

Die Bodenstation Goonhilly Downs = La station terrienne de Goonhilly Downs

Autor(en): **Taylor, F.J.D.**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **41 (1963)**

Heft 10

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-874343>

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.

Die Bodenstation Goonhilly Downs*

La station terrienne de Goonhilly Downs*

1. Einleitung

Die Anlage, wie sie sich heute zeigt, wurde hauptsächlich zur Mitarbeit bei den Versuchen mit den Satelliten Telstar und Relay entwickelt; sie ist aber mit den entsprechenden Änderungen auch für weitere Versuche geeignet. Das zur Verfügung stehende Gelände ist gross genug, um Antennen und Anlagen einer voll betriebsmässigen Bodenstation aufzunehmen.

Für die ersten Versuchsreihen wurde die Station mit einer grossen steuerbaren Antenne ausgerüstet, die einen parabolischen Reflektor von 26 m Durchmesser aufweist (*Fig. 1*). Rund 400 m entfernt befindet sich die zentrale Kontrollstelle, die den Hauptteil der elektronischen Ausrüstung enthält (*Fig. 2*). Eine zweiwegige Richtstrahlanlage verbindet die Station mit dem britischen Fernmeldenetz.

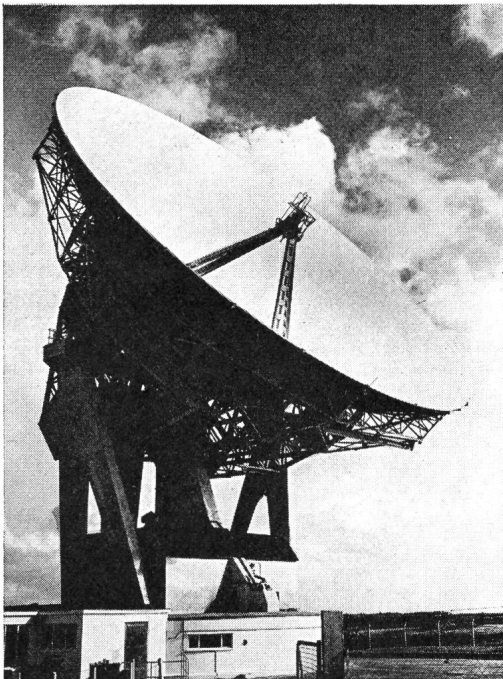


Fig. 1. Die steuerbare Antenne von Goonhilly Downs
L'antenne orientable de Goonhilly Downs

Die Bodenstation Goonhilly Downs umfasst Apparaturen zur objektiven und subjektiven Beurteilung aller auftretenden Eingangssignale, das heisst für Fernsehen mit Begleitton, Mehrkanaltelephonie, Telegraphie, Bildtelegraphie sowie Schmal- und Breit-

* Vortrag (Übersetzung), gehalten am 3. Internationalen Fernseh-Symposium, 20.-25. Mai 1963 in Montreux

1. Introduction

La station de Goonhilly Downs, telle qu'elle se présente actuellement, a été conçue pour participer aux essais des satellites expérimentaux Telstar et Relay, mais, sous réserve de lui apporter les modifications voulues, il est possible de l'utiliser pour des essais avec d'autres satellites. Son terrain est suffisamment vaste pour que l'on puisse y implanter les antennes et le matériel qui seraient nécessaires dans une station terrienne entièrement en exploitation.

Pour la première série d'expériences, la station est équipée d'une grande antenne orientable munie d'un réflecteur parabolique de 26 m de diamètre (*fig. 1*); à 400 m de distance environ se trouve le bâtiment central de commande qui abrite l'essentiel de l'équipement électronique (*fig. 2*). La station est reliée au réseau de télécommunications britannique par un circuit bilatéral exploité en hyperfréquences.

La station terrienne de Goonhilly Downs possède tout le matériel voulu pour procéder à des mesures objectives et à des essais subjectifs sur toutes les catégories de transmission, telles que: télévision avec son associé, téléphonie multivoie, télégraphie, facsimilé, transmission de données à bande étroite ou large. Pour ce qui est de la télévision, la station a été systématiquement équipée en vue des mesures suivantes:

* Conférence (traduction), donnée au 3^e Symposium International de la Télévision, 20-25 mai 1963, à Montreux.

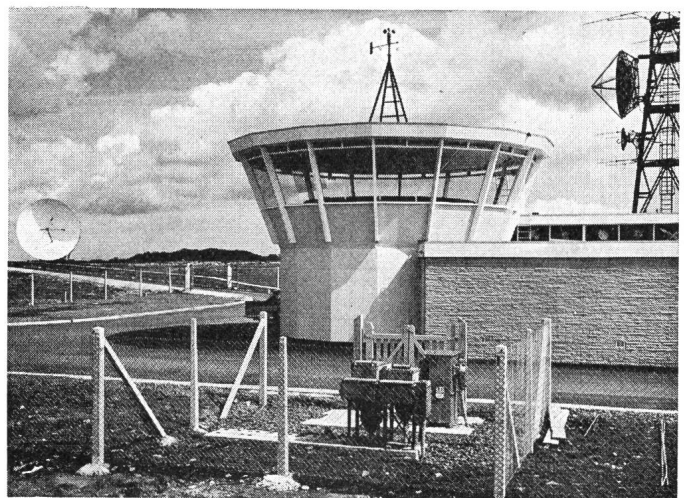


Fig. 2. Kontrollgebäude mit Antenne
Bâtiment de contrôle avec antenne

banddaten. Im Bereich der Fernsehübertragungstechnik können die folgenden Messungen ausgeführt werden:

- a) Amplituden- und Gruppenlaufzeitcharakteristiken
- b) Bild- und Tonverstärkungsstabilität
- c) \sin^2 -Pulse und Balkensignale
- d) «k»-Beurteilung (Einschwingverhalten)
- e) Bild-Ton- und Ton-Bild-Übersprechen
- f) Bild- und Tonrauschverhältnisse

Andere Messungen betreffen die Rauschtemperaturen der Empfangsanlage sowie deren Veränderung in Funktion von Elevation (des Richtstrahls), atmosphärischen Einflüssen und Zeit.

Für Demonstrationen oder Messungen an andern Orten wird die bereits erwähnte Richtstrahlverbindung mit dem bestehenden breitbandigen Landesnetz benützt. Für die Normwandlung des Bildsignals werden die Anlagen der Rundfunkanstalten verwendet.

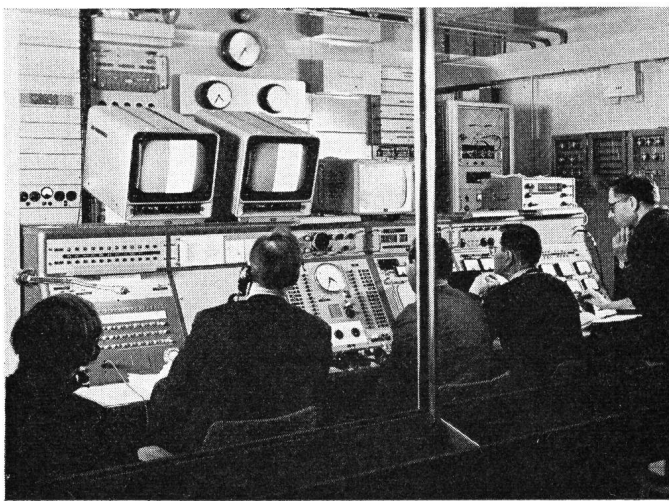


Fig. 3. Kontrollstelle der Satellitenbodenstation Goonhilly Downs während einer Fernsehübertragung

Poste de contrôle de la station terrienne pour satellites de Goonhilly Downs pendant une transmission télévisuelle (Photos: General Post Office)

Die hier beschriebenen Ausrüstungen und Resultate beschränken sich auf die bei der Übertragung von Fernsehsignalen (mit zugehörigem Ton) mit den Satelliten und der Bodenstation gesammelten Erfahrungen.

2. Die Satelliten Telstar und Relay

Diese Versuchssatelliten wurden in geeignete elliptische Bahnen gebracht, so dass sich die Perioden der beidseitigen Sicht über den Atlantik verändern und von einigen Minuten bis zu fast einer Stunde variieren. Beide Satelliten sind mit Umsetzern ausgerüstet, die ein FM-Signal mit grossem Hub von der Bodenstation empfangen und dieses nach Frequenzumsetzung und Verstärkung wieder aussenden.

Beim Telstar liegt der Träger für die Strecke zum Satelliten nahe bei 6390 MHz. Der Träger der Strecke

- a) caractéristique gain/fréquence et temps de propagation de groupe/fréquence dans le canal vidéo,
- b) stabilité du gain dans le canal vidéo et dans le canal son,
- c) transmission de barres et d'impulsions en sinus carré,
- d) appréciation du facteur «k»,
- e) diaphonie entre canal vidéo et canal son, et vice versa,
- f) rapport signal/bruit dans le canal vidéo et dans le canal son.

D'autres mesures concernent la variation de la température de bruit du système récepteur en fonction de l'angle de site du faisceau, des conditions atmosphériques et de l'heure.

Lorsqu'il s'agit d'organiser des démonstrations ou de faire des mesures à partir d'un emplacement éloigné de Goonhilly Downs, on utilise le circuit à hyperfréquences qui relie la station au réseau national à large bande. S'il y a lieu d'effectuer une conversion des normes de télévision, on se sert des installations que possèdent les organismes de radiodiffusion.

Dans ce qui suit, nous ne décrivons le matériel et n'exposons les résultats de mesure qu'en tant qu'il s'agit d'apprécier les possibilités de la station de Goonhilly Downs de transmettre, associée à un satellite, des signaux de télévision et le son qui les accompagne.

2. Les satellites Telstar et Relay

Les satellites expérimentaux Telstar et Relay ont été placés sur des orbites elliptiques inclinées, si bien que les périodes de visibilité simultanée pour deux stations situées de part et d'autre de l'Atlantique ne sont pas constantes; elles varient de quelques minutes jusqu'à près d'une heure. Les deux satellites sont munis d'émetteurs-récepteurs qui, recevant d'une station terrienne un signal modulé en fréquence à grande excursion, le retransmettent au sol après changement de fréquence et amplification.

Quand Goonhilly Downs émet à destination de Telstar, sa porteuse est voisine de 6390 MHz; dans le sens satellite-terre, la porteuse est voisine de 4170 MHz, l'excursion étant dans les deux cas d'environ 14 MHz.

Quand Goonhilly Downs émet à destination de Relay, sa porteuse est voisine de 1725 MHz et l'excursion crête à crête est de l'ordre de 4,6 MHz; dans le satellite, la fréquence intermédiaire est triplée, de sorte que l'on a une excursion de fréquence de 14 MHz sur une porteuse satellite-terre de 4170 MHz.

3. Equipement de la station de Goonhilly Downs

La figure 4 représente le schéma de principe de l'équipement de la station.

La bande vidéo d'entrée est limitée à 5 MHz; lorsque le son qui accompagne l'image doit être transmis par modulation de fréquence d'une sous-porteuse

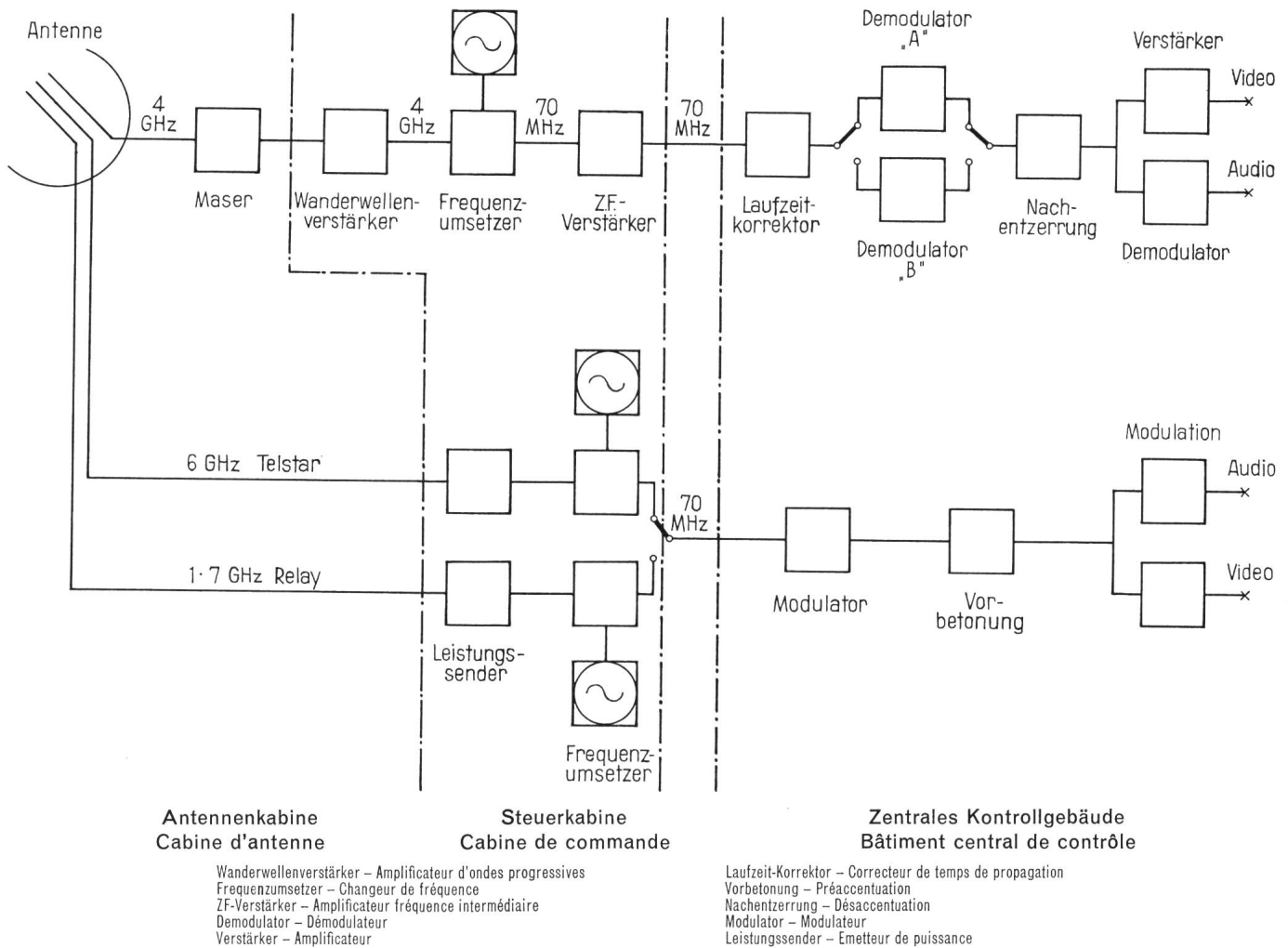


Fig. 4. Blockschema der Übertragungsausrüstung von Goonhilly Downs
Schéma bloc de l'équipement de transmission de Goonhilly Downs

vom Satelliten zur Erde liegt bei 4170 MHz. Der Hub beträgt in beiden Fällen ungefähr ± 7 MHz.

Für den Satelliten Relay ist die Sendefrequenz der Bodenstation 1725 MHz, der Hub ungefähr $\pm 2,3$ MHz. Im Satelliten wird das Signal auf der Zwischenfrequenz verdreifacht und erhält so für die Strecke zur Erde einen Hub von ungefähr ± 7 MHz auf einer Trägerfrequenz von 4170 MHz.

3. Die Ausrüstung von Goonhilly Downs

Das Blockschema der Ausrüstung zeigt Figur 4.

Die Videobandbreite des Eingangssignals ist auf 5 MHz begrenzt, oder auf 3,2 MHz, falls der Begleiton auf einem 4,5-MHz-Träger als FM übertragen wird. Mit abschaltbaren Netzwerken können die Signale mit oder ohne Vorbetonung gesendet werden. Die Modulation wird auf 70 MHz vorgenommen und durch auswechselbare Geräte auf die jeweilige Sendefrequenz umgesetzt. Die ebenfalls auswechselbaren Endstufen arbeiten bis zu Leistungen von 5 kW für die Sendungen zum Telstar und bis zu 10 kW für die Sendungen zum Relay.

Die Speiseanordnung ergibt für das Sendesignal eine rechtsdrehende Zirkularpolarisation, für das Empfangssignal die umgekehrte Polarität.

à 4,5 MHz, la bande vidéo d'entrée est limitée à 3,2 MHz. Une commutation appropriée permet d'insérer à volonté des réseaux de préaccentuation. La modulation se fait sur 70 MHz et la fréquence du signal est portée à la valeur requise pour l'émission au moyen de l'un ou l'autre de deux dispositifs dont les étages de sortie débitent une puissance qui peut atteindre 5 kW lorsque la station communique avec Telstar et 10 kW lorsqu'elle communique avec Relay.

L'alimentation de l'antenne est telle que la polarisation du champ émis est circulaire et dextrorsum, celle du champ reçu étant opposée.

Le niveau de la puissance reçue d'un satellite est de l'ordre du picowatt. Le signal reçu est tout d'abord amplifié dans un maser à ondes progressives; après une autre amplification, on lui fait subir un changement de fréquence qui porte sa fréquence à 70 MHz puis on l'applique à des démodulateurs. Le rapport de puissance signal/bruit étant forcément faible dans le canal radioélectrique, on a dû imaginer des démodulateurs spéciaux; l'un fonctionne en modulation de fréquence avec contre-réaction, l'autre a une bande passante inversement proportionnelle au niveau du signal, et sa fréquence centrale suit l'ex-

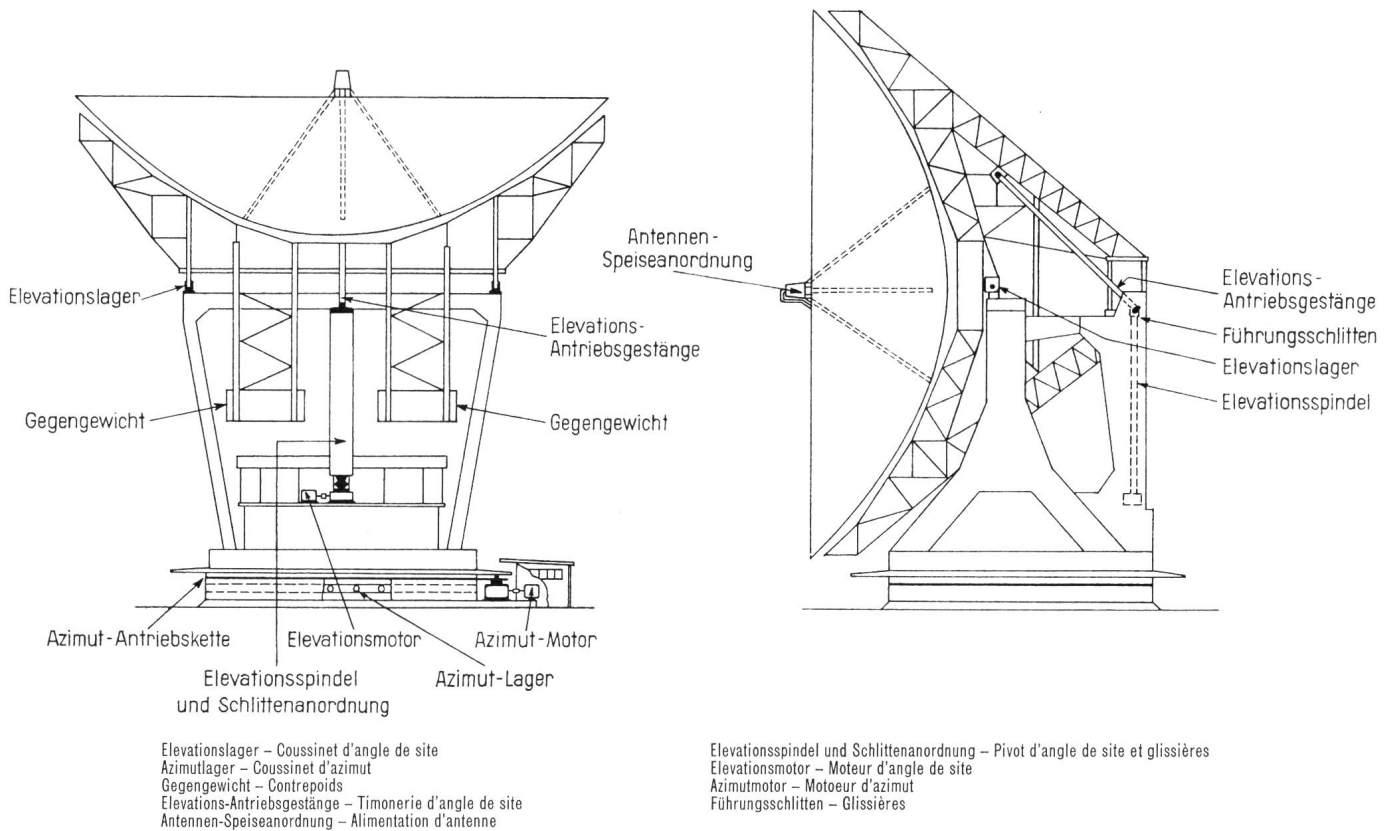


Fig. 5. Prinzipzeichnung der Antenne – Schéma de principe de l'antenne

Das vom Satelliten empfangene Signal weist eine Leistung von ungefähr 1.10^{-12} Watt (1 pW) auf und wird zunächst von einem Wanderwellen-Maser verstärkt. Nach weiterer Verstärkung wird es auf 70 MHz umgesetzt und anschliessend auf die auswechselbaren Demodulatoren gegeben. Auf Grund des unvermeidbar ungünstigen Rauschverhältnisses im Hochfrequenzteil wurden besondere Demodulatoren entwickelt. Der eine benutzt FM-Rückkopplung, der andere weist eine dem Signalpegel umgekehrt proportionale Bandbreite auf, wobei die Zenterfrequenz den Frequenzen mit grösstem Signalpegel nachläuft.

Das demodulierte Signal wird falls nötig durch die Nachentzerrungsnetzwerke gegeben und ist alsdann zu Messungen oder zur Weitergabe an entferntere Orte verfügbar.

Der Reflektor der steuerbaren Antenne ist so gewählt worden, dass der Brennpunkt in der Öffnungsebene liegt. Diese Eigenschaft, in Verbindung mit sorgfältig dimensionierten Strahlungseinheiten, ergeben einen guten Wirkungsgrad und ein Strahlungsdiagramm mit geringen Rückwärts- und Seitenzipfeln. Der Öffnungswinkel ist natürlich frequenzabhängig, beträgt aber bei 4 GHz nur 12 Bogenminuten zwischen den 3 dB-Punkten.

Figur 5 zeigt das Prinzip der Antenne. Die beweglichen Teile wiegen 870 Tonnen, und die zur Verfügung stehende Antriebsleistung ermöglicht den Betrieb sogar bei Windgeschwindigkeiten von über 95 km/h. Die Richtgenauigkeit ist besser als 1 Bogenminute.

cursorion des fréquences sur lesquelles l'énergie du signal est maximum.

Le signal démodulé traverse, s'il y a lieu, des réseaux de désaccentuation, après quoi on peut l'utiliser pour des mesures ou le transmettre en un point éloigné.

Le réflecteur de l'antenne orientable est dimensionné de telle manière que son foyer se trouve dans le plan de l'ouverture. Ce fait, joint à l'utilisation de systèmes d'alimentation soigneusement réalisés pour donner un diagramme de rayonnement convenablement effilé, assure un bon rendement avec un faible niveau de rayonnement vers l'arrière ainsi que dans les lobes latéraux. L'ouverture du faisceau dépend naturellement de la fréquence, mais, sur 4 GHz, elle est de l'ordre de 12' aux points de puissance moitié.

La figure 5 représente l'antenne. Les parties mobiles pèsent 870 tonnes; la puissance d'entraînement dont on dispose est telle que l'on peut encore utiliser l'antenne normalement même en présence d'un vent qui dépasse 95 km/h. La précision de pointage est meilleure que 1'.

L'orientation de l'antenne est commandée à partir d'une bande de papier perforée que l'on prépare d'avance à partir des prévisions des caractéristiques des orbites. On peut apporter une correction à l'orientation de l'antenne moyennant un léger déplacement de son système d'alimentation, mais, dans la pratique, on n'a que rarement recours à ce procédé de réglage fin.

Die Steuerung der Antenne geschieht durch Lochstreifen, die gemäss den Umlaufbedingungen vorbereitet sind. Für die Feinststeuerung ist eine Korrektur durch geringfügige Bewegung der Strahlungseinheit vorgesehen, die sich aber in der Praxis nur selten als notwendig erweist.

4. Versuchsergebnisse

Es ist wesentlich, zu wissen, dass die Versuchssatelliten Signale auf den ganzen ihnen sichtbaren Teil der Erde abstrahlen. Daraus folgt, dass die durch eine Bodenstation abgestrahlten und vom Satelliten übertragenen Signale nicht nur von entfernten Stationen, sondern auch von der Sendestation selbst aufgefangen werden können. Die Versuche lassen sich also entweder in einer Schleife von einer oder zwischen zwei Bodenstationen machen, wobei beide Versuche wertvolle Resultate ergeben. Der erste ist oft noch aufschlussreicher, da alle sich ergebenden Daten am selben Punkt anfallen. Ferner sind auch Messungen und Versuche zwischen den drei grossen Bodenstationen ausgeführt worden, das heisst zwischen Andover (Maine, USA), Pleumeur-Bodou (Frankreich) und Goonhilly Downs (Grossbritannien).

Durch internationale Übereinkunft wurde für Versuchs- und Demonstrationsübertragungen die amerikanische 525-Zeilen-Norm mit 60 Bildern/s verwendet. Die allfällige Normwandlung wird in Europa vorgenommen.

Ein sehr wesentlicher Parameter der Satellitenbodenstation ist die Rauschtemperatur der Empfangseinrichtung. Diese Grösse ist natürlich von der Zeit und von der Elevation des Richtstrahls abhängig. In Goonhilly Downs beträgt sie ungefähr 76°K im Zenith, bei einer Toleranz von $3\text{--}4^{\circ}\text{K}$ ¹. Bei abnehmender Elevation nimmt sie zu und beträgt bei 4° Elevation ungefähr 100°K . Bei noch tieferer Elevation hängt sie sehr stark von klimatischen Verhältnissen ab und nimmt Werte zwischen 130°K und 250°K an.

Objektive Versuche mit Video-Testsignalen haben folgende Resultate ergeben: Der Einschwingvorgang ergibt einen Bewertungsfaktor k von ungefähr 3%, wenn die üblichen Routine-Testmethoden angewandt werden, die sich für Kreise von transatlantischer Länge sehr gut eignen. Das bewertete Rauschverhältnis (Spitze-zu-Spitze-Signal zu quadratischem Mittelwertverhältnis) liegt bei 46 dB. Das Bild-Ton-Übersprechen ist wesentlich vom Gebrauch der Video-Vorbetonung und den Eigenschaften der verwendeten Demodulatoren abhängig. Ursprünglich konnte in Goonhilly Downs ein befriedigendes Bild-Ton-Übersprechen nur mit vorbetonten Videosignalen erreicht werden. Verbesserungen an den Demodulatoren lassen nun aber auch befriedigende Resultate ohne Videovorbetonung zu. Allerdings bietet die Video-Vorbetonung Vorteile.

Wie erwartet werden konnte, ergeben sich aus der

¹ In der Zwischenzeit ist es gelungen, die Rauschtemperatur im Zenith auf 55°K zu xermindern.

4. Résultats expérimentaux

Il importe de bien comprendre que les satellites expérimentaux transmettent des signaux à toute la partie du globe terrestre qu'ils peuvent voir. Il s'ensuit que les signaux transmis par une station terrienne par l'intermédiaire d'un satellite peuvent être reçus non seulement dans les stations éloignées qui sont en visibilité mutuelle, mais encore dans la station d'émission elle-même. On peut donc effectuer les essais avec un satellite non seulement parmi un groupe de stations terriennes, mais encore «en circuit fermé». Les deux types d'essais donnent des résultats également valables, mais les essais en circuit fermé donnent souvent davantage de renseignements car on dispose en un même lieu de tous les éléments d'information. En outre, on a procédé à des essais entre les trois stations terriennes de grande capacité qui sont celles d'Andover, Maine (Etats-Unis), de Pleumeur-Bodou (France) et de Goonhilly Downs (Grande-Bretagne).

A la suite d'un accord international, toutes les émissions de télévision, tant expérimentales que de démonstration, ont été faites sur la norme américaine de 525 lignes et 60 images par seconde. La conversion des normes, en cas de besoin, a été effectuée en Europe.

Un paramètre très important d'une station terrienne est la température de bruit du système de réception. Cette grandeur varie naturellement avec le temps et avec l'angle de site du faisceau radio. A Goonhilly Downs, cette température est de l'ordre de 76°K en direction du zénith, avec une dispersion de 3° ou 4°K ¹; elle augmente lentement à mesure que l'angle de site diminue pour atteindre environ 100°K à 4° . Pour des angles de site encore plus faibles, elle dépend plus ou moins des conditions météorologiques et peut varier entre 130°K et 250°K .

Des essais objectifs portant sur des signaux vidéo expérimentaux ont donné les résultats suivants: La distorsion de la forme d'onde conduit à un facteur k d'environ 3%, lorsqu'on utilise la méthode d'essai classique; ce résultat est excellent pour des circuits de longueur transatlantique. Le rapport signal/bruit pondéré (signal de crête à crête/valeur moyenne quadratique du bruit) est de l'ordre de 46 dB. La diaphonie entre le canal vidéo et le canal son dépend plus ou moins du fait que l'on a, ou non, utilisé la préaccentuation, ainsi que des caractéristiques des démodulateurs. Au début, pour obtenir à Goonhilly Downs un affaiblissement diaphonique satisfaisant, il fallait absolument que le signal vidéo ait subi une préaccentuation, mais des perfectionnements apportés aux démodulateurs ont permis d'obtenir de bons résultats même sans préaccentuation. Il n'en reste pas moins que la préaccentuation présente des avantages certains.

Comme on pouvait s'y attendre, les résultats ne dépendent guère de la distance du satellite à moins

¹ Dans l'intervalle, on est parvenu à remener à 55°K la température de bruit en direction du zénith.

Entfernung des Satelliten nicht wesentliche Änderungen der Resultate, es sei denn, der Satellit befindet sich sehr weit entfernt oder in so ungünstiger Höhe, dass das Signalrauschverhältnis derart klein wird, dass die Wirkung der Demodulatoren aufhört.

Ein bemerkenswertes Ergebnis der Versuche von Goonhilly Downs ist der äusserst niedrige Elevationswinkel, bei dem noch ein zuverlässiger Empfang möglich ist. Der Träger des Satellitensenders kann oft noch bei geringen negativen Elevationswinkeln empfangen werden, und stabile Bilder ergeben sich schon bei Elevationswinkeln unter 3° .

Obschon die Dopplerverwerfungen gross sind, und 120 kHz erreichen können, konnten die erwarteten Bildexpansionen und -kompressionen nicht festgestellt werden.

Zu keiner Zeit wurden Bildstörungen festgestellt. Mehrwegausbreitungserscheinungen fehlen vollständig, sobald der Elevationswinkel mehr als 3° beträgt.

Eine aussergewöhnliche Probe für alle Einrichtungen, eingeschlossen jene des Satelliten Telstar, bildete die Übertragung von Farbbildern nach dem NTSC-System mit einer Bandbreite von 5 MHz. Die Resultate waren ausgezeichnet; Unterschiede in den Bildern vor und nach der Übertragung durch den Satelliten konnten nicht festgestellt werden.

5. Vorführungen

Monochrome Programme mit Begleitton sind seit Juli 1962 bei verschiedenen Gelegenheiten über den Atlantik geschickt und von den Fernsehnetzen verschiedener Länder übernommen worden. Die Bildqualität wurde als gut bezeichnet, wenn auch sichtlich beeinträchtigt durch die Verwendung von Normwandlern. Diese haben allerdings nichts mit der Satellitenstrecke zu tun.

Farbfernsehen mit Programmen medizinischen Inhalts wurden von Grossbritannien nach den Vereinigten Staaten übertragen und im Kurzschlussverfahren von einer Zuhörerschaft von Fachleuten verfolgt.

6. Schlussfolgerungen

Es kann festgestellt werden, dass die Übertragung von Fernsehprogrammen (einschliesslich Begleitton) über interkontinentale Distanzen durch künstliche Erdsatelliten in befriedigender Weise verwirklicht werden kann. Es gibt keine physikalisch-technischen Grenzen, so dass sich Bildübertragungen von höchster Qualität erreichen lassen.

Andererseits ist festzuhalten, dass noch eine grosse Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet werden muss, bevor ein weltweites Fernsehnetz mit Satelliten in Betrieb genommen werden kann. Dazu kommt der Umstand, dass auch komplizierte technische Projekte, wie das vorliegende, im Vergleich zu den Problemen der internationalen Verständigung über Normungsfragen, Zuständigkeit und Finanzierung, nur unbedeutend sind.

Adresse des Autors: F. J. D. Taylor, General Post Office, Engineering Department, 2-12, Gresham Street, London E. C. 2

que celui-ci ne se trouve si éloigné ou n'ait une orientation si défavorable que le rapport signal/bruit HF n'ait diminué au point que l'on approche du décrochage des démodulateurs.

Une caractéristique remarquable de l'expérience acquise à Goonhilly Downs est que l'on obtient encore une réception sûre pour des valeurs exceptionnellement faibles de l'angle de site. Il arrive souvent que l'on reçoive encore la porteuse du satellite pour des angles de site légèrement négatifs, et l'on obtient des images stables avant que l'angle de site atteigne 3° .

L'effet Doppler est toujours notable et peut produire des déplacements de fréquence allant jusqu'à 120 kHz; cependant, comme on pouvait s'y attendre, il n'en est résulté aucune dilatation ni compression décelables de l'image.

Aucun brouillage de l'image n'a jamais été constaté et il n'y a aucun effet de propagation par trajets multiples une fois que l'angle de site du faisceau dépasse environ 3° .

Un essai poussé à l'extrême de la liaison expérimentale avec le satellite Telstar a consisté à transmettre des images en couleur (normes NTSC) avec une bande de base de 5 MHz. Les résultats ont été excellents et l'on n'a pu observer aucune différence entre les images examinées avant et après transmission par l'intermédiaire du satellite.

5. Démonstrations

Des programmes de télévision en noir et blanc, avec accompagnement sonore, ont été transmis d'un bord à l'autre de l'Atlantique à de nombreuses reprises depuis le mois de juillet 1962, et diffusés sur des réseaux nationaux. Les images ont été jugées très acceptables bien que leur qualité fût dégradée en raison de l'utilisation d'un convertisseur de normes; mais cet inconvénient n'est pas particulier à une liaison par satellite.

La transmission d'un programme en couleur portant sur un sujet médical a pu être effectuée de façon satisfaisante entre la Grande-Bretagne et les États-Unis et soumise, en circuit fermé, à l'attention d'un public de médecins.

6. Conclusions

On peut conclure de ce qui précède qu'il est tout à fait possible de transmettre à des distances intercontinentales, par l'intermédiaire de satellites terrestres, des programmes de télévision avec le son qui les accompagne. On ne connaît aucune restriction imposée par la technique, et la transmission des images peut être de la meilleure qualité.

On doit toutefois reconnaître qu'il faut encore bien des recherches et des perfectionnements avant que l'on soit à même de réaliser un réseau de télévision mondial sûr reposant sur l'utilisation de satellites. De plus, les problèmes techniques non encore résolus sont peu de chose à côté de ceux que pose la conclusion d'accords internationaux sur la gestion, la normalisation, le contrôle et le financement d'un tel réseau.