sarkar, dipl. Ing., Hauptabteilung
Forschung und Entwicklung, Generaldirektion
PTT, 3030 Bern.

Orbitalposition	Standort des Fernmeldesatelliten in geostationärer Umlaufbahn
Orbit/Spektrum	geostationäre Umlaufbahn/Frequenzband
Dienstbogen	begrenzter Abschnitt der geostationären Umlaufbahn für Dienstzwecke
Koordinationsgebiet	Gebiet einer Bodenstation, in dem diese weder durch eine benachbarte Station mit gleicher Frequenzbelegung beeinträchtigt wird, noch Störungen verursacht, die grösser als die zulässigen Werte sind.
Koordinationswinkel	Winkelabstand zwischen geostationären Satelliten, bei dem diese weder durch eine benachbarte Raumstation mit gleicher Frequenzbelegung beeinträchtigt werden, noch Störungen verursachen, die grösser als die zulässigen Werte sind.

der Erde. Drei solcher Satelliten in einem Winkelabstand von 120° können, mit Ausnahme der Polarregionen, die ganze Erde abdecken. Dank scharf gebündelter Antenne, Polarisationsdiskriminator oder Modulationswechsel können die gleichen Frequenzbänder vielfach verwendet werden. Mehrfachdienste können auf verschiedenen Frequenzen übermittelt werden. Ein $17,34^\circ$ -Strahlwinkel der Orbitalposition deckt bereits einen Drittel der Erdoberfläche ab, und der Umfang eines Längenbogens von 1° auf der geostationären Umlaufbahn beträgt 736 km. Mehrere Satelliten können deshalb durch Koordination und Steuerung ohne schädliche Störungen oder Kollisiongefahr auf der gleichen Nennorbitalposition (Tab. II) plaziert werden.

Für exklusive oder gemeinsame Nutzung ist in der Frequenzzuweisungstabelle der Vollzugsordnung für den Funkdienst [1] auf weltweiter oder regionaler Basis jeweils ein Frequenzband enthalten. Die drei geographischen Regionen sind (Fig. 1):

Region 1: Europa, UdSSR und Mongolische Volksrepublik, Afrika

Region 2: Nord- und Südamerika, Grönland

Region 3: Asien, Australasien.

Unter Frequenzzuweisung (allocation) versteht man den Eintrag eines gegebenen Frequenzbands in der Frequenzzuweisungstabelle zur Verwendung durch einen oder mehrere terrestrische Dienste, Weltraumfunkdienste oder Radioastronomiefunkdienste. Für die Zuweisung eines Frequenzbandes an einen Dienstzweig ist die WARC zuständig. Die Verteilung (allotment) ist der Eintrag eines zugewiesenen Frequenzkanals für ein Gebiet

oder für Länder in einen durch eine zuständige Konferenz angenommenen Plan. Die Zuteilung (assignment) ist die von der nationalen Verwaltung erteilte Erlaubnis zur Verwendung eines Funkfrequenzkanals unter festgehaltenen Bedingungen für einzelne Funkstellen.

Die Funkverwaltungskonferenz von Washington verfasste 1927 die erste Frequenzzuweisungstabelle von 10 kHz bis 60 MHz. Sie diente dem Rundfunk, den Flugfunkdiensten und den festen Weitfunkdiensten. Diese Konferenz entschied, den Internationalen Beratenden Ausschuss für den Funkdienst (CCIR) zu gründen, um technische und betriebliche Fragen der Funkdienste zu studieren und Empfehlungen auszuarbeiten. 1959 wurde die erste Zuweisung für Weltraumfunkdienste zum Zweck der Weltraumforschung gemacht. Diese wurde 1963, 1971 und 1979 erweitert. Der Weltraumfunk über Satelliten umfasst

heute folgende Dienste: fester Funk, Rundfunk, beweglicher Funk (Landfunk, Seefunk, Flugfunk), Erkundungsfunk, Wetterfunk, Intersatellitenfunk, Weltraumfernwirkfunk, Amateurfunk, Normalfrequenz- und Zeitzeichenfunk, Weltraumforschungsfunk, Radioastronomiefunk.

Erste Rundfunksatellitenpläne wurden für die Regionen 1 und 3 (1977) und für die Region 2 (1983) verfasst. 1979 entschied die WARC, eine Konferenz (mit 2 Sitzungen) abzuhalten. Auf der Grundlage von Gerechtigkeit und Gleichberechtigung sollte allen Ländern der Zugang zu den Frequenzbändern und den geostationären Orbitalpositionen gewährleistet werden. Die erste Sitzung der weltweiten Funkverwaltungskonferenz für die Verwendung der geostationären Satellitenumlaufbahn (WARC-ORB-85) vom August/September 1985 verfasste Richtlinien für die Planung gewisser Frequenzbänder für feste Satellitenfunkdienste. Die zweite Sitzung im Juni/August 1988 (WARC-ORB-88) wird den Plan und die Funkvollzugsordnung dieser Frequenzbänder zu Ende führen. Im folgenden wird ein Überblick über die Ergebnisse der

Rundfunksatellitenplanungskonferenz und der ersten Sitzung der WARC-ORB-85 gegeben. Der Beitrag berührt auch gewisse politische und rechtliche Fragen, die sich aus der Benützung der geostationären Umlaufbahn ergeben.

3. Rationelle Nutzung der Ressourcen

Seit Mitte der 60er Jahre ist das CCIR damit beschäftigt, diejenigen

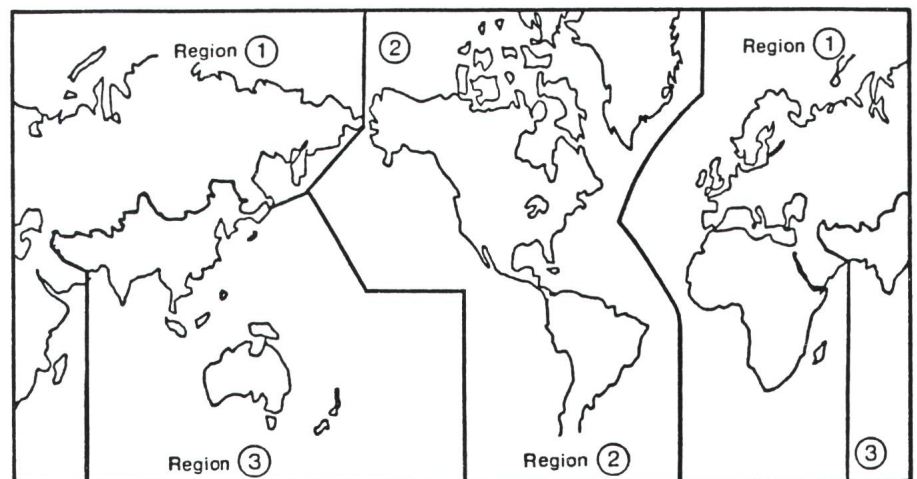


Fig. 1 Die drei geographischen Regionen für die Frequenzzuweisungstabelle und für die Verteilungspläne in der Funkvollzugsordnung

Aus «Telephony's Dictionary 1982, Telephony Publishing Corp.»

Kriterien festzulegen, welche direkten Einfluss auf die rationelle Nutzung der geostationären Umlaufbahn und des Funkfrequenzspektrums (Orbit/Spektrum) haben. Die CCIR-Studienberichte und Empfehlungen liefern die technischen Richtlinien und Daten zum Verteilungsplan und zur Koordination, die in die Funkvollzugsordnung eingetragen werden. Die nützlichsten Frequenzbänder werden sehr oft verlangt und müssen deshalb zwischen den Weltraum- und den terrestrischen Funkdiensten sowie unter den verschiedenen Regionen aufgeteilt werden.

Das terrestrische und extraterrestrische Rauschen (galaktisches, kosmisches und solares Rauschen) sowie ionosphärische und troposphärische Auswirkungen (z.B. Niederschlag) beeinträchtigen die Wahl der Frequenzen für die Weltraumdienste. Die gegenwärtige zivile Weltraumfunktechnik verwendet 3-GHz- bis 30-GHz-Bänder für die festen Funkdienste. Die bevorzugte geostationäre Orbitalposition liegt im Längsbogen (Dienstbogen) mit dem höchsten Höhenwinkel (mindestens 5° über dem Horizont) vom Zentrum des Dienstgebietes. Gewisse geostationäre Bögen sind mit Satelliten überfüllt, wurden doch seit 1963 mehr als 125 Satelliten in die geostationäre Umlaufbahn gebracht. Am Ende seiner Dienstzeit kann ein Satellit aus der geostationären Umlaufbahn durch Fernsteuerung weggeführt werden. Auch kann der Funkbetrieb wenn nötig sofort eingestellt werden.

Alle Satelliten müssen innerhalb einer gewissen Genauigkeit $\pm (0,1\%$ in der Längenposition) an ihrem Ort bleiben, um eine rationelle Nutzung der Umlaufbahn zu gewährleisten. Dazu werden von der Erde aus in regelmäßigen Zeitabständen die Orbitalparameter bestimmt. Der Satellit braucht, um die nötigen Korrekturen auszuführen, Treibstoff für die gesamte Lebenszeit an Bord, was mit ein Grund für die höheren Kosten von geostationären Satelliten ist.

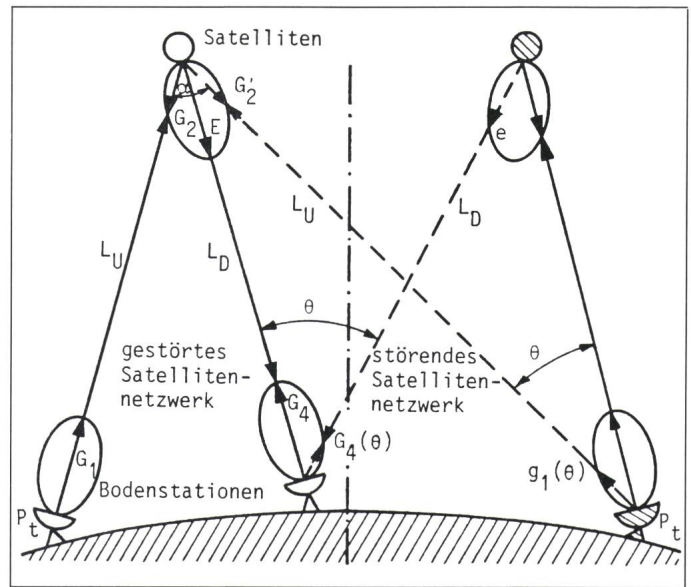
Die Wahl der Übertragungsparameter hat einen direkten Einfluss auf die rationelle Nutzung des Orbit/Spektrums. Deren mehrfache Nutzung wird durch Begrenzung der Leistungsflussdichte und durch Kontrolle der Nebenzipfel der Satelliten- und Bodenstationsantennen verbessert. Das Ziel ist, den Abstandswinkel zwischen Satelliten (Koordinationswinkel) und den Abstand zwischen Bodenstationen (Koordination der Dienstgebiete)

Fig. 2
Störgeometrie zwischen zwei Satellitennetzwerken

— Nutzsinalpfade
--- Störsignalpfade

ϑ erforderlicher Winkelabstand zwischen zwei Satellitennetzwerken

G Antennengewinn
 L_U Grundübertragungsdämpfung (Aufwärtsverbindung)
 L_D Grundübertragungsdämpfung (Abwärtsverbindung)
 E Sendenutzleistung
 P_t Sendeleistung der Bodenstation
 e Sendestörleistung



möglichst minimal zu halten. Die Figur 2 aus [2] zeigt die Störgeometrie der Koordinationswinkel zwischen zwei Satelliten-Netzwerken. Wird die Zuweisung des Störrauschens innerhalb des gesamten Rauschbudgets vergrößert und gleichzeitig anderes (z.B. thermisches) Rauschen vermindert, so kann der Abstand zwischen den Satelliten verkleinert werden. Gleichzeitig wird jedoch die Kanalkapazität der Satelliten eingeschränkt. Die Figur 3 zeigt den Abstand der Satelliten $\Delta\theta$ als Funktion des Störrauschens N_1 genormt auf $\Delta\theta = 1$ bei $N_1 = 1000$ pWOp.

Das vom CCIR empfohlene Rauschbudget zeigt Tabelle III. Falls die berechneten Werte für das totale innere Rauschen innerhalb der äquivalenten Rauschtemperatur für Satellitenver-

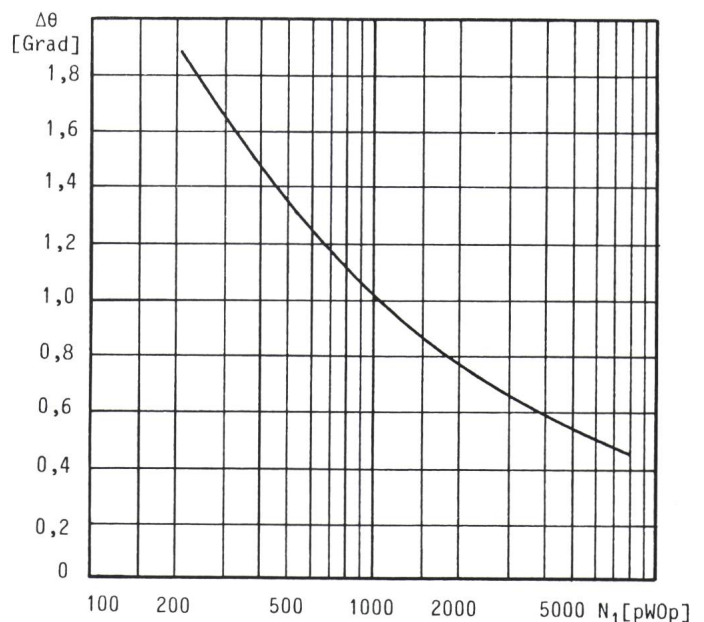
Von CCIR empfohlenes Rauschbudget

Tabelle III

Totale Rauschleistung in einem FM-Telefonkanal (eine Minute Durchschnittsleistung über mehr als 20% der Zeit), davon totales <i>äußeres</i> Rauschen:	10 000 pWOp
- Störuschen von terrestrischen Richtfunkstrecken	1 000 pWOp
- Störuschen von anderen Satellitenverbindungen	2 000 pWOp
Totales <i>inneres</i> Rauschen (inkl. thermisches Rauschen der Abwärts- und Aufwärtsverbindung sowie Klirngeräusche)	7 000 pWOp

Fig. 3
Satellitenabstand als Funktion des Störrauschens

$\Delta\theta$ Satellitenabstand
 N_1 Störuschen in einem Telefonkanal



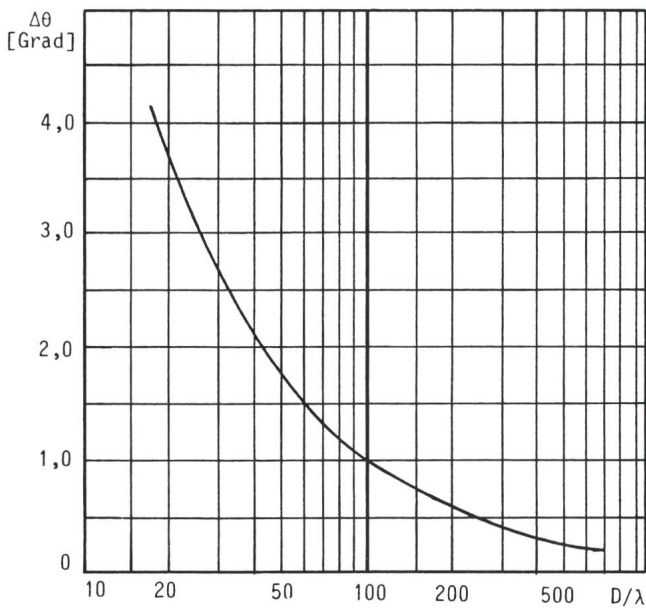


Fig. 4
Satellitenabstand als
Funktion der Grösse der
Bodenstationsantenne

$\Delta\theta$ Satellitenabstand
 D/λ Verhältnis von
 Antennendurchmesser zu
 Wellenlänge

bindungen mehr als 4% (280 pWOp) ausmachen, ist ein eingehendes Koordinationsverfahren zwischen zwei Netzwerken nötig. In [1] findet sich dazu eine Berechnungsmethode.

Die Figur 4 zeigt den Satellitenabstand $\Delta\theta$ als Funktion der Grösse der Bodenstationsantenne D/λ (D = Antennendurchmesser, λ = Wellenlänge) normiert auf $\Delta\theta = 1$ bei $D/\lambda = 100$. Weitere Einzelheiten zu den technischen Angaben, die die rationelle Nutzung des Orbit/Spektrums beeinflussen, können in [2] gefunden werden.

4. Funkvollzugsordnung

Der Internationale Ausschuss für Frequenzregistrierung (IFRB) ist eine der ständigen vier Gremien der UIT. Er wurde 1947 an der Atlantic-City-Funkkonferenz geschaffen, um das Frequenzspektrum zu ordnen und zu verwalten. Dies wurde damals wegen der zunehmenden zivilen Flug- und Rundfunkdienste als wichtig empfunden. Der Zweck war:

1. eine Frequenzhauptidekarte für alle Funkfrequenzen zu führen, die weltweit für alle Anwendungsbereiche benützt werden,
2. um sicherzustellen, dass kein Land Frequenzen verwendet, die zu Störungen bestehender Funkdienste führen könnten.

Der Artikel 10 des Internationalen Fernmeldevertrags [3] beschreibt das Mandat und die Funktion des IFRB. Die fünf Mitglieder des Ausschusses werden aus den 160 Mitgliedsstaaten des UIT gewählt. Sie vertreten weder ihr Land, noch eine Region bei der Ausübung ihres Amtes, sie sind unparteiisch und mit einem internationalen

Auftrag betraut. Der Internationale Ausschuss für Frequenzregistrierung ist unter anderem mit den folgenden Aufgaben betraut:

1. Er registriert die von den verschiedenen Ländern vorgenommenen Frequenzzuteilungen systematisch nach den in der Vollzugsordnung für den Funkdienst vorgesehenen Verfahren und gegebenenfalls nach den Beschlüssen der zuständigen Konferenz der UIT, um ihre offizielle internationale Anerkennung sicherzustellen.
2. Er registriert unter denselben Bedingungen und zu demselben Zweck systematisch die Positionen, welche die Länder den geostationären Satelliten zuteilen.

Die rationelle Nutzung des Funkfrequenzspektrums und der Umlaufbahn der geostationären Satelliten ist in Artikel 33 des Internationalen Fernmeldevertrags beschrieben. Bei der Benützung von Frequenzbereichen für den Weltraumfunkverkehr berücksichtigen die Mitglieder der UIT, dass die Frequenzen und die Umlaufbahn der geostationären Satelliten begrenzte natürliche Ressourcen sind, diese müssen gemäss den Bestimmungen der Vollzugsordnung für den Funkdienst auf wirksame und wirtschaftliche Weise genutzt werden, damit der Zugang zu dieser Umlaufbahn und zu diesen Frequenzen den einzelnen Ländern oder Ländergruppen in gerechter Weise möglich ist. Die Entschliessung 2 der Funkvollzugsordnung, die sich auf die gerechte Nutzung und Gleichberechtigung aller Staaten bezieht, hält fest, dass die Frequenzzuteilung für Weltraumfunkdienste beim IFRB und de-

ren Nutzung einem einzelnen Land oder einer Ländergruppe keine ständige Priorität verschaffen darf. Sie darf auch nicht zu einem Hindernis für die Einrichtung von Fernmeldesatelliten durch andere Länder werden.

Die vollständige *Funkvollzugsordnung* wurde an der WARC 1979 revidiert. Der Rundfunksatellitenplan der Regionen 1, 2 und 3 wurde im Artikel 15 und im Anhang 30 und 30A der Funkvollzugsordnung niedergeschrieben. Der Artikel 11 enthält unter anderem die Verfahren zur Veröffentlichung der Einzelheiten über ein geplantes Satellitennetz und die Koordination der Frequenzzuteilung für eine Weltraumstation auf geostationärer Umlaufbahn oder für eine Bodenstation, die mit einer solchen Weltraumstation in Verbindung ist. Will eine Fernmeldeverwaltung einen Weltraumfunkdienst einführen, teilt sie dies frühestens fünf Jahre und lieber nicht später als zwei Jahre vor der Eröffnung des Dienstes dem IFRB mit. Sie gibt gemäss Anhang 4 der Funkvollzugsordnung [1] die Einzelheiten des geplanten Systems an. Sie soll auch die Koordination mit anderen Verwaltungen durchführen, bevor sie eine IFRB-Notifizierung beantragt oder die Frequenzzuteilung (assignment) benützt. Die Koordinationsergebnisse werden in die internationale Frequenzhauptidekarte eingetragen, um den internationalen Schutz der Dienste gewährleisten zu können.

Der Artikel 13 [1] enthält die Verfahren zur Notifizierung und Eintragung in die Frequenzhauptidekarte mit entsprechenden Bemerkungen. Artikel 11 und 13 beziehen sich auf alle Weltraumfunkdienste ausser auf die Rundfunksatellitendienste mit Abwärtsfrequenzband von 12 GHz. Die Entschliessung Nr. 3 der Funkvollzugsordnung verlangt eine weltweite Funkverwaltungs-konferenz in zwei Sitzungen (WARC-ORB-85 und WARC-ORB-88). Deren Ergebnisse werden in die Funkvollzugsordnung aufgenommen. Die Funkvollzugsordnung von 1979 trat am 1. Januar 1982 in Kraft. Der Internationale Fernmeldevertrag und die Funkvollzugsordnung sind übrigens internationale Verträge im Sinne von Artikel 102 der Charta der Vereinten Nationen (UNO).

5. Planung der Weltraumfunkdienste

Auf Wunsch verschiedener Verwaltungen beschäftigte sich seit 1977 das

WARC mit der Planung der Rundfunksatelliten und der festen Satellitendienste. Der *Rundfunksatellitendienst* ist ein Weltraumfunkdienst, in welchem durch eine Weltraumstation Signale für den direkten Empfang durch die Öffentlichkeit gesendet werden. Der direkte Empfang umfasst sowohl den individuellen Empfang wie auch den Gemeinschaftsempfang. Der feste *Satellitenfunkdienst* ist ein Weltraumfunkdienst zwischen fixen Bodenstationen, wobei einer oder mehrere Satelliten benützt werden. Dazu gehören auch die Speiseverbindungen (Erde-zu-Satelliten-Verbindungen, z.B. für Rundfunksatellitendienste). Eine Satellitenverbindung besteht aus einer Aufwärts- und einer Abwärtsverbindung zwischen der Sendebodenstation und der Empfangsbodenstation. Die technischen und finanziellen Berechnungen betreffen das Raumsegment, das den Satelliten und die Trägerrakete umfasst, sowie das Bodensegment mit den beteiligten Bodenstationen. Zudem hängt die technische Planung eines Satellitendienstes von technischen Kriterien wie z.B. dem Stand der Technik bei den Geräten des zu benützenden Frequenzbandes ab. In einem Rundfunksatellitenplan sind das Abwärtsfrequenzband und die Orbitalposition die Kriterien zur Erarbeitung der technischen Konfigurationen, beim festen Satellitenplan sind es die Aufwärts- und Abwärtsfrequenzbänder sowie der Dienstbogen (nicht die Orbitalposition, da die Satellitenposition innerhalb des gesamten Dienstbogens bestimmt werden kann).

Es gibt verschiedene Planungsverfahren. Eine besteht für alle Weltraumfunkdienste darin, Artikel 11 und 13 der Funkvollzugsordnung zu befolgen, nach dem Motto: «Zuerst gekommen, zuerst bedient».

Es gab aber dennoch einige Verwaltungen, die bei der Vergabe gewisser Bänder für Weltraumfunkdienste genauere Verfahren verlangten. Darum wurde 1977 eine A-priori-Methode entwickelt. Diese schreibt für alle Länder gültige technische Parameter vor. Während ihrer Gültigkeit bleiben alle Parameter unverändert. Da die Nachfrage nach den Diensten und der Technik schnell ändert, ist die A-priori-Planung nur nützlich, falls diese Dienste auch in den meisten Ländern eingeführt werden. Ein detaillierter A-priori-Plan wurde am WARC-BC-SAT 1977 für den Rundfunksatellitendienst ausgearbeitet. Dieser umfasste die Ab-

wärtsverbindung 11,7 bis 12,5 GHz in Region 1 und 11,7 bis 12,2 GHz in Region 3 sowie die Orbitalposition der Satelliten. Diese Verteilung trat am 1. Januar 1979 in Kraft und bleibt für die Dauer von 15 Jahren gültig, es sei denn, sie würde durch eine zuständige Konferenz revidiert. An der ersten Sitzung des WARC-ORB-85 wurde den Regionen 1 und 3 das Aufwärtsband des Rundfunksatellitendienstes zugeteilt. Ein detaillierter Plan wird an der zweiten Sitzung des WARC-ORB-88 beendet. Ein anpassungsfähiger A-priori-Plan wurde 1983 an der regionalen Funkverwaltungskonferenz (SAT-83) für Region 2 ausgearbeitet. Er umfasste die Abwärtsverbindung von 12,2 bis 12,7 GHz und die Aufwärtsverbindung von 17,3 bis 17,8 GHz zusammen mit den Orbitalpositionen der Satelliten.

In Tabelle IV sind die wichtigsten technischen Parameter aller drei Regionen zusammengestellt. Diese Pläne wurden zwar für den Empfang durch individuelle Empfänger vorbereitet, umfassen aber auch den Gemeinschaftsempfang mit grösseren Antennendurchmessern.

Die erste Sitzung der WARC-ORB-85 entschied, einen weltweiten Plan für eine Anzahl Frequenzbänder innerhalb von 3,7 bis 14,5 GHz für den festen Satellitenfunkdienst vorzubereiten [4]. Dieser Plan wird an der zweiten Sitzung des WARC-ORB-88 ausgearbeitet. Der zweiteilige Plan betrifft das Frequenzspektrum für Aufwärts- und

Abwärtsverbindungen sowie den orbitalen Dienstbogen und bezweckt:

1. eine Verteilung (allotment), die jeder Verwaltung die Erfüllung ihrer Bedürfnisse für nationale Dienste erlaubt; sie umfasst mindestens eine Orbitalposition innerhalb eines vorbestimmten Bogens und eines vorbestimmten Frequenzbandes.

Der Verteilungsplan ist zwar für nationale Dienste bestimmt, kann aber auch auf umliegende Gebiete ausgedehnt werden. Alle UIT-Mitglieder haben Anrecht auf mindestens eine Orbitalposition auf einem vorbestimmten Bogen sowie eine minimalen Bandbreite innerhalb eines bestimmten Bandes für mindestens ein Dienstgebiet. Dies wird für eine Dauer von mindestens 10 Jahren festgesetzt. Die genaue Dauer wird an der zweiten Sitzung festgelegt. Der Plan wird zu einem Teil der Funkvollzugsordnung und kann gemäss dem Fernmeldevertrag revidiert werden. Er soll in denjenigen Bändern (Erweiterungsbändern) ausgearbeitet werden, die von den festen Satellitenfunkdiensten noch nicht belegt wurden:

- a. *C-Band*: 4500 bis 4800 MHz und 300 MHz aus dem 6425- bis 7075-MHz-Band,
- b. *K_u-Band*: 10,70 bis 10,95 GHz, 11,20 bis 11,45 GHz, 12,75 bis 13,25 GHz

Technische Parameter der Rundfunksatellitenpläne

Tabelle IV

Parameter	Regionen 1 und 3 (Genf 1977)	Region 2 (Genf 1983)
Frequenzband (Abwärtsverbindung)	11,7...12,5 GHz (Region 1) 11,7...12,2 GHz (Region 3)	12,2...12,7 GHz
Frequenzband (Aufwärtsverbindung)	17,3...18,1 GHz 14,5...14,8 GHz (nur für Malta und ausserhalb Europa) WARC-ORB-85/88)	17,3...17,8 GHz
Max. zulässige Leistungsflussdichte	-103 dBW/m ²	-107 dBW/m ²
Empfangsgüte G/T für individuelle Antennen (Antennengewinn/Rauschtemperatur)	6 dBK ⁻¹	10 dBK ⁻¹
Durchmesser für individuelle Parabolantennen	90 cm	1 m
Fernsehskanalbandbreite	27 MHz	24 MHz
Geostationärer Orbitalabstand zwischen zwei Rundfunksatelliten	6° (einheitlich)	(nicht einheitlich)

Der Plan bezweckt:

2. Ein verbessertes Verfahren, das zusätzliche Bedürfnisse abdeckt, die nicht im Verteilungsplan enthalten sind. Der wichtigste Punkt dieser Methode besteht in periodischen, multilateralen Treffen, die das normale Verfahren für den Zugang zum Orbit/Spektrum bilden sollen. Die Art dieser Treffen und das Mandat werden an der zweiten Sitzung festgelegt. Diese Methode wird dann zu einem neuen Verfahren, welches in der Funkvollzugsordnung verankert wird. Es wird für die Bänder angewandt, welche gegenwärtig sehr oft in internationalen, regionalen und nationalen Diensten benützt werden:
 - a. *C-Band*: 3700 bis 4200 MHz, und 5850 bis 6425 MHz,
 - b. *K_v-Band*: 10,95 bis 11,20 GHz, 11,45 bis 11,70, 11,70 bis 12,20 GHz (Region 2), 12,50 bis 12,75 GHz (Regionen 1 und 3), 14,00 bis 14,50 GHz.

Das CCIR wurde beauftragt, die technischen Eigenschaften eines festen Satellitenfunkdienstes in den K_a-Frequenzbändern (18,10 bis 18,30 GHz, 18,30 bis 20,20 GHz, 27,00 bis 30,00 GHz) zu studieren. Es wird an der zweiten Sitzung über diese Bänder berichten, damit eine spätere zuständige Planungskonferenz über ihre Verwendung entscheiden kann.

Zwischen den Sitzungen werden durch die Fernmeldeverwaltungen sowie das CCIR und IFRB zusätzliche Studien durchgeführt. Sie betreffen den Verteilungsplan, die Auswirkungen und die Möglichkeiten eines anderen Planungsvorgehens. Der letzte Entscheid über die festen Satellitenfunkdienste wird an der zweiten Sitzung 1988 getroffen.

6. Weltraumrecht

Mit dem Aufkommen künstlicher Satelliten wurde es nötig, für alle Staaten verbindliche rechtliche Grundsätze über die Erforschung und Benützung des Weltraums festzulegen. 1959 gründete die UNO-Vollversammlung an ihrer vierzehnten Sitzung den UNO-Ausschuss für die friedliche Nutzung des Weltraums (UNO-Weltraumausschuss). 1967 nahm die UNO einen Weltraumvertrag und später verschiedene grundsätzliche Vereinbarungen für den Weltraum an. Artikel II des Weltraumvertrags schreibt vor, dass der Weltraum samt Mond und andern Himmelskörpern weder durch natio-

nale Besitzergreifung, Souveränitätsanspruch, Benützung, Besetzung, noch durch andere Mittel zu Eigentum genommen werden kann. Er beschreibt den Begriff «Weltraum» indessen nicht genau. Das internationale Luftraumrecht ordnet die Flugfunkdienste. Jeder Staat besitzt Hoheitsrechte über den Luftraum, der über seinem Gebiet liegt. Das Weltraumrecht ordnet das Geschehen für Objekte, die von der Erde zu verschiedenen Punkten im Weltraum oder zu Himmelskörpern abgeschossen werden. Die Luft- und Weltraumrechte basieren auf verschiedenen Grundsätzen des Völkerrechts. Es gibt aber noch keinen internationalen Vertrag über die Begrenzung des Luftraums. Es wird jedoch allgemein eine Grenze von 100 bis 110 km Höhe über Meer angenommen. Dort hört der aerodynamische Auftrieb auf. In diesen Regionen befinden sich die niedrigsten Satellitenumlaufbahnen.

Acht Länder des Äquators trafen sich 1976 in Bogotá, Kolumbien. Sie beanspruchten den geostationären Orbit als ihren Besitz, obwohl er sehr hoch über ihrem Gebiet verläuft. Die Bogotá-Erklärung beschloss, dass die geostationäre Umlaufbahn eine natürliche Ressource in ihrem nationalen Gebiet sei, gleich wie das Land, das Meer und die Inseln, und darum sei die geostationäre Umlaufbahn als ein Teil ihres Hoheitsrechts anzusehen. Falls ein Land diesen Teil der geostationären Umlaufbahn benützen will, müsse es zuerst die Erlaubnis dieser Länder einholen. Dieser Anspruch auf Hoheitsrechte hat keine rationale Grundlage, und er wird von andern Ländern auch nicht anerkannt. Das Problem ist zurzeit noch beim UNO-Ausschuss für Weltraum hängig, der für Fragen zum rechtlichen Status des Weltraums und der Weltraumstationen zuständig ist.

7. Schlussbemerkungen

Selbst ein Weltraumfunkdienst für nationale Anwendung braucht internationale Koordination und Zusammenarbeit. Die Raumstation wird ausserhalb jeglichen Hoheitsgebiets plaziert. Sie ist aber schädlichen Störungen ausgesetzt. Die gemeinsame Nutzung der Ressourcen durch verschiedene Länder ist immer ein politischer Vorgang und verlangt Verständnis für globale Interessen. Beschränkte lokale und regionale Interessen komplizieren den Sachverhalt und führen zu keiner

dauerhaften Lösung. Das Orbit/Spektrum ist durch seine physikalischen Eigenschaften begrenzt, aber erschöpft sich nicht durch Verwendung. Der Gesichtspunkt «gerechter Zugang mit Gleichberechtigung» verlangt eine klare Umschreibung in praktischen Begriffen. Die bestehenden Planungsmethoden für Rundfunksatellitendienste und feste Satellitenfunkdienste sind dafür nicht das passende Vorgehen. Sie zersplittern nämlich das Vollzugsverfahren, was letztlich die Entwicklung der Dienste behindert. Die Pläne gründen nicht auf dem wirklichen Bedarf der entsprechenden Länder. Zur Zeit der Ausarbeitung der Pläne ist die Technik leider nicht immer genügend ausgereift, um die sofortige Verwendung zu ermöglichen. Die Pläne werden deshalb zu einem Hindernis für eine zukünftige gerechte Verwendung, weil die Technik und der Bedarf für die Dienste sich rasch ändern.

Zwar brauchen nicht alle 160 Staaten schon jetzt oder in naher Zukunft einen nationalen Rundfunksatelliten oder einen festen Satellitenfunkdienst. Jeder Staat möchte aber dann sein Recht geltend machen können, wenn er einen eigenen Weltraumfunkdienst eröffnen will. Diesem Anspruch würde eine zeitlich begrenzte Zuteilung mit einer Revisionsklausel nach Ablauf der garantierten Benützungsdauer entgegenkommen. Die Schwierigkeit besteht offensichtlich in der Festlegung der Revisionsperiode. Dabei ist einerseits zu berücksichtigen, dass die Lebensdauer moderner Satelliten ungefähr 10 Jahre beträgt, diese Zeitdauer aber andererseits als Revisionsperiode unakzeptierbar lang ist. Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass der technische Fortschritt im Bereich des Weltraumfunks sehr rasch voranschreitet, so dass sich nach wenigen Jahren ganz neue Möglichkeiten ergeben. Es scheint deshalb nicht ausgeschlossen zu sein, dass man sich auf eine bedeutend kürzere Revisionszeit als die Lebensdauer von Satelliten einigen könnte (z.B. 5 Jahre). Jedenfalls sollte die Möglichkeit zeitlich begrenzter Zuteilungen genutzt werden, um mit einem realistischen Nutzungsplan unnötige Platzreservierungen zu verhindern. Die WARC-ORB-88 wäre dafür eine gute Gelegenheit.

Literatur

- [1] Funkvollzugsordnung, Ausgabe 1982 (Revision 1985), UIT, Genf.
- [2] Fester Funkdienst über Satelliten, Band IV, Teil I, CCIR, XV. Plenarsitzung, Genf 1982.
- [3] Internationaler Fernmeldevertrag, Nairobi, 1982, deutsche Übersetzung 1984.
- [4] Schlussakten der WARC-ORB-85, UIT, Genf.