Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 59 (1981)

Heft: 11

Artikel: Ergebnisse der Empfangsmessungen mit dem europäischen Testsatelliten OTS

Autor: Heierli, Hanspeter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874207

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Ergebnisse der Empfangsmessungen mit dem europäischen Testsatelliten OTS

Hanspeter HEIERLI, Bern

621.391.812:629.783(4)

Zusammenfassung. *Mit dem europäischen Testsatelliten OTS wurden in Bern während zwei Jahren Empfangsmessungen mit linearer Polarisation durchgeführt. Bei einer Frequenz von 11,6 GHz wurde der Einfluss von Niederschlägen auf die Ausbreitung dualpolarisierter Signale untersucht. Parallel dazu wurde mit einem Radiometer die Himmelsrauschtemperatur bei einer Frequenz von 11,4 GHz registriert. In diesem Artikel werden einige Resultate dieser Messungen präsentiert. Es wird dabei zwischen Ereignissen durch Regen und solchen durch Schneeablagerungen auf den Empfangsantennen unterschieden.*

Résultats des mesures de réception réalisées avec le satellite expérimental européen OTS

Résumé. *Pendant deux ans, des mesures de réception ont été faites à Berne avec le satellite expérimental européen OTS en polarisation linéaire. On a examiné l'influence des précipitations, à la fréquence de 11,6 GHz, sur la propagation de signaux émis en mode de polarisation double. En même temps, un radiomètre enregistrait la température de bruit du ciel à 11,4 GHz. Cet article expose quelques résultats de ces mesures, une distinction étant faite entre les effets de la pluie et ceux de la neige accumulée sur les antennes réceptrices.*

Risultati delle misurazioni di ricezione eseguite con il satellite di prova europeo OTS

Riassunto. *Per due anni sono state eseguite a Berna misurazioni di ricezione a polarizzazione lineare con il satellite di prova europeo OTS. È stato esaminato, operando sulla frequenza di 11,6 GHz, l'influsso che esercitano le precipitazioni sulla propagazione di segnali a polarizzazione circolare e lineare. Parallelamente è stata registrata, per mezzo di un radiometro, la temperatura di rumore celeste alla frequenza di 11,4 GHz. L'autore presenta qui alcuni risultati delle misurazioni e li suddivide in fenomeni dovuti alla pioggia e quelli causati da depositi di neve sulle antenne di ricezione.*

1 Einführung

Die heutigen geostationären Fernmeldesatelliten arbeiten im Aufwärtspfad mit einer Frequenz um 6 GHz und im Abwärtspfad bei 4 GHz. Für die künftigen Satellitensysteme hat man Frequenzen über 10 GHz vorgesehen:

- Im Intelsat-System soll von 1981 an der Satellit Intelsat IV-A durch Intelsat V ersetzt werden, der sowohl bei 4/6 GHz als auch bei 11/14 GHz arbeiten wird.
- Für 1983 wird ein europäisches Kommunikationssatellitensystem ECS geplant, das bei 11/14 GHz betrieben werden soll.
- Für Fernseh-Rundfunksatelliten sind Frequenzen um 18 GHz (Aufwärtspfad) und um 12 GHz (Abwärtspfad) vorgesehen.
- Im Satellitensystem Telecom sind für die sogenannten speziellen Dienste die Frequenzbänder um 12 GHz und um 14 GHz geplant.

Um die gegebenen Frequenzbänder besser auszunützen, wird zudem die sogenannte Dualpolarisation verwendet. Bei dieser werden zwei Signale auf der gleichen Frequenz, jedoch mit unterschiedlicher Polarisation, übertragen.

Im Gegensatz zu den Frequenzbändern bei 4/6 GHz wird die Verbindung zum Satelliten bei Frequenzen über 10 GHz stark durch Niederschläge (Starkregen, Gewitter) gestört oder in extremen Fällen sogar unterbrochen. Diese Störung hat folgende Ursachen:

- Die Energie der elektromagnetischen Wellen wird von den Wassertropfen sowohl absorbiert als auch gestreut. Dadurch wird das Signal abgeschwächt.
- Das Wasser in der Atmosphäre und auf der Bodenstationsantenne bewirkt einen Anstieg der Rauschtemperatur, wodurch der Qualitätsfaktor G/T der Bodenstation verschlechtert wird.
- Die durch Niederschläge verursachten Inhomogenitäten bewirken eine sogenannte Depolarisation der Signale, wodurch die Polarisationsentkopplung verschlechtert wird. Bei der doppelten Ausnützung der Frequenzbänder mit Dualpolarisation führt dieser Effekt zu einer Gleichkanalstörung.

Um den Einfluss der Atmosphäre auf Satellitenverbindungen bei Frequenzen über 10 GHz zu untersuchen, wurde seit dem 1. Januar 1978 auf dem Dach des Hochhauses der Abteilung Forschung und Entwicklung PTT in Bern mit einem Radiometer die Himmelsrauschtemperatur bei 11,4 GHz registriert. Im Mai 1978 wurde der europäische Testsatellit OTS-2 erfolgreich gestartet. Dieser Satellit ermöglicht es, Ausbreitungsmessungen bei 11 GHz und bei 14 GHz durchzuführen. Im Rahmen des Empfangsexperimentes der PTT wird seit Ende Mai 1978 das linear polarisierte Bakensignal des OTS auf einer Frequenz von 11,575 GHz empfangen.

2 Beschreibung des Experimentes

Sowohl die Messung des OTS-Bakensignals als auch jene der Himmelsrauschtemperatur wurden mit linear horizontaler Polarisation durchgeführt. Bei dem von OTS empfangenen Signal betrug die Abweichung von der horizontalen Polarisationsebene (tilt angle) 2,5°. Die Elevation der Antennen betrug 36°, das Azimut 177°. Die Antennen waren also praktisch nach Süden gerichtet.

Die Empfangsantennen konnten im Winter nicht geheizt werden. Ablagerungen von Nassschnee auf den Antennen bewirkten relevante Ereignisse, die sich über Stunden, in Extremfällen sogar über Tage hinzogen. Es wurden daher zwei verschiedene Empfangsstatistiken erarbeitet: Die eine enthält alle registrierten Ereignisse durch Regen und Schnee; sie repräsentiert die Empfangsbedingungen für ungeheizte Antennen. Bei der zweiten Statistik wurden alle Ereignisse durch Schneeablagerungen auf den Antennen eliminiert. Sie zeigt die Verhältnisse für eine kommerzielle Bodenstation mit einem gut funktionierenden Antennen-Enteisungssystem.

Das OTS-Experiment im europäischen Rahmen, die Messungen der PTT, die OTS-Empfangsanlage sowie das Prinzip des Radiometers wurden bereits früher beschrieben [1]. In *Tabelle I* sind daher nur die wichtigsten Daten zusammengefasst.

Tabelle I. Wichtigste Eigenschaften der Empfangsgeräte der PTT

Eigenschaften	OTS-Anlage	Radiometer
Antennendurchmesser	3 m	1,75 m
Polarisation	linear	linear
Frequenz	11,575 GHz	11,4 GHz
Polarisationsentkopplung	> 40 dB	—
Empfangspegel	—110 dBm	—
Empfindlichkeit	—	≈ 0,5 K
Rauschtemperatur des Empfängers	1400 K	630 K

3 Dämpfungsmessungen mit OTS bei 11,6 GHz

31 Messgenauigkeit

Durch kontinuierliche Registrierung des Empfangspegels des OTS-Bakensignals werden die zusätzlichen Dämpfungen durch Niederschläge erfasst. Die Funkfelddämpfung bei klarem Wetter wird dabei als Referenz genommen. Die Messgenauigkeit wird bestimmt durch die Unstabilitäten des Bakensignals und der Empfangsanlage sowie durch Richtfehler der Empfangsantenne wegen Lageänderungen des Satelliten. Die Empfangsanlage ist mit einem Referenzoszillator versehen, dessen Signal periodisch für kurze Zeit anstelle des Satellitensignals eingespeist werden kann. Dadurch können die anlagebedingten Messfehler bei der Auswertung der Registrierungen weitgehend eliminiert werden.

Die Statistiken über die witterungsbedingten zusätzlichen Dämpfungen sind mit einem verbleibenden Messfehler von $\leqq \pm$ 0,5 dB behaftet.

32 Summenhäufigkeitsverteilungen der Dämpfung

In *Figur 1* sind die Summenhäufigkeitsverteilungen der Dämpfung für die Jahre 1978 beziehungsweise 1979 und den ungünstigsten Monat der Jahre 1978 und 1979 mit und ohne Schnee-Ereignisse dargestellt. Die Kurven für den ungünstigsten Monat sind die Umhüllenden aller Monatskurven (Majoranten [2]) aus den Empfangsmessungen mit OTS in den Jahren 1978 und 1979. Der ungünstigste Monat mit Schnee-Ereignissen entspricht im wesentlichen dem Monat Dezember 1979, jener ohne Schnee-Ereignisse dem Monat Juni 1979.

Eine Dämpfung von 8 dB, die in Satellitensystemen, wie Intelsat oder ECS, praktisch einen Unterbruch der Verbindung bewirkt, wird sowohl während eines Jahres als auch im ungünstigsten Monat bei einer ungeheizten Empfangsantenne etwa hundertmal länger überschritten als bei einer gut geheizten. Bei einer ungeheizten Antenne wäre die Verbindung zum Satelliten im ungünstigsten Monat etwa während 8 % der Zeit, was 59 Stunden entspricht, unterbrochen, bei einer geheizten nur etwa während 40 Minuten (0,095 %).

Die extrem lange dauernden Dämpfungen im Winter entstehen nicht etwa durch den eigentlichen Schneefall

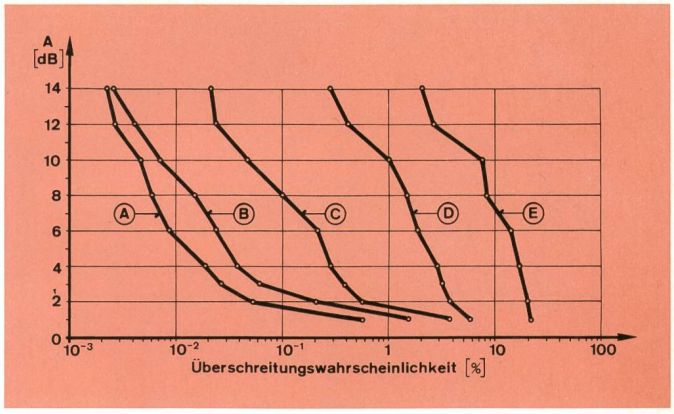

Fig. 1
Summenhäufigkeitsverteilung der Dämpfung bei 11,6-GHz-Satellitenverbindungen
Ⓐ 1978 ohne Schnee
Ⓑ 1979 ohne Schnee
Ⓒ Ungünstigster Monat 1978/79 ohne Schneeablagerungen
Ⓓ 1979 mit Schnee
Ⓔ Ungünstigster Monat 1978/79 einschliesslich Schneeablagerungen

in der Atmosphäre. Vielmehr wird der Gewinn der Empfangsantenne durch Schneeablagerungen oder Vereisungen der Antenne, die gegen den Himmel gerichtet ist, herabgesetzt.

33 Ereignisstatistiken

Die Anzahl der Überschreitungen einer gegebenen Dämpfung (einschliesslich Schnee-Ereignisse) im ungünstigsten sowie in einem durchschnittlichen Monat zeigt *Figur 2*. Die Werte für den ungünstigsten Monat entsprechen weitgehend jenen des Monats Juni 1979. Eine Dämpfung von zum Beispiel 8 dB wird im ungünstigsten Monat 16mal überschritten, in einem durchschnittlichen Monat dagegen nur 3mal.

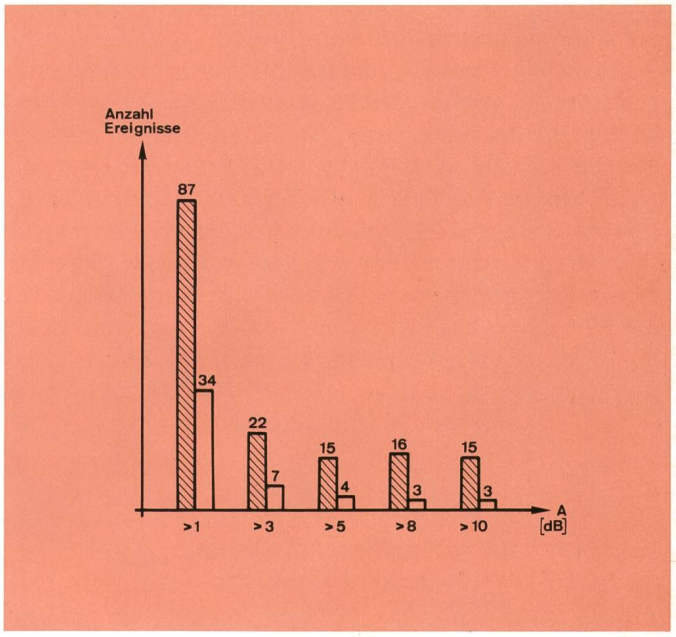

Fig. 2
Anzahl Dämpfungsüberschreitungen je Monat (einschliesslich Schnee-Ereignissen)
▨ Ungünstigster Monat: Majorante der Monate Juni 1978 bis Dezember 1979
□ Durchschnittlicher Monat: Durchschnitt der Ereignisse der Monate Juni 1978 bis Dezember 1979

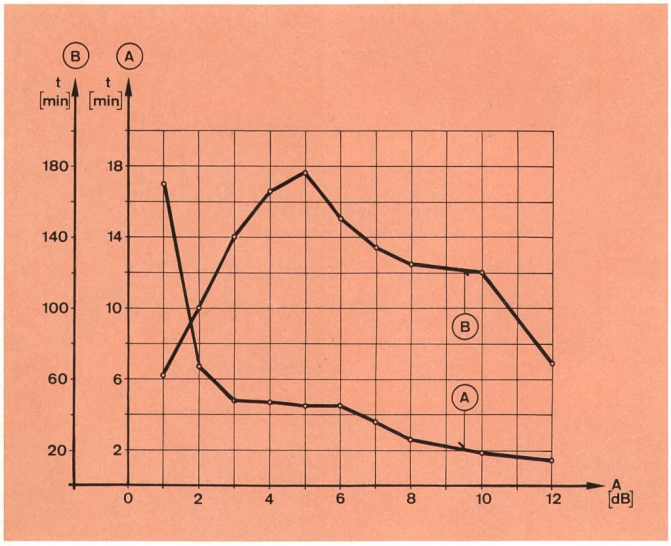

Fig. 3
Mittlere Dauer der Dämpfungsereignisse, Mittelwert der Ereignisse von Juni 1978 bis Dezember 1979
Ⓐ Ohne Schnee
Ⓑ Mit Schnee

In *Figur 3* ist die mittlere Dauer der Ereignisse von Juni 1978 bis Dezember 1979 dargestellt. Für Regenereignisse liegt die mittlere Dauer in der Grössenordnung von Minuten. Berücksichtigt man Schneeablagerungen auf der Antenne, liegt sie in der Grössenordnung von Stunden. Für eine Dämpfung von zum Beispiel 8 dB beträgt die mittlere Dauer bei einer geheizten Antenne 2,7 min, bei einer ungeheizten Antenne 124 min.

4 Messung der Himmelsrauschtemperatur

41 Allgemeines

Eine wesentliche Grösse einer Satellitenbodenstation ist der Qualitätsfaktor G/T. G ist der Empfangsgewinn der Antenne, T die Systemrauschtemperatur, die sich aus den Rauschtemperaturen des Empfangsverstärkers, der Antenne und des Himmels ergibt. Da die Himmelsrauschtemperatur bei schlechtem Wetter ansteigt, ist auch der Faktor G/T der Bodenstation vom Wetter abhängig. In internationalen Satellitensystemen soll das G/T während einer bestimmten Zeit des Monats oder des Jahres einen minimal geforderten Wert nicht unterschreiten. Bei der Planung von Bodenstationen werden deshalb Unterlagen über die Schwankungen der Himmelsrauschtemperatur benötigt. Mit dem Radiometer der PTT kann diese mit einer Unsicherheit von ± 7 K (mittlerer absoluter Fehler) gemessen werden. Diese Messunsicherheit gilt bei klarem Himmel. Der Fehler wird mit zunehmender Himmelsrauschtemperatur kleiner.

42 Summenhäufigkeitsverteilungen der Himmelsrauschtemperatur

Figur 4 zeigt die folgenden vier Summenhäufigkeitsverteilungen:

- Jahreskurve 1978 ohne Schneeablagerungen
- Jahreskurve 1979 ohne Schneeablagerungen
- ungünstigster Monat der Jahre 1978 und 1979 ohne Schneeablagerungen
- ungünstigster Monat der Jahre 1978 und 1979 einschliesslich Ereignissen durch Schneeablagerungen

Der ungünstigste Monat ohne Schnee-Ereignisse entspricht im wesentlichen dem Monat Juni 1979, jener mit Schneeablagerungen auf der Antenne dem Monat Januar 1979. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit der Himmelsrauschtemperatur für den ungünstigsten Monat mit Schnee ist maximal etwa zehnmal höher als jene für den ungünstigsten Monat ohne Schnee. Ein Vergleich mit den entsprechenden Monatskurven für die Dämpfung (Fig. 1) zeigt, dass dort das Verhältnis der Überschreitungswahrscheinlichkeiten der ungünstigsten Monate mit und ohne Schnee bis etwa hundert beträgt. Schneeablagerungen auf den Antennen verschlechtern also die Überschreitungswahrscheinlichkeit für die Dämpfung im ungünstigsten Monat etwa zehnmal mehr als jene für die Himmelsrauschtemperatur. Dies kommt daher, dass Schneeablagerungen, wie bereits im Zusammenhang mit den Dämpfungsstatistiken erwähnt, vor allem den Gewinn der Empfangsantenne herabsetzen. Dabei werden die elektromagnetischen Wellen einerseits gedämpft, was auch einen entsprechenden Anstieg der Rauschtemperatur bewirkt, anderseits wird das Antennendiagramm durch die Schneeablagerungen verändert. Dadurch ist die Antenne nicht mehr optimal auf den Satelliten gerichtet, was ebenfalls eine Abschwächung des empfangenen Satellitensignals bewirkt. Dieser Teil der Gewinnminderung bewirkt keinen Anstieg der Rauschtemperatur und kann mit einem Radiometer demzufolge auch nicht festgestellt werden.

5 Depolarisationsmessungen

51 Messbedingungen

Zusätzlich zum horizontal polarisierten copolaren Nutzsignal kann auf der Erde ein Signal in der gekreuzten, also der vertikalen Polarisation gemessen werden. Das Übersprechen von einer Polarisation in eine andere tritt aus den folgenden Gründen auf:

- nicht ideale Eigenschaften sowohl der Satelliten- als auch der Bodenstationsantenne

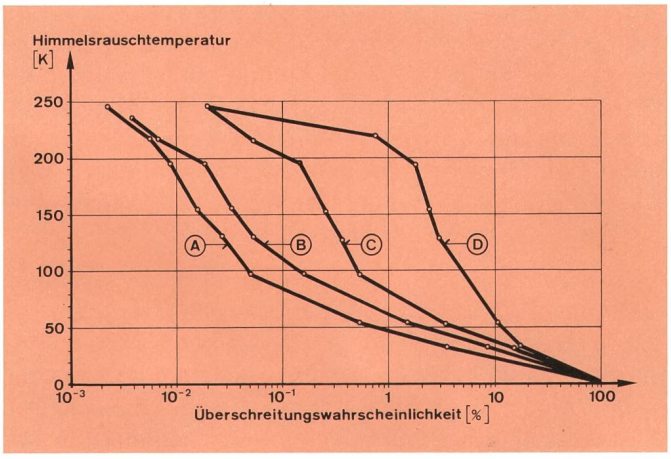

Fig. 4
Summenhäufigkeitsverteilung der Himmelsrauschtemperatur
Ⓐ 1978 ohne Schneeablagerungen auf der Antenne
Ⓑ 1979 ohne Schneeablagerungen auf der Antenne
Ⓒ 1978/79 ungünstigster Monat, ohne Schneeablagerungen auf der Antenne
Ⓓ 1978/79 ungünstigster Monat, einschliesslich Schneeablagerungen auf der Antenne

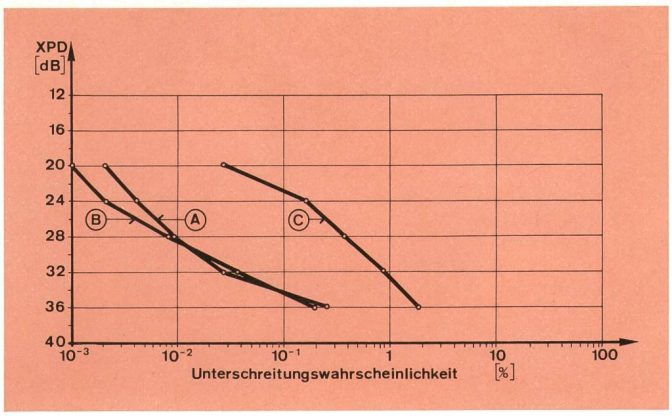

Fig. 5
Summenhäufigkeitsverteilung der Polarisationsentkopplung XPD
Ⓐ 1978 ohne Schneeablagerungen auf der Antenne
Ⓑ 1979 ohne Schneeablagerungen auf der Antenne
Ⓒ 1979 einschliesslich Schneeablagerungen auf der Antenne

– Inhomogenitäten in der Atmosphäre (zum Beispiel Regentropfen)

Der Pegelunterschied zwischen dem copolaren und dem depolarisierten Signal wird Polarisationsentkopplung oder kurz XPD (crosspolar discrimination) genannt. Bei den Messungen mit OTS in Bern war die XPD bei niederschlagsfreiem Wetter stets besser als 40 dB. Sie schwankte mit einer Periode von 24 Stunden zwischen 40 und 48 dB. Diese Schwankung ist vor allem auf die Unstabilität der Satellitenposition zurückzuführen.

52 Summenhäufigkeitsverteilungen der XPD

Die Summenhäufigkeitsverteilungen der XPD der Jahre 1978 und 1979 sind in *Figur 5* gezeigt. Eine XPD von 28 dB, die in digitalen Übertragungssystemen (beispielsweise 4 PSK) praktisch noch keine Verschlechterung der Bitfehlerrate bewirkt [3], wird in beiden Jahren bei einer gut geheizten Antenne während 0,009 % des Jahres (47 min) unterschritten. Berücksichtigt man Schneeablagerungen auf der Antenne, so dauert die Unterschreitung etwa vierzigmal länger, nämlich 1740 min (0,33 % des Jahres).

Ein Vergleich der Summenhäufigkeitsverteilungen der XPD mit jenen der Dämpfung (Fig. 1) zeigt, dass bei linearer Polarisation der Einfluss der XPD auf die Qualität der Verbindung bei digitaler Modulation vernachlässigt werden kann. So überschritt zum Beispiel die Dämpfung während 0,01 % des Jahres 1979 einen Wert von 9 dB, was in den meisten Systemen einem Unterbruch der Verbindung gleichkommt. Die mit gleicher Häufigkeit unterschrittene Polarisationsentkopplung beträgt 29 dB, was die Verbindung bei digitaler Modulation praktisch nicht stört. Bei zirkularer Polarisation sind die Verhältnisse weniger günstig, weil dort die Polarisationsentkopplung durch Niederschläge stärker beeinflusst wird [6].

6 Umrechnung der Dämpfungsstatistik auf andere Frequenzen

Im Aufwärtspfad wird bei den Satelliten Intelsat V und ECS das Frequenzband von 14,0...14,5 GHz verwendet, bei Fernseh-Rundfunksatelliten wird man mit Frequenzen um 18 GHz arbeiten. Für die Planung von Bodenstationen werden deshalb auch Ausbreitungsstatistiken für diese Frequenzen benötigt. Sie können aus den Messresultaten anhand folgender Formel extrapoliert werden:

$$A_2 = A_1 \cdot \left(\frac{f_2}{f_1}\right)^n$$

A_i = Dämpfung bei der Frequenz f_i

Messungen der Niederschlagsdämpfungen auf Richtfunkverbindungen haben ergeben, dass die Dämpfung näherungsweise mit dem Quadrat der Frequenz zunimmt [4]. Messungen mit OTS [5] bei 11,6 und bei 14,5 GHz haben einen Exponenten von n = 1,65...2,3 ergeben. Bei der Extrapolation der Dämpfungsstatistiken von 11 auf 14 GHz darf also näherungsweise mit einem Exponenten von n = 2 gerechnet werden. Demzufolge dämpft ein starker Regenschauer, der bei 11,6 GHz eine Signaldämpfung von beispielsweise 3 dB bewirkt, bei 14,5 GHz bereits 4,7 dB und bei 18 GHz sogar mehr als 7 dB.

7 Zusammenhang zwischen der copolaren Dämpfung und der XPD

Zusammenhänge zwischen der copolaren Dämpfung und der Polarisationsentkopplung XPD sind in der Literatur, zum Beispiel im CCIR-Report 564-1 oder in [6], angegeben. Die Angabe im CCIR-Report 564-1 ist gültig für Neigungswinkel der linearen Polarisation zwischen 10 und 80°. Da der Neigungswinkel bei der vorliegenden Messung nur etwa 2,5° betrug, können die CCIR-Werte nicht zum Vergleich herangezogen werden. OTS-Messungen in Grossbritannien und in Schweden haben jedoch keine Übereinstimmung mit dem CCIR-Report 564-1 ergeben.

In *Figur 6* sind die während fünf Gewittern gleichzeitig aufgetretenen Werte der Dämpfung und der XPD in einem Streudiagramm eingetragen. Es kann eine Regressionsgerade berechnet werden, die folgende Gleichung ergibt:

$$XPD = 39{,}7 - 1{,}59 \cdot A \text{ [dB]}$$

Die Korrelation zwischen den Werten ist jedoch schlecht. Bei einer Dämpfung von zum Beispiel 7 dB wurden Werte für die XPD zwischen 22 und 33 dB gemessen. Wegen sogenannten Eiskristalleffekten [7] kann sich die XPD verschlechtern, ohne dass eine bemerkenswerte copolare Dämpfung auftritt. So wurden bei Dämpfungen von nur 0,5 dB XPD-Werte zwischen 24 und 48 dB registriert.

Der statistische Zusammenhang zwischen der Dämpfung und der XPD darf nur als grobe Richtlinie betrachtet werden, da im Einzelfall grosse Abweichungen auftreten können.

8 Einige interessante Ereignisse

81 Gewitter vom 11. Juni 1979

Figur 7 zeigt die Registrierung der Empfangspegel während des Gewitters vom 11. Juni 1979. Mehrere Re-

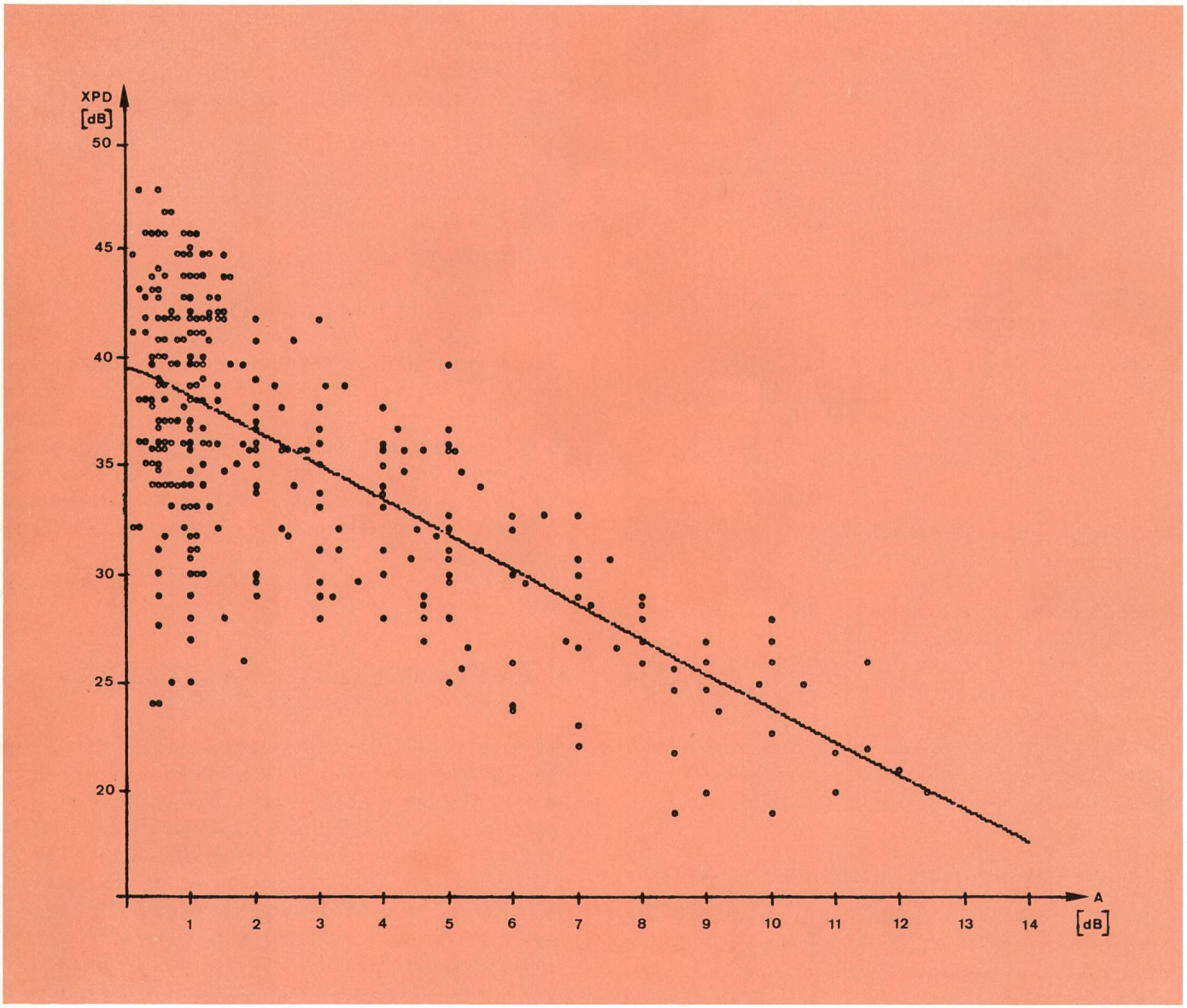

Fig. 6
Streudiagramm A/XPD bei f = 11,6 GHz, fünf Gewitter, 369 Punkte
XPD = 39,7 − 1,59 A

Korrelationskoeffizient	0,68	Elevation	36°
Standardschätzfehler	4,6 dB	Polarisation	Linear
		Neigungswinkel	2,5°

genzellen durchquerten die Verbindungslinie zwischen dem Satelliten und der Bodenstation und bewirkten starke Empfangsstörungen. Die grösste Signaldämpfung betrug etwa 16 dB und der schlechteste Wert für die XPD 24 dB. Die Verschlechterung der XPD stammt in diesem Falle hauptsächlich von der Abschwächung des copolaren Signals. Im Intelsat- oder ECS-System, wo eine Dämpfung von 8 dB praktisch einen Verbindungsunterbruch bedeutet, hätte dieses Gewitter fünf Unterbrüche verursacht, die 6 min, 3 min, 3 min, 2 min beziehungsweise 4 min gedauert hätten. Die Polarisationsentkopplung war während des ganzen Gewitters besser als 24 dB. Der Pegel des depolarisierten Signals blieb in dieser Zeit verhältnismässig stabil, er änderte sich lediglich um 7 dB.

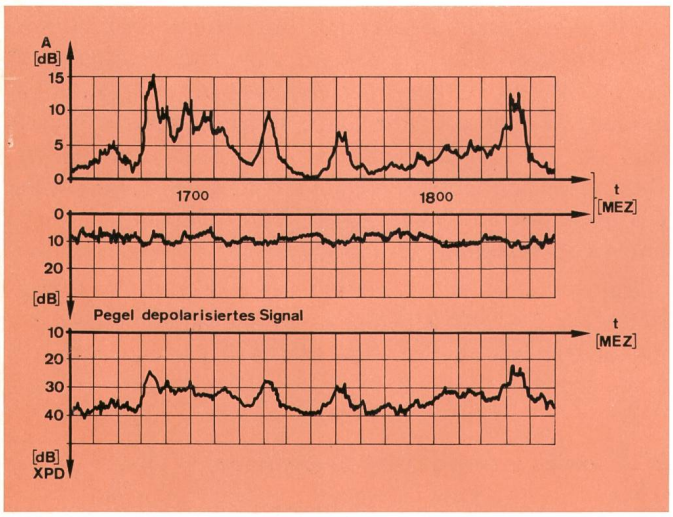

Fig. 7
Registrierung der Empfangspegel während dem Gewitter vom 11. Juni 1979

82 Tauender Schnee in der OTS-Empfangsantenne

Wie bereits erwähnt, bewirken Schneeablagerungen in den Antennen starke Empfangsstörungen. *Figur 8* zeigt die leicht schneebedeckte OTS-Empfangsantenne am Morgen des 3. April 1979. Der Hauptreflektor ist in

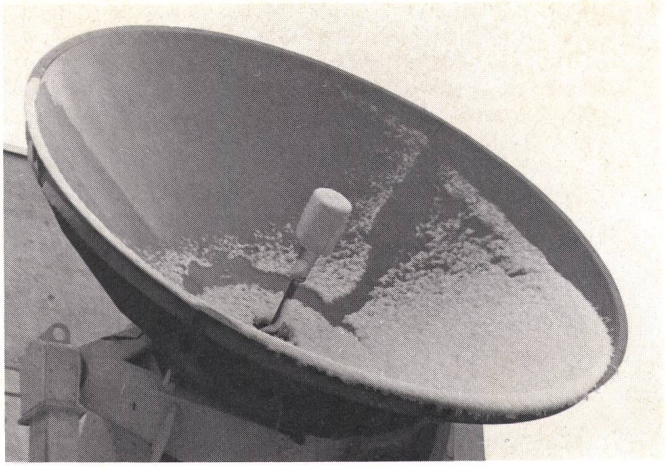

Fig. 8
Tauender Schnee in der OTS-Empfangsantenne am 3. April 1979, 0740 Uhr

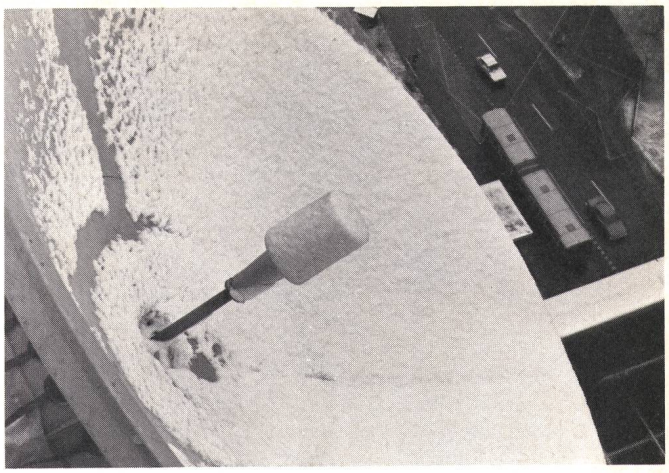

Fig. 9
Schneebedeckte OTS-Empfangsantenne, Ansicht von oben

der unteren Hälfte mit einer 3 cm dicken Nassschneeschicht bedeckt. Die obere Hälfte der Hartschaumabdeckung des Subreflektors trägt ebenfalls tauenden Schnee *(Fig. 9)*.

Zum Zeitpunkt der Aufnahmen überschritt die Signaldämpfung den Messbereich der Anlage von 20 dB. Der PLL-Empfänger konnte nicht mehr auf das Empfangssignal synchronisieren, die Verbindung zum Satelliten war also unterbrochen.

83 Schnee-Ereignis vom 22./23. Januar 1980

Die folgenden Erklärungen beziehen sich auf die *Figur 10*. Um etwa 1230 Uhr begann es nass zu schneien. Der Schnee blieb in der OTS-Antenne liegen und bewirkte eine starke Dämpfung, so dass der Empfänger kurz nach 1300 Uhr nicht mehr synchronisieren konnte und die Verbindung zum Satelliten abbrach. Um etwa 1520 Uhr war der Schnee etwas geschmolzen, so dass die Dämpfung «nur» noch etwa 12 dB betrug und der Empfänger wieder synchronisieren konnte. In den nächsten zwölf Stunden schmolz der Schnee langsam weiter, und die Signaldämpfung verkleinerte sich entsprechend. Um 5 Uhr morgens waren die Empfangsverhältnisse wieder normal. Der Pegel des depolarisierten Signals, der in der Figur 10 nicht gezeigt ist, blieb während des ganzen Ereignisses praktisch konstant. Der Verlauf der XPD wurde daher hauptsächlich von der copolaren Dämpfung bestimmt. Lediglich zwischen 2 und 4 Uhr morgens schwankte der Pegel des depolarisierten Signals um 20 dB (Eiskristalleffekte). Während dieser Zeit sank die XPD während einer Minute bis 28 dB.

9 Schlussbemerkungen

Die Auswertung der Empfangsmessungen mit OTS hat gezeigt, dass vor allem Niederschläge, wie sie während Gewittern auftreten, die Qualität von Satellitenverbindungen bei Frequenzen über 10 GHz stark verschlechtern oder die Verbindung sogar für einige Minuten unterbrechen können. Bei ungeheizten Bodenstationsantennen bewirken Ablagerungen von nassem Schnee unter Umständen Unterbrüche von Stunden, in extremen Fällen sogar von Tagen.

Im Rahmen dieses Artikels konnte nicht auf alle Ergebnisse des Empfangsexperimentes eingegangen werden.

In [8] sind ausführlichere Ausbreitungsstatistiken für geheizte Bodenstationsantennen angegeben. Dieser Bericht beleuchtet auch den Einfluss der Dämpfungen durch Niederschläge auf die Planung von Bodenstationen im Intelsat- oder ECS-System.

Bibliographie

[1] *Heierli H. P.* Das Empfangsexperiment der PTT mit dem europäischen Testsatelliten OTS. Bern, Techn. Mitt. PTT 56 (1978) 8, S. 315.

[2] *Debrunner W. E.* Niederschlagsstatistiken zur Beschreibung der Regendämpfung von Mikrowellen. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD 21.051F, 17.3.1978.

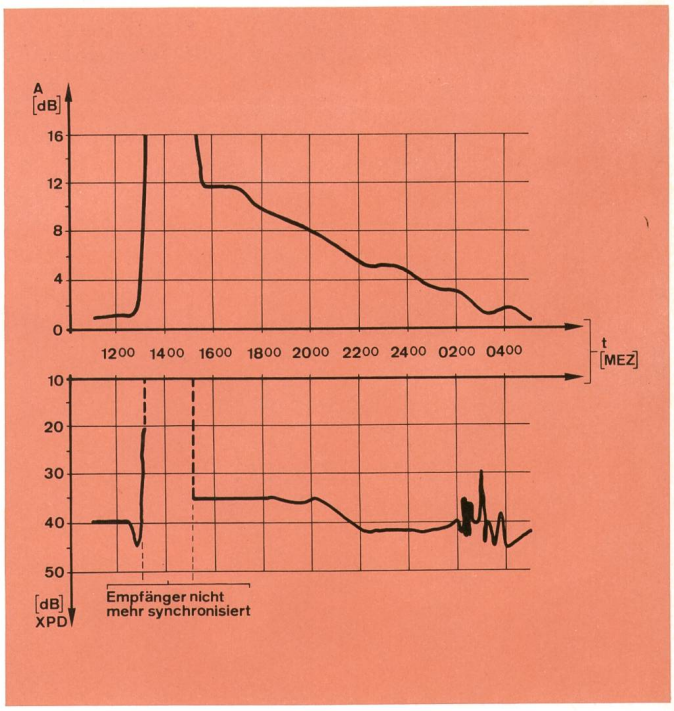

Fig. 10
Schnee-Ereignis vom 22./23. Januar 1980

[3] *Thoma P.* Beeinflussung digitaler Übertragung durch TWT-Verstärker, Gleich- und Nachbarkanalstörungen sowie nichtlineare ZF-Verstärker. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung. Bericht VD 33.075A, 3.7.1978.
[4] *Liniger M.* Niederschlagsdämpfungen auf Richtfunkverbindungen im Frequenzbereich 7—18 GHz. Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD 35.028A, 5.7.1978.
[5] Proceedings of the Second OTS Propagation Experimenters Meeting. Paris, Interim Eutelsat, 15.—16.3.1979.
[6] *Zufferey C.* Réutilisation de la fréquence par diversité de polarisation dans le cas des liaisons par satellite. Berne, Bull. Techn. PTT 56 (1978) 4, p. 140.
[7] *Dissanayake A. W.* and *Watson P. A.* Forward Scatter and Crosspolarisation from Spheroidal Ice Particles. Electronic Letters 13 (3rd March 1977) 5, 140.
[8] *Heierli H. P.* 11-GHz-Empfangsmessungen mit dem europäischen Testsatelliten OTS in Bern (Schlussbericht). Bern, Generaldirektion PTT, Abt. Forschung und Entwicklung, Bericht VD 33.1003F, 7.8.1980.

Die nächste Nummer bringt unter anderem
Vous pourrez lire dans le prochain numéro

12/81

P. Appoloni, L. Guldbrandsen, E. Seemann	Wahrnehmbarkeitsuntersuchungen von Telefonrufsignalen Essais de perceptibilité des signaux d'appel téléphoniques
P. Jordi	Simulator für Mehrwegschwund in Richtstrahlverbindungen
W. Jost	Etudes de prix de revient et de tarification réalisées dans les Services des télécommunications internationaux Selbstkosten- und Tarifstudien für die internationalen Fernmeldedienste
	English part:
M. Schneider	A Telephone-Conference Multiplex Switch for Radio Studio