

Das Antennensystem in Leuk

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): **65 (1974)**

Heft 20

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-915467>

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.

Das Antennensystem in Leuk

Von S. K. Sarkar

Bei der Schweizerischen Satelliten-Bodenstation Leuk im Wallis handelt es sich um eine Antenne des Typs «Joch und Turm». Die Antenne liegt 932 m ü. M., auf dem 46° 19' 09" Breitengrad Nord und 7° 38' 54" Längengrad Ost. Dieser Ort bietet freien Horizont im Westen und Osten, damit die Antenne die geostationären Satelliten über dem Atlantik oder dem Indischen Ozean erreichen kann. Die Elevation über Azimut-Tragwerkstruktur ist mit zwei geformten Reflektoren (Cassegrain) und mit einem mit Innennuten versehenen Speisehorn ausgestattet. Auf der Azimut-Plattform sind zwei Räume angebracht. Im «Feed-Raum» sind die Empfänger, die aus heliumgeköhlten, rauscharmen Verstärkern bestehen, sowie die Verlängerung des Speisehorns untergebracht. Der «HPA-Raum» enthält die Sendeanlagen, bestehend aus luftgekühlten Wanderfeldröhrenverstärkern. Die Übermittlung der Signale von und zum Satelliten geschieht im Empfangsband auf 4 GHz (3700...4200 MHz) und im Sendeband auf 6 GHz (5925...6425 MHz). Der Hauptreflektor hat einen Durchmesser von 29,6 m. Im Winter wird das Enteisungssystem eingeschaltet, um den Hauptreflektor, den Hilfsreflektor, die 4 Tragstützen und den Eingang des Speisehorns schnee- und eisfrei zu halten. Die Antenne ist auf beiden Achsen voll beweglich und wird mittels Thyristor-gesteuerten Servoantrieben automatisch dem Satelliten nachgeführt.

Dieser Vortrag beschreibt anhand von Beispielen die Methodik der Problemlösung, die die Arbeitsgruppe vom Beginn der Planung bis zur endgültigen Realisierung in den verschiedenen Gebieten des Antennensystems anwandte.

Allgemeines

Im allgemeinen gibt es drei Arten von orthogonalen Zweiaxantennen:

1. Das Azimut-Elevationstragwerk (Az-El), dessen feste (Azimut) Achse vertikal ist und dessen bewegliche Achse (Elevation) in der horizontalen Lage rotiert.
2. Das X-Y-Tragwerk, dessen feste Achse (X) horizontal ist und dessen bewegliche Achse (Y) in der Vertikale rotiert.
3. Das Stundenwinkelneigungs-Tragwerk oder polare Tragwerk, dessen feste Achse (Stundenwinkel) parallel ist mit der Erdachsdrehung und dessen bewegliche Achse (Neigung) parallel rotiert mit dem Erdäquator. Das polare Tragwerk (HA-DEC) wird vor allem für astronomische Zwecke verwendet.

Das X-Y-Tragwerk wird bevorzugt bei Satelliten, die im Zenith stehen. Da die meisten Bodenstationen des Intelsat-systems jedoch nahe dem Horizont arbeiten, bietet ein Az-El-Tragwerk grössere Vorteile verglichen mit den andern Tragwerken. Das Az-El-Tragwerk bietet auch die geringsten Winddrehmomente auf das Fundament, ist leichter, braucht weniger Bauzeit und kostet weniger bei einem gleich grossen Reflektor.

Für die Antenne gibt es grundsätzlich zwei Arten von Tragwerken:

- a) Königspfeiler.
- b) Gestell auf Rädern und Schienen.

Vier Antennen dieser beiden Gruppen lagen schliesslich zur endgültigen Auswahl vor.

Das Azimut-Tragwerk der Leuk-Antenne hat Joch und Turm. Man kann es als Königspfeiler ohne Höhe betrachten. Obwohl der Liftschacht durch das Azimutlager zum Fundament des Betonturms führt, ist dieser Schacht kein Königspfeiler und trägt keine Belastung. Alle Kräfte drücken auf das Oberteil des Betonturms durch das Auflager. Beim Königspfeiler werden die vertikalen Kräfte durch vertikale Lager direkt in die massive Fundamentplatte eingeleitet.

621.396.677(494.44) : 621.396.946 : 629.783 : 525

L'antenne de la Station terrienne suisse pour transmissions par satellites, à Loèche, est du type parabolique sur socle. Son emplacement est situé à l'altitude de 932 m, à 46° 19' 09" de latitude nord et 7° 38' 54" de longitude est, offrant un horizon libre à l'ouest et à l'est, afin qu'elle puisse capter les émissions des satellites géostationnaires se trouvant au-dessus de l'Atlantique et de l'Océan Indien. L'élévation sur palier d'azimut est équipée de deux réflecteurs Cassegrain et d'un cornet d'alimentation pourvu de rainures intérieures. Sur la plate-forme d'azimut sont disposées deux cabines, dont l'une renferme les amplificateurs de réception à faible bruit, refroidis à l'hélium, ainsi que le prolongement de la corne. L'autre cabine est celle des amplificateurs d'émission à tubes à ondes progressives, refroidis par circulation d'air. La transmission des signaux en provenance ou en direction du satellite s'opère dans une bande de réception de 4 GHz (3700 à 4200 MHz) et dans une bande d'émission de 6 GHz (5925 à 6425 MHz). Le réflecteur principal a un diamètre de 29,6 m. En hiver, le système de dégivrage est enclenché, afin que le réflecteur principal, le réflecteur secondaire, les quatre supports et l'entrée du cornet d'alimentation demeurent libres de neige et de glace. L'antenne peut tourner librement dans les deux axes et est pointée automatiquement vers le satellite par des servomoteurs thyristorisés.

Ces exposé décrit, à l'aide d'exemples, la méthodique de solution des problèmes, appliquée par le groupe de travail dès le début de la planification, jusqu'à la réalisation finale, en ce qui concerne des différents domaines du système d'antenne.

Einige Grössenangaben:

Durchmesser der Betonfundamentplatte	16 m
Höhe	1,7 m
Gewicht	820 t
Gesamthöhe des Turms (davon sind 5 m unter dem Boden)	13,55 m

Eine Standard-Intelsatbodenstation muss mindestens ein gleich gutes oder eher ein besseres Empfangssystem bei 4 GHz (Gewinn/Temperatur = G/T) als 40,7 dB/K haben bei einem Elevationswinkel von 5° und klarem Himmel. Dieser Standard wurde mit einer 26-m-Reflektorantenne (50 % Wirkungsgrad) und einer Systemrauschetemperatur von 50 K erreicht. Die Leuk-Antenne hat einen Reflektor von 29,6 m Durchmesser und dadurch einen Wirkungsgrad von über 70 % dank einer Verbesserung der leistungsfähigen Fläche durch Formung des Reflektors. Es lässt sich dadurch ein zusätzlicher Gewinn von 2 dB verzeichnen. Die Antenne ist ständig mit einem geostationären Satelliten verbunden; sie verfolgt das Bakensignal, das der Satellit aussendet.

Die Antenne wird auch durch ein Enteisungssystem im Winter schnee- und eisfrei gehalten. Das Antriebssystem erlaubt der Antenne ein genaues, ruhiges Verfolgen des Satelliten auch während schweren Windbelastungen. Eine Überdachung hätte eingebaut werden können, dies hätte aber zehnmal soviel gekostet wie die erwähnten Einrichtungen.

Einige weitere Angaben:

Windbelastung:

- a) Volle Funktion in jeder Stellung bis zu gleichmässigen Winden von 120 km/h.
- b) Überleben in Ruhestellung bei Windgeschwindigkeiten bis 192 km/h

Seismische Belastung:

Die Antenne überlebt ohne Schaden ein Erdbeben von Grad VIII (Bodenbeschleunigung 0,3 g) auf der abgeänderten Mercalli-Skala. Sonnenbestrahlung: 1,2 kW/m².

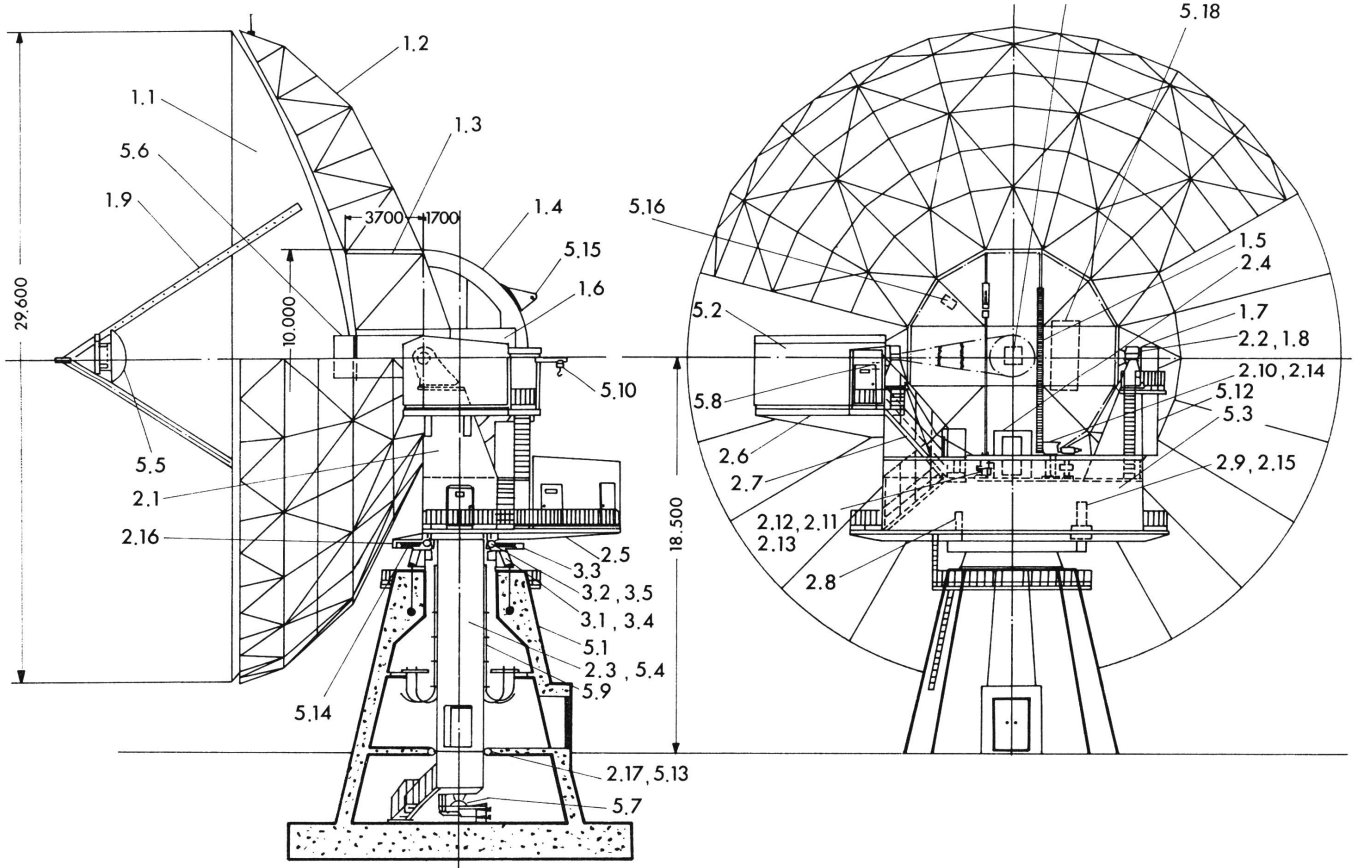


Fig. 1 Antenne der Schweizerischen Satellitenbodenstation mit einem Reflektor von 29,6 m Durchmesser

1.1 Surface Panel	2.2 Pillow Block	2.12 El Stow Lock Device	3.5 AZ Bearing Forced Lubricat	5.9 AZ Cable Wrap
1.2 Back Up Structure	2.3 Elevator Shaft	2.13 El Lock + Buffer Base	Ing Device	5.10 500 kg Hoist
1.3 Center Hub	2.4 Traction Machine Room	2.14 El Speed Reducer Base	5.1 Concrete Tower	5.11 Arrester
1.4 EL Bull Gear Mount	2.5 HPA-Room Floor Beam	2.15 AZ Speed Reducer Base	5.2 Feed Room	5.12 El Cable Wrap
1.5 El Bull Gear	2.6 Feed Room Floor Beam	2.16 AZ Bull Gear Cover	5.3 HPA Room	5.13 AZ Limit Switch Assembly
1.6 Counter Weight	2.7 Stair Way	2.17 Elevator Shaft Support	5.4 Elevator	5.14 AZ Lock Limit Switch
1.7 El Shaft	2.8 AZ Locking Device	3.1 Steel Base	5.5 Sub Reflector	5.15 El Stow Limit Switch
1.8 El Bearing	2.9 AZ Speed Reducer	3.2 AZ Bearing	5.6 Duct-Conical Horn Feed	5.16 Access Hatch Limit Switch
1.9 Quadripod	2.10 El Speed Reducer	3.3 AZ Bull Gear	5.7 AZ Angle Sensor	5.17 Hot Air Blower
2.1 Yoke	2.11 El Buffer	3.4 Anchor Frame + Anchor Bolt	5.8 EL Angle Sensor	5.18 De Icing Junction Box

Niederschläge:	
Regen	100 mm/h
Schnee	10 cm/h
d. h. ein Wassergehalt von	10 mm/h
Bereich:	
Azimut	$\pm 170^\circ$ von Süden
Elevation	0...92°

Weitere Grössenangaben gemäss Fig. 1:

- | | |
|---|---------------------|
| a) Boden bis Elevationsachse | 18,5 m |
| b) Radius des Hauptreflektors | 14,8 m |
| Gesamthöhe vom Boden | 33,3 m |
| c) Gesamtgewicht auf der Elevationsachse | 175 t |
| El-Teilzahnrad Durchmesser (P.C.D.) | 10 m |
| Gesamtgewicht auf Azimutachse | 370 t |
| Az-Zahnrad Durchmesser (P.C.D.) | 5,9 m |
| d) Feed-Raum: Bodenfläche | 28,2 m ² |
| Raumhöhe | 2,8 m |
| e) HPA-Raum: Bodenfläche | 56,2 m ² |
| Raumhöhe | 2,8 m |
| f) Ein 27 m langer Tunnel verbindet die Antenne mit dem Hauptgebäude. Dies ist der normale Zugang. | |
| i) Vom Keller erreicht man das Erdgeschoss über Treppen. | |
| ii) Vom Erdgeschoss führt ein Lift zur HPA-Plattform. Er befördert bis zu 500 kg bei einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s | |
| iii) Von der HPA-Plattform führen Treppen zum Elevationsantrieb und zum Feed-Raum. | |
| g) Ein Kettenaufzug befördert bis zu 500 kg. Er befördert Ausrüstungen vom Boden zum Feed-Raum, sowie zum HPA-Raum, vom HPA-Raum zum Feed-Raum usw. | |
| h) Unterhalts- und Nottreppe. | |

Das Azimutlager

Das einzige Azimutlager ist ein Rollenlager von besonderer Art, das imstande ist, vertikale und horizontale Belastungen sowie Drehmomente aufzunehmen.

Aussendurchmesser	3,2 m
Innendurchmesser	2,61 m
Höhe	33 cm
Gewicht	6 t

Das Lager besteht aus zwei Teilen, dem äusseren und dem inneren Teil (Fig. 2).

Axial-Drucklager	Zahl der Rollen	Sicherheitsfaktor in Überlebensstellung	Dynamische Ermügdungsdauer
Obere Reihe	114	1,7	54 Jahre
Untere Reihe	150	1,3	257 Jahre
Radiallager	231	2,7	

Das Radiallager befindet sich zwischen der oberen und der unteren Reihe des Axialdrucklagers. Ein trochoides Ölpumpensystem schmiert die Anlage.

Zwei Versagen des Lagers sind möglich:

- Versagen der einzelnen Rollen durch Erdrücken oder durch Verformung wegen Überbelastung;
- Ende des Lagergebrauchs wegen Ermüdung und Abnutzung.

Das zusammengefasste Lager bedeutet eine grosse Verbesserung, verglichen mit den zwei oder drei Lagern der Königsposten-Antenne. Es konzentriert jedoch alle Kräfte an einem Ort und ist eine sehr schwierige Anlage. Falls irgendeine Rolle ausfällt, muss das ganze Lager ersetzt werden. Dies wird jedoch bemerkt, bevor die Antennenleistung abnimmt. Eine langsame

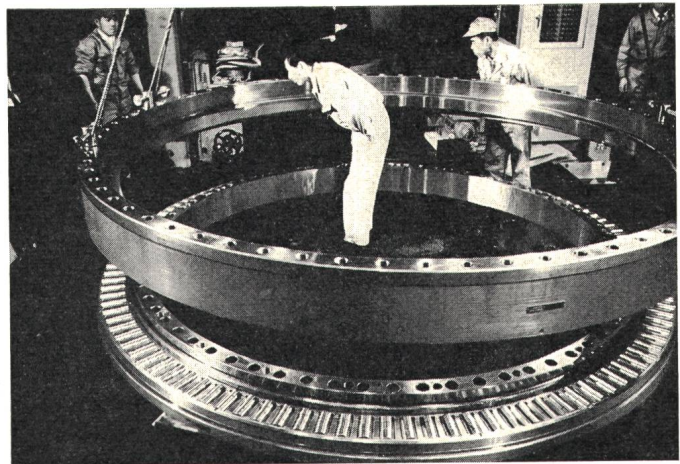


Fig. 2 Azimutlagertest in der Fabrik

Zunahme der Reibung beim Drehen zeigt sich, d. h. der Ankerstrom des Motors nimmt zu.

Mehrere ähnliche Lager sind schon seit vielen Jahren im Gebrauch. Keines musste bis anhin ersetzt werden. In den Spezifikationen und in den Plänen wurden besondere Bestimmungen festgelegt, um das Ersetzen des Lagers sicherzustellen, falls dies je nötig werden sollte.

Die Garantieklausel schreibt vor, dass der Lieferant das Lager zu seinen Lasten innerhalb von fünf Monaten nach Erhalt der Meldung zu ersetzen habe. Der Unterbruch der Nachrichtenverbindung darf nicht mehr als 6 h dauern. Bei plötzlichem Versagen muss auch eine temporäre Reparatur möglich sein, bis das Lager völlig ersetzt werden kann. Diese Klausel bleibt 20 Jahre nach Abnahme der Antenne in Kraft.

Wichtige Vorkehrungen, die für temporäre Reparatur und/oder das Ersetzen des Lagers unternommen werden mussten, sind die folgenden:

- Vier tiefe Löcher wurden durch das Az-Zahnrad gebohrt, um das Joch der Antenne hochheben zu können.
- Der Turmumgang wurde so entworfen, dass er die ganze Antennenlast mittels 4 Stützen tragen kann.
- Zubehör: wie z. B. 4 besondere hydraulische Winden, handbetriebene Pumpen, 4 Stahlblöcke für das Aufstellen der Winden und Teflonlager.
- Detaillierte Anleitungen.
- Ampèremeter für die Messung des Ankerstromes des Motors wurde eingebaut.

Fig. 3 zeigt das Hochheben des Azimutlagers und Aufhakens (ein Gewicht von 34 t) mit Hilfe eines 80-t-Krans.

Arbeitsgruppe

Ein Ingenieurbüro wurde eingeladen, der PTT-Projektgruppe in der endgültigen Auswertung, Spezifikation und Ausführung der mechanischen und strukturellen Teile der Antenne beizustehen.

Die Methodik der Problemlösung kann man wie folgt zusammenfassen:

- Stelle das Problem genau fest.
- Sammele die sachdienlichen Unterlagen und Kenntnisse innerhalb der gegebenen Zeitspanne.
- Überdenke, sinne nach und spekuliere offen ohne jede Hemmung.
- Entwickle mögliche Ideen zur Lösung des Problems und stufe sie rangmässig ein durch objektive und subjektive Einschätzung.
- Wähle die von allen Gruppenmitgliedern anerkannt beste Idee.
- Entwickle ein Ausführungsprogramm dieser gewählten Lösung mit klarer Angabe der Verantwortung und des Zeitplans eines jeden.

Enteisungsprobleme

Die vier Tragstützen für den Hilfsreflektor bestehen aus 8 Teilen. Jeder Teil besitzt zwei Heizstabelemente, also total 16 Stäbe, wobei jeder Stab zwei einzelne Mineral Insulated Cable-(MIC)Heizungen enthält. Jede MIC-Heizung besteht aus zwei Teilen, dem Heizkabel und dem Leitkabel. Da das Heizkabel bis zu einer Temperatur von 130 °C arbeitet, ist eine direkte Einführung in die Abzweigdosen unzulässig. Es braucht somit ein Leitkabel zur Verbindung mit der Abzweigdose. Dies bedingt also 32 wärmefeste Verbindungen zwischen den Heiz- und den Leitkabeln.

Messungen am Bauplatz zeigten unannehmbar verschlechterte Isolierungen wegen beschädigten Verbindungen. Die beschädigten Teile wurden durch neue Verbindungen gleicher Art und neuem Isoliermaterial ersetzt. Nach genauer Kontrolle der Heizungen wurden die vier Stützen eingebaut. Ein paar Tage später zeigten Messungen wieder die gleiche Verschlechterung der Isolation an. Es wurde nun klar, dass dies von unzureichender Konstruktion, falscher Materialwahl und Herstellung herrührte und nicht von einer schlechten Ausführung und ungenügender Verpackung in Yokohama. Die British Insulated Cable Co. (BICC), welche diese Materialien geliefert

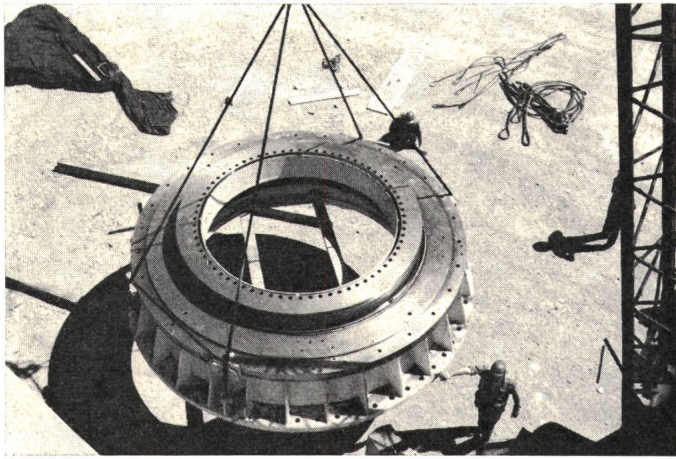


Fig. 3 Hochheben des Azimutlagers und Auflagers

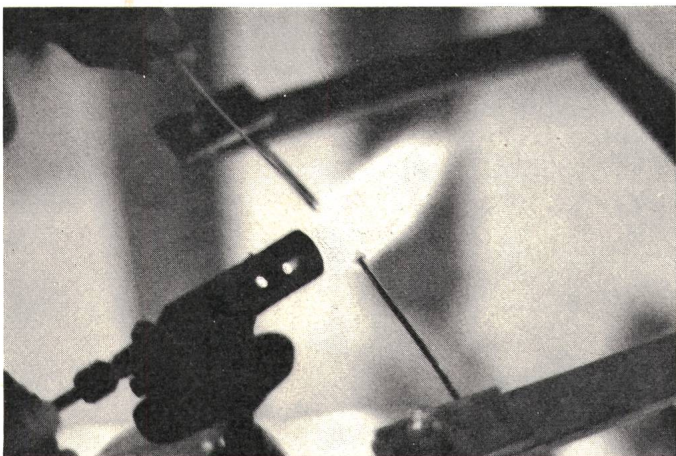


Fig. 4 Einspannvorrichtung für Hartlöten auf dem Bauplatz

hatte, wurde über die Lage informiert und ein Ingenieur nach Manchester gesandt, um nach einer möglichen Lösung zu suchen. Wir vernahmen, dass BICC gerade neue Verbindungen, Leitkabel und Isolierungsmaterialien entwickelt hatte. Deshalb wurden sofort die neuen Materialien beschafft. Für die Repara-

tur wurden Einspannvorrichtungen hergestellt, um mit der Oxydazetylenflamme hartlöten zu können (Fig. 4). Auch ein sinnvolles Werkzeug wurde entwickelt, um die beiden Teile der Beine gegeneinander zu schieben, so dass die 16 Heizstäbe herausgenommen und nach der Reparatur wieder eingesetzt werden konnten (Fig. 5).

Äusserste Vorsicht waltete, um die Kabel und Verbindungen nicht zu beschädigen und die Reflektorpaneele nicht zu verschieben, da diese bereits genau ausgerichtet waren.

Vom Tag der Feststellung des Fehlers bis zu seiner Behebung vergingen sechs Wochen.

Reflektoren und Speisehorn

Die Leuk-Antenne gehört zum Nahfeld Cassegrain-Typ mit einem Eckreflektor und einem konischen Speisehorn.

Durchmesser des Hauptreflektors	29,6 m
Durchmesser des Hilfsreflektors	2,31 m
Verhältnis der Brennpunktlänge zum Antennendurchmesser f/D	0,35
Abschattung	4 %

Das mit Innennuten versehene, konische Speisehorn benützt «Hybrid Mode», wobei die Phasengeschwindigkeiten der do-

Fig. 5 Einsetzen der Heizstäbe

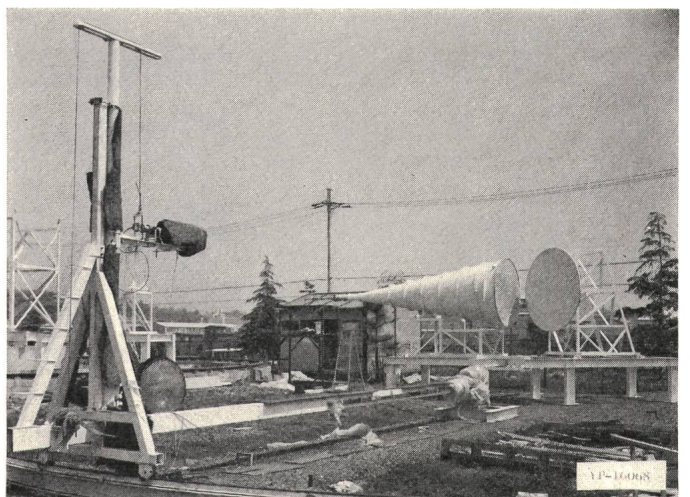
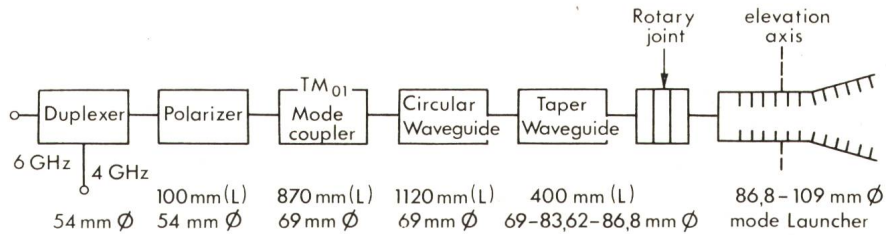


Fig. 6 Primärstrahlungsmessungen in der Fabrik

Fig. 7
Blockschema der Speiseeinheit



minanten und höhern Mode gleich sind. Die dominante Mode ist TE_{11} im Rundhohlleiter. Die «Hybrid Mode» HE_{11} (TE_{11} und TM_{11}) wird beim Mode-Erzeuger mit einer Nuttiefe von $\lambda/2$ erzeugt und jede folgende Nuttiefe wird vermindert, bis die minimale Nuttiefe von $\lambda/4$ erreicht wird.

Die «Hybrid Mode» ergibt rotierende, symmetrische Strahlen mit niedriger Seitenlappenleistung und verbesserter Kreuzpolarisationsleistung.

Länge des Speisehorns 4,819 m
Durchmesser des Speisehorns 1,605 m
Erweiterter Winkel 18,9°

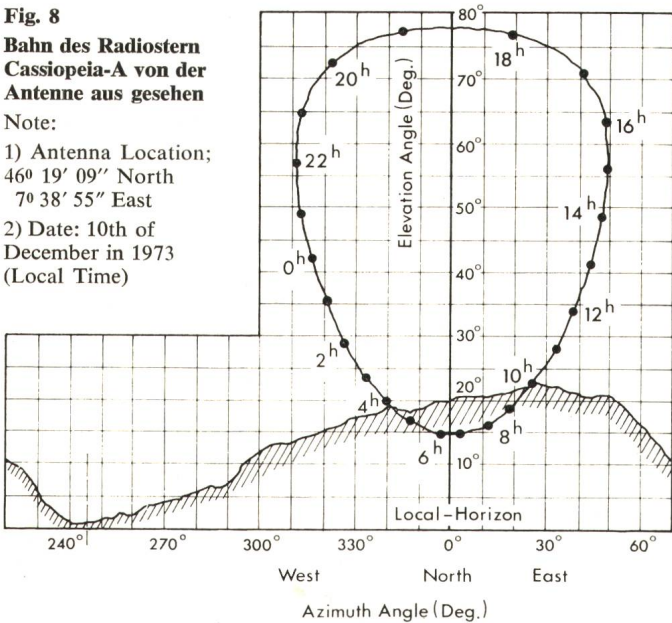
Fig. 6 zeigt Primärstrahlungsmessungen in der Fabrik in Yokohama.

Mode-Erzeuger-Probleme

Am Anfang stand die Idee fest, eine TE_{01} -Mode-Kupplung, ein 109 mm drehbares Gelenk und einen 109-mm-Mode-Erzeuger einzubauen. Alles wurde eingebaut, ausgenommen der 109-mm-Mode-Erzeuger, da dieser noch in der Fabrik im Entwicklungsstadium war. Mitte September 1973 wurden TM_{11} «Mode Spikes» bemerkt. Es wurde angenommen, dass durch Einbau eines neuen 144-mm-Mode-Erzeugers diesem Problem begegnet werden könnte. Aber die Wirkung der «Mode Spikes» wurde auch mit dem neuen Mode-Erzeuger an der Leuk-Antenne bemerkt, als das G/T gemessen wurde.

Fig. 8
Bahn des Radiostern Cassiopeia-A von der Antenne aus gesehen

Note:
1) Antenna Location;
46° 19' 09" North
7° 38' 55" East
2) Date: 10th of
December in 1973
(Local Time)



Die nächste Idee war, einen früher entwickelten 109-mm-Mode-Erzeuger und einen neuen TM_{11} -Mode-Ausscheider einzubauen. Diese Idee musste jedoch wieder aufgegeben werden, da der Mode-Ausscheider noch der Weiterentwicklung und weiterer Tests bedarf.

Mitte November 1973 kam man endlich zur heutigen Lösung (Fig. 7). Der Mode-Erzeuger mit einem Durchmesser von 86,8 mm ist derselbe wie bei den Fabrikmessungen (Fig. 6). Wegen des geringen Durchmessers dieses Erzeugers musste die TE_{01} -Mode-Kupplung weggelassen werden. Damit verlor man die Möglichkeit linearer Polarisation in der Verfolgung des Satelliten. Gegenwärtig braucht es aber für den Intelsat-IV-Satelliten nur zirkuläre Polarisation.

Verhältnis von Gewinn zu Rauschtemperatur G/T

Die G/T -Werte der Leuk-Antenne wurden mittels des Radiosterns Cassiopeia-A, gemäss den ICSC/T-23-16E W/1/68-Bestimmungen gemessen. Die Strahlungsdichte wurde abgeleitet von $1072 \times 10^{-26} \text{ W/m}^2/\text{Hz}$ bei 3950 MHz am 1. Januar 1968, unter Berücksichtigung der sekulären Abnahme von 1,1 % pro Jahr und dem Spektralindex von 0,74 innerhalb des Empfangsbandes. Die berechneten Werte zeigt Tabelle I. Die Cassiopeia-A hat einen Elevationswinkel von ungefähr 20° bei 340°-Azimut der Antenne (Fig. 8). Deshalb wurden G/T -Werte bei höheren Elevationswinkeln gemessen. Zehn Messungen wurden mit dem RF-Banddurchgangfilter und einem geeichten Abschwächer für jede der gemessenen Frequenzen von 3750, 3850, 4000, 4100, 4175 MHz durchgeführt und der arithmetische Durchschnitt des jeweiligen Empfangsgewinns berechnet. Dann wurde die System-

CASSIOPEIA-A im November 1973
(Refered ICSC/T-23-16E W/1/68)

Tabelle I

Frequency MHz	Power Flux Density W/m ² /Hz	10 log (8πK/pλ ²) dB	HPBW min	A ₁ dB
3750	1,044793 × 10 ⁻²³	37,157	9,01	0,332
3850	1,024643 × 10 ⁻²³	37,470	8,78	0,350
4000	0,996068 × 10 ⁻²³	37,925	8,45	0,378
4100	0,978033 × 10 ⁻²³	38,219	8,24	0,394
4175	0,965001 × 10 ⁻²³	38,434	8,09	0,410

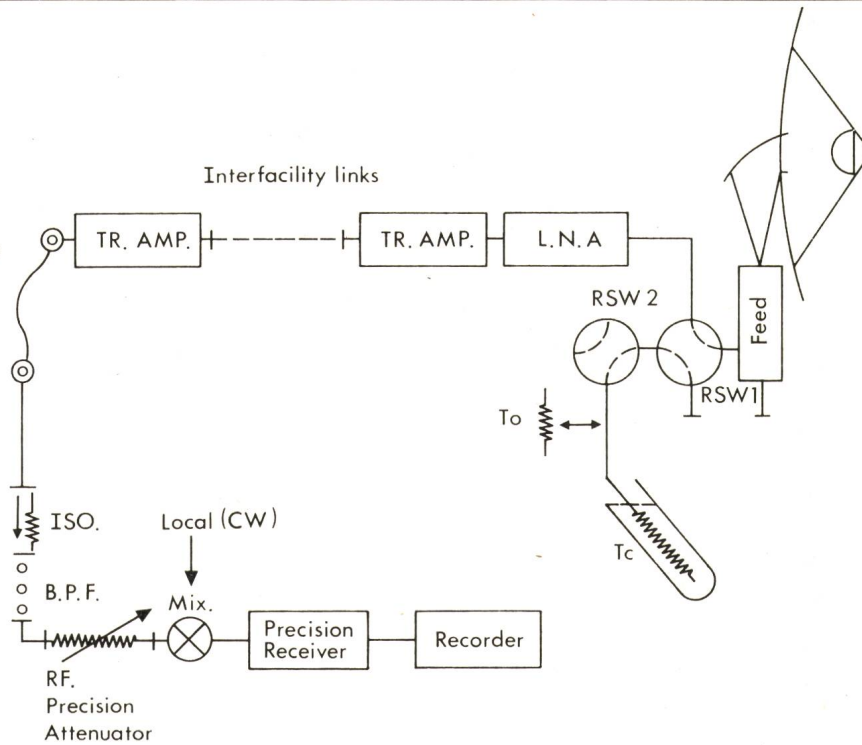
Receive System G/T_S and Antenna G/T_a

Tabelle II

Frequency MHz	El. Angle Deg.	G/T _a dB/K	G/T _S dB/K LNR No. 1	G/T _S dB/K LNR No. 2
3750	5	43,908	42,356	42,437
	6,5	44,410	42,751	42,713
3850	5	44,357	42,774	42,891
	6,5	44,824	43,128	43,191
4000	5	44,632	43,115	42,868
	6,5	45,101	43,430	43,243
4100	5	45,056	43,518	43,331
	6,5	45,569	43,883	43,681
4175	5	45,299	43,648	43,339
	6,5	45,780	43,994	43,607

Note: Local horizon 1,5 degrees at the azimuth angle of 245°

Fig. 9
Testanlage für die Messungen
To Ambient Load
Tc Liquid Nitrogen Load
 (Cold Load)



Receive System G/T_s , Antenna G/T_a & Noise temperature Tabelle III

Used LNR: No. 1		Ambient Temp.: 21 °C		
Frequency: 4000 MHz				
Antenna Gain: 60,594 dB				
El. Angle Deg.	T_s K	G/T_s dB/K	T_a K	G/T_a dB/K
3	65,579	42,426	49,577	43,641
4	60,281	42,792	43,629	44,196
5	55,968	43,115	39,480	44,630
6,5	52,053	43,430	35,565	45,084
8	48,283	43,756	32,606	45,461
10	46,079	43,959	29,914	45,835
15	41,135	44,452	26,576	46,349
20	40,266	44,545	23,778	46,832
30	37,978	44,799	22,139	47,142
40	37,704	44,830	20,891	47,394
50	37,429	44,862	21,105	47,350
60	37,183	44,891	21,828	47,204
75	38,358	44,755	21,217	46,872
90	37,666	44,835	21,178	47,335

rauschtemperatur von 3^0 bis 90^0 Elevation bei 245^0 -Azimut der Antenne gemessen, wo der lokale Horizont $1,5^0$ beträgt. Die G/T -Werte bei einer Elevation von 5^0 und $6,5^0$ und bei der jeweiligen Frequenz wurden aus den obengenannten Messungen berechnet (Tabelle II). Die Genauigkeit dieser Resultate wird die gleiche sein wie die G/T -Werte bei höheren Elevationswinkeln, da die Antennengewinnschwankungen innerhalb der gemessenen Abweichungen und innerhalb der Genauigkeit des geeichten Abschwächers liegen. Fig. 9 zeigt die Testanlage für die Messungen, Fig. 10 die entsprechenden Registrierungen aus dem Anzeiger. Tabelle III zeigt typische, gemessene Werte bei 4000 MHz.

Schlussbemerkungen

Der Kunde, die beratenden Ingenieure und die Lieferanten waren an Besprechungen der Problemlösungsgruppe vertreten. Diese umfasste maximal 6 Mitglieder. Die Gruppenmitglieder müssen beweglich sein und den Problemen und ihren Lösungen

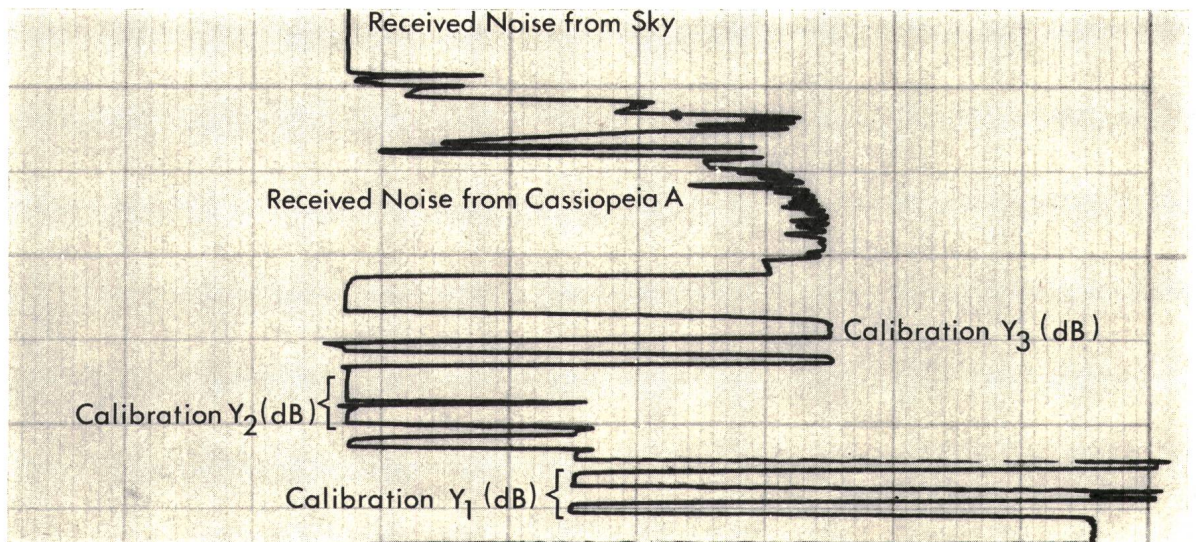


Fig. 10
Registrierungen
 aus dem Anzeiger

offen gegenüberstehen. Deshalb stellt sich die Frage: Was ist recht? Und nicht: wer hat recht? Dies ist eine Situation des Gebens und Nehmens, Hörens und Redens. Die Methode verlangt Gruppenentscheidungen. Deshalb wird der ganzen Arbeit die Aufmerksamkeit zuteil und nicht dem Einzelnen und seiner Stellung. Die Problemlösungsmethode erlaubt, die beste Lösung innerhalb einer vernünftigen Zeitspanne und vernünftiger Kosten zu erhalten. Dieser Geist übertrug sich automatisch auf die gesamte Projektausführung und sicherte deren Erfolg.

Anhang

Für die Berechnung der G/T -Werte wurden folgende Formeln benützt:

$$\begin{aligned}
 1. \quad G/T &= 10 \log \frac{8\pi K}{p\lambda^2} \cdot \frac{T_{Sr}}{T_S} \cdot \frac{a}{\alpha} \text{ dB/K} \\
 &= 10 \log \frac{8\pi K}{p\lambda^2} + 10 \log (r - 1) + 10 \log a \\
 &\quad + 10 \log \frac{1}{\alpha} \text{ dB/K} = \\
 &= 10 \log \frac{8\pi K}{p\lambda^2} + 10 \log (r - 1) + A_1 + A_2 \text{ dB/K}
 \end{aligned}$$

worin K Boltzmannsche Konstante $1,38 \cdot 10^{-23}$ J/K
 p Strahlungsleistungsdichte der Cassiopeia-A
 λ Wellenlänge im freien Raum
 T_{Sr} Rauschleistung des Radiosterns
 T_S Rauschleistung des Systems, Antenne und Empfänger
 $r = \frac{T_{Sr} + T_S}{T_S}$ Verhältnis der Rauschleistung
 $A_1 = 10 \log a$ Korrekturfaktor für die Winkelausdehnung vom Verhältnis Sternbreite/Antennenstrahlungsbreite
 $A_2 = 10 \log \frac{1}{\alpha} = \frac{0,036}{\sin \Phi}$ Korrekturfaktor für atmosphärische Abschwächung
 Φ Antennenelevationswinkel

2. Y-Faktormethode

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 10 \log (T_0 + T_r) / (T_c + T_r) = 10 \log y_1 \text{ dB} \\
 Y_2 &= 10 \log (T_c + T_r) / (T_a + T_r) = 10 \log y_2 \text{ dB} \\
 Y_3 &= 10 \log (T_{Sr} + T_a + T_r) / (T_a + T_r) = \\
 &= 10 \log \frac{T_{Sr} + T_S}{T_S} = 10 \log y_3 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

worin $T_r = (T_0 - y_1 T_c) / (y_1 - 1)$ K

$$T_S = (T_0 - T_c) / y_2 (y_1 - 1) \text{ K}$$

$$T_a = (T_S - T_r) \text{ K}$$

T_0 Rauschtemperatur der ungekühlten Last, zurückgeführt auf den Eingang des rauscharmen Verstärkers

T_c Rauschtemperatur der gekühlten Last, zurückgeführt auf den Eingang des rauscharmen Verstärkers

T_r Empfangsrauschtemperatur

T_a Antennenrauschtemperatur

3. Der Korrekturfaktor für die Winkelausdehnung wird wie folgt bestimmt:

$$A_1 = 10 \log a = 48/\Theta$$

worin $\Theta = A_3 \lambda/D$

$D = 29,566$ m Durchmesser des Hauptreflektors

Die Konstante A_3 wird bestimmt durch die gemessenen Angaben vom Intelsat-Satelliten IV-F3. Die Messbedingungen sind:

Bakenfrequenz 3947,5 MHz

Rechtsdrehende, zirkulare Polarisation.

Die gemessene 3-dB-Strahlungsbreite (HPBW) ist:

a) Digitale Lesung in Azimut bei einem Elevationswinkel von $27,84^\circ$: $0,160^\circ$

b) Digitale Lesung in Elevation $\Theta_{e1} = 0,144^\circ$

Die HPBW in Azimut ist $\Theta_{az} = 0,160^\circ \cos 27,84^\circ = 0,142^\circ$

Der Durchschnittswert Θ (HPBW) = $8,58$ min

Deshalb ist die Konstante $A_3 = 3332,48$ min

Bei jeder gemessenen Frequenz ist der Korrekturfaktor A_1 wie in Tabelle I berechnet.

Adresse des Autors:

S. K. Sarkar, dipl. Ing., Generaldirektion der PTT, 3000 Bern.