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: 41 (1963)

Heft: 11

Artikel: Direkte internationale Rundfunk- und Fernsehversorgung grosser Gebiete durch synchronisierte Relaissatelliten = Ricezione diretta dei programmi radiofonici e televisivi internazionali tramite satelliti sincronizzati assicuranti la copertura di vaste reg...

Autor: Vilbig, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-874346

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: 16.07.2025

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

F. Vilbig, München

621.396.934:629.19:654.19

Direkte internationale Rundfunk- und Fernsehversorgung grosser Gebiete durch synchronisierte Relaissatelliten[1]

Ricezione diretta dei programmi radiofonici e televisivi internazionali tramite satelliti sincronizzati assicuranti la copertura di vaste regioni[1]

Am 23. Juli des vergangenen Jahres erfolgte die erste direkte Fernsehübertragung zwischen Amerika und Europa mit Hilfe des Satelliten Telstar. Millionen Fernsehteilnehmer verfolgten dieses zweifellos sensationelle Ereignis vor den Bildschirmen ihrer Fernsehempfänger. Dieser Nimbus des Besonderen wird jedoch bei häufigerer Wiederholung einer solchen Übertragung rasch verblassen. Zudem sind derartige transatlantische Programmaustausche durch den sechsstündigen Zeitunterschied zwischen Amerika und Europa gehemmt, der unter Umständen eine Magnetbandaufspeicherung der Fernsehsendung erfordert. Dadurch wird aber die Notwendigkeit einer direkten Satellitenübertragung zweifelhaft, denn bei einer so grossen Zeitdifferenz ist dann auch eine Beförderung des Magnetbandes mit einem Düsenflugzeug über den Ozean möglich.

Es erhebt sich folgerichtig die Frage, ob in einer Satellitenübertragung überhaupt Möglichkeiten schlummern, die für das Rundfunk- und Fernsehwesen von eingreifender Bedeutung sind. Auf solche Möglichkeiten hinzuweisen und aufzuzeigen, in welcher Weise dazu die Satellitenübertragungstechnik etwa innerhalb der nächsten 5 bis 10 Jahre entwickelt werden müsste, soll nun im folgenden versucht werden.

Alle bisherigen Nachrichtensatelliten, so auch der Telstar, umkreisen die Erde in verhältnismässig niedrigen Höhen und in von der Kreisform nur wenig abweichenden Bahnen[2]. Die Wahl geringer Bahnhöhen ist dabei vornehmlich durch die relativ geringe Leistung der Satellitensender bedingt, die ihrerseits wieder durch die Leistung der für die Stromversorgung verwendeten Solarbatterien begrenzt ist. Da wegen der Lagenschwankungen des Satelliten seine Senderantennen bisher nur verhältnismässig schwach gebündelt sind, ist auf der Erdempfangsstelle dafür eine um so grössere Antennenanlage erforderlich, deren Richtstrahl eine Strahlbreite von weniger als 1° besitzt. Ausserdem müssen besonders geräuscharme Empfänger, zum Beispiel mit Maserverstärkern, verwendet werden. Die Wahl einer geringen Satellitenhöhe verringert nun zwar die Übertragungsdämpfung,

[1] Vortrag, gehalten am 3. Internationalen Fernseh-Symposium, 20.–25. Mai 1963 in Montreux

[2] Inzwischen haben am 26. Juli d.J. die Amerikaner den ersten Synchron-Satelliten, den Syncom II, erfolgreich auf seine äquatoriale Umlaufbahn gebracht.

La prima trasmissione televisiva diretta tra l'America e l'Europa si è svolta il 23 giugno dell'anno scorso, grazie al satellite artificiale Telstar. Milioni di telespettatori hanno seguito questo avvenimento meraviglioso sugli schermi dei loro ricevitori. Questa aureola di sensazionale è però destinata a svanire ben presto, quando simili trasmissioni saranno più frequenti. Gli scambi transatlantici di programmi sono tuttavia intralciati dalla differenza di sei ore tra l'America e l'Europa: ciò rende talvolta necessaria la registrazione della trasmissione su nastro magnetico. Possiamo pertanto esprimere dubbi sulla necessità d'una trasmissione diretta per satellite: con una tale differenza d'ora, un aerogetto potrebbe infatti trasportare il nastro magnetico attraverso l'Oceano.

Sorge quindi immediatamente la questione: la trasmissione per satellite offre veramente possibilità d'importanza capitale per la radiodiffusione e la televisione? Nella presente relazione tenteremo di illustrarle e di spiegare la probabile evoluzione della tecnica di trasmissione per satellite nei prossimi 5–10 anni.

Tutti i satelliti di telecomunicazione finora lanciati – pertanto anche Telstar – girano attorno alla terra ad altezze relativamente basse, seguendo orbite quasi circolari[2]. La scelta di un orbita poco elevata è dovuta principalmente alla potenza relativamente minima dei trasmettitori, limitata dalla capacità delle batterie solari di alimentazione. A causa delle variazioni della posizione del satellite, la direttività delle antenne trasmittenti è finora assai ridotta; l'impianto d'antenna della stazione ricevente terrestre deve di conseguenza essere molto grande e possedere un angolo d'apertura del fascio inferiore a 1°. Occorre inoltre utilizzare ricevitori a soffio particolarmente ridotto, per esempio maser. Benchè permetta di diminuire l'affievolimento di trasmissione, l'orbita bassa presenta lo svantaggio di limitare la durata di visibilità simultanea del satellite dalle stazioni trasmittenti e riceventi americane ed europee. Come l'esperienza Telstar lo ha dimostrato, le trasmissioni sono limitate a 20 minuti, a meno di poterle continuare grazie a un altro satellite, appena il precedente sia scomparso.

[1] Relazione presentata al 3° Simposio internazionale di Televisione di Montreux, 20–25 maggio 1963.

[2] Nel frattempo (26 luglio 1963) gli Stati Uniti hanno lanciato con successo il primo satellite sincronlo su orbita equatoriale, il Syncom II.

begrenzt jedoch auf der anderen Seite die Dauer der gleichzeitigen Sichtbarkeit des Satelliten, beispielsweise von der amerikanischen und der europäischen Sende- beziehungsweise Empfangsstation aus. Dadurch ist die Übertragungsdauer, wie die Telstar-Übertragung zeigte, auf nur etwa 20 Minuten begrenzt, sofern nicht durch den Einsatz mehrerer Satelliten erreicht wird, dass nach dem Verschwinden eines Satelliten sofort ein anderer die Übertragung weiterführen kann. Das bedingt dann natürlich auch eine Verdopplung der Empfangsanlage, damit die eine die Übertragung durchführen, die andere den Empfangsübergang auf den nächsten Satelliten vorbereiten kann. Es werden also bei der Bodenstation zwei Empfangsspiegel benötigt, von denen jeder mehr als 20 m Durchmesser besitzt und rund 200 t wiegt. Diese riesigen Spiegel müssen den raschen Satellitenbewegungen nachgeführt werden, was, bei der scharfen Strahlbündelung von weniger als 1° Strahlbreite, sehr genau arbeitende Steuerungseinrichtungen erfordert.

Die riesigen Ausmasse solcher Anlagen sowie ihre hohen Kosten beschränken naturgemäss ihre Zahl. Dadurch ergibt sich automatisch das Schema für die Durchführung einer Radio- oder Fernsehsatellitenübertragung. Das vom Satellitensender weitergestrahlte Programm wird vom Empfangsspiegel einer solchen Bodenstation aufgenommen und dann über Kabel- oder Richtstrahlleitungen zu den regionalen Radio- oder Fernsehsendern übertragen, so dass nunmehr die einzelnen Radio- oder Fernsehteilnehmer am Ende dieser Übertragungskette die Sendung mit ihren Empfängern aufnehmen können *(Fig. 1a)*.

Dieses Übertragungsschema würde sehr vereinfacht, wenn man die Relaissatelliten so ausstatten könnte, dass die von ihnen weiterübertragenen Sendungen unmittelbar von den Rundfunk- und Fernsehempfängern eines bestimmten Gebietes aufgenommen werden könnten. Bei «Eigengebietsversorgung» würde dabei dem Relaissatelliten das Programm von einer innerhalb dieses Gebietes liegenden Senderstelle A, bei «Fremdgebietsversorgung» von einer ausserhalb dieses Versorgungsgebietes liegenden Senderstelle B aus zugestrahlt werden *(Fig. 1b)*.

Zur Verwirklichung einer derartigen direkten Gebietsversorgung muss besonders die Satellitensendereinrichtung gegenüber dem jetzigen Zustand entscheidend umgebildet werden. Diese Umgestaltung ist vor allem durch einige Grundforderungen bedingt:

1. Bei der Vielzahl von Radio- oder Fernsehempfängern müssen diese selbst so einfach als möglich konstruiert sein. Eine Verminderung des Empfängerrauschens durch Kühlung des Empfängers mit flüssiger Luft oder die Verwendung von «Maser-Empfängern» kommt somit nicht in Frage. Ferner dürfen die Empfangsantennen oder -spiegel in ihren Ausmassen höchstens den jetzt verwendeten Fernsehrichtantennen entsprechen, also maximal etwa 1 m Durchmesser besitzen.

L'impianto ricevente dovrebbe naturalmente essere raddoppiato, affinchè la seconda apparecchiatura possa già preparare la transizione al satellite seguente, mentre la prima sta ricevendo dal primo. La stazione terrestre dovrebbe disporre di due specchi parabolici riceventi, di oltre 20 metri di diametro e pesanti ciascuno circa 200 tonnellate. Queste gigantesche antenne devono poter seguire in permanenza il rapido movimento del satellite; ciò necessita apparecchiature di comando di precisione estrema, poichè l'angolo d'apertura del fascio è inferiore a 1°.

Le dimensioni gigantesche e il costo elevato delle stazioni terrestri ne limitano naturalmente il numero. Le trasmissioni per satellite si svolgono secondo lo schema seguente: il programma reirradiato dal satellite è captato dalla stazione terrestre, che lo inoltra per cavo o ponte radio alle trasmittenti regionali radiofoniche o televisive, le cui emissioni saranno infine captate dai radioauditori o telespettatori privati *(fig. 1a)*.

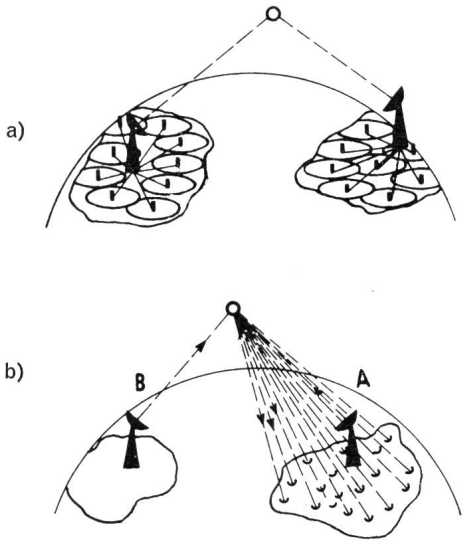

Fig. 1. Schema einer Radio- oder Fernsehsatellitenübertragung.
a) Schwache Satellitensender und geringe Satellitenhöhen erfordern eine komplizierte Empfangsanlage, von denen die Weiterleitung über regionale Sender zu den Empfängern erfolgt
b) Starke Satellitensender und Synchronisierung der Satellitenbahn ermöglichen eine direkte Radio- oder Fernsehversorgung eines grossen Gebietes

Schema di una trasmissione radiofonica o televisiva per satellite
a) Trasmettitori di debole potenza e orbite basse dei satelliti richiedono un impianto ricevente complicato, dal quale i programmi sono ritrasmessi ai ricevitori tramite trasmettitori regionali
b) Trasmettitori di forte potenza e sincronizzazione della rivoluzione del satellite rendono possibile la copertura diretta radiofonica o televisiva di una vasta zona.

Questo schema risulterebbe notevolmente semplificato qualora i satelliti relè fossero equipaggiati in modo che le loro emissioni potrebbero essere ricevute direttamente dai normali ricevitori radiofonici e televisivi in una certa regione. In caso di «alimentazione dalla propria zona», il programma sarebbe trasmesso

2. Eine der Satellitenbewegung folgende Spiegelnachführung bei Hunderttausenden von Empfangsanlagen ist natürlich ebenfalls untragbar. Feststehende Empfangsspiegel oder Antennen sind jedoch nur anwendbar, wenn der Satellit scheinbar stillsteht.

Diese Forderungen legen somit automatisch die zu verwendende Satellitenbahn fest und bestimmen ferner die technische Ausstattung der Satellitenrelaiseinrichtung.

Ein scheinbarer Stillstand des Satelliten am Himmel kann nur durch Synchronisierung der Satellitenumlaufszeit mit der Umdrehungszeit der Erde erreicht werden. Dazu hat man den Satelliten in der Äquatorebene in eine genau kreisförmige Bahn in 35 822 km Höhe über der Erde zu bringen und muss ferner die Stellung des Satelliten innerhalb der Kreisbahn so einregeln, dass der Satellit dann im Zenith eines bestimmten Ortes auf dem Äquator stillsteht. Dadurch können alle Empfängerspiegel innerhalb des Versorgungsgebietes gegen diesen stillstehenden Satelliten fest ausgerichtet werden.

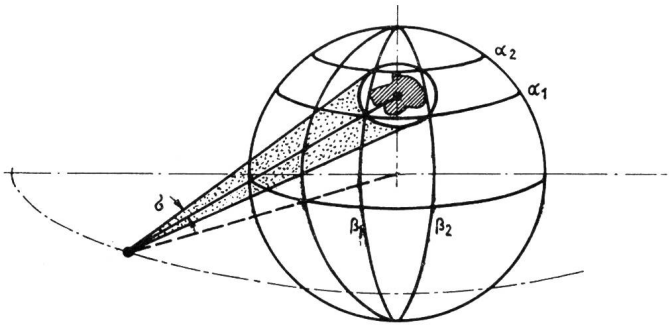

Fig. 2. Alleinige Bestrahlung des Versorgungsgebietes durch scharfe Bündelung des Satellitensenderstrahls
Copertura unicamente della zona da servire, grazie all'estrema concentrazione del fascio hertziano del satellite

Da die vielen Empfänger nur eine normale Aufnahmeempfindlichkeit besitzen und ferner die verhältnismässig kleinen Empfangsspiegel von etwa 1 m Durchmesser, im Verhältnis zu den riesigen Empfangsspiegeln von 20 und mehr Meter Durchmesser der gegenwärtigen Empfangsstationen, einen nur mässigen Antennengewinn aufweisen, müsste die Leistung des Satellitensenders, zumal der Abstand von jetzt einigen hundert auf dann über 35 tausend km gesteigert wird, auf Werte gebracht werden, die technisch nicht mehr erreichbar sind. Um die erforderliche Leistungssteigerung jedoch in vernünftigen Grenzen halten zu können, bleibt somit nur noch der Ausweg, durch eine entsprechende Satelliten-Richtstrahlantenne den Strahl so stark zu bündeln, dass nur das zu versorgende Gebiet der Erdoberfläche bestrahlt wird *(Fig. 2)*. Die Durchrechnung ergibt, dass der Zentriwinkel σ dieses Strahls für die Ausleuchtung einer Fläche von der Grösse

al satellite relè dalla trasmittente A situata nella regione; in caso di «alimentazione da un'altra zona» sarebbe la trasmittente B, situata fuori di questa zona, che alimenterebbe il ripetitore *(fig. 1b)*.

Una simile copertura diretta implica la modificazione fondamentale delle apparecchiature trasmittenti dei satelliti, per i motivi seguenti:

1. Visto il numero elevato di ricevitori radiofonici e televisivi, questi devono essere costruiti nel modo più semplice possibile. Una riduzione del rumore del ricevitore mediante raffreddamento dell'apparecchio con aria liquida oppure l'uso di «ricevitori maser» non entra quindi in considerazione. Inoltre, le dimensioni delle antenne o specchi parabolici riceventi dovranno corrispondere approssimativamente a quelle delle antenne in uso (cioè un diametro massimo di circa 1 m).
2. È naturalmente impossibile che le centinaia di migliaia d'impianti riceventi siano equipaggiati di dispositivi per seguire il movimento del satellite. Possiamo però utilizzare antenne o specchi riceventi fissi soltanto se il satellite sembra immobile.

Questi requisiti impongono la scelta dell'orbita e determinano l'equipaggiamento tecnico del satellite relè.

L'immobilità apparente può essere ottenuta soltanto sincronizzando la durata di rivoluzione del satellite con quella di rotazione della terra. Esso dovrà descrivere un'orbita assolutamente circolare sul piano equatoriale, a un'altezza di 35 822 km. La sua posizione nell'orbita dovrà inoltre essere regolata in modo che risulti immobile allo zenit di un dato luogo sull'equatore. In tutta la regione coperta, gli specchi riceventi potranno allora essere diretti a dimora verso il satellite stazionario.

Siccome la sensibilità dei numerosi ricevitori in servizio è soltanto quella normale e il guadagno d'antenna degli specchi riceventi relativamente piccoli, cioè di circa 1 m di diametro, è molto inferiore a quello dei giganteschi paraboloidi di 20 metri di diametro, o di dimensioni ancora maggiori, delle attuali stazioni riceventi, la potenza del trasmettitore del satellite dovrebbe assumere valori tecnicamente irrealizzabili, tanto più che la distanza dalla terra dovrebbe essere di oltre 35 000 km, invece di poche decine. Per mantenere l'aumento della potenza di emissione entro limiti ragionevoli, occorre dotare il satellite di un sistema d'antenna estremamente direttivo, in modo che soltanto la zona da servire risulti effettivamente coperta *(fig. 2)*. Possiamo calcolare l'angolo di apertura σ permettente di coprire una data superficie ed otteniamo:

per la Germania	$\sigma = 1°$
per l'Europa	$\sigma = 3°$
per la maggior calotta sferica irradiabile	$\sigma = 9°$

Nel nostro calcolo abbiamo supposto che il satellite si trovi al disopra d'un luogo dell'equatore sul 40°

Deutschlands	$\sigma = 1°$
Europas	$\sigma = 3°$
der maximal bestrahlbaren Kugelkalotte	$\sigma = 9°$

beträgt. Dabei wurde angenommen, dass der Satellit über einem Äquatorort stehe, durch den der 40. westliche Längengrad hindurchgeht. Für den kleinsten Wert $\sigma = 1°$ und für eine Übertragungsfrequenz von 3000 MHz würde sich dabei für einen Satelliten-Senderspiegel von 5 m Durchmesser ein Antennengewinn von rund 41 dB ergeben.

Mit diesen Annahmen wurde nun für Radio- beziehungsweise Fernsehübertragung mit den Übertragungsbandbreiten $\Delta f = 10^4$ Hz beziehungsweise $\Delta f = 6 \cdot 10^6$ Hz die erforderliche Senderleistung N_s des Satelliten berechnet. Die Werte sind in *Figur 3* in Abhängigkeit vom Bündelungswinkel σ aufgetragen. Darin ist S/N = 0, 10, 20, 30 und 40 dB als Parameter ein Mass für die Empfangsgüte und gibt an, wievielmal grösser die Empfangsnutzleistung gegenüber der Störleistung ist. Wie aus dieser Figur hervorgeht, müsste für S/N = 30 dB die Satellitensenderleistung für die Fernsehversorgung einer Fläche von der Grösse Deutschlands etwa 1 kW, von Europa etwa 10 kW und von der maximalen Kalotte, die rund 40% der Erdoberfläche umfasst, etwa 100 kW sein. Für die Radioversorgung ergeben sich entsprechend rund 1000mal kleinere Werte.

Aussichten für eine technische Verwirklichung

Das Einbringen eines Satelliten in die 24stündige äquatoriale Kreisbahn wurde zwar bisher noch nicht durchgeführt, doch ist dies nur eine Frage der Entwicklung. Ebenso wichtig ist dann die Verhinderung jeglichen Wegtriftens des Satelliten aus seiner Position. Auf lange Sicht lässt sich beides wahrscheinlich zufriedenstellend nur mit Hilfe von Ionenmotoren oder dergleichen durchführen, an deren Entwicklung gearbeitet wird und die wahrscheinlich in 5 bis 10 Jahren zur Verfügung stehen. Mit solchen Ionenmotoren wäre dann ferner auch das Problem zu lösen, den Satelliten so im Bereich eines gegen ihn gerichteten Leitstrahls festzuhalten, dass er nicht nur seine Position, sondern auch seine Lage beibehält, so dass der scharf gebündelte Richtstrahl des Satellitensenders nicht mehr als $\pm \frac{1}{4}°$ schwankt. Dadurch wäre dann sichergestellt, dass das Versorgungsgebiet stets im Bereich des Richtstrahls bleibt. Die Ausbildung eines Satellitenspiegels von 5 m Durchmesser, der natürlich zunächst in der Satellitenkapsel im gefalteten Zustand untergebracht und erst nach Erreichen der richtigen Satellitenposition entfaltet wird, dürfte dagegen kaum besondere technische Schwierigkeiten bereiten.

Für eine Stromversorgung von Sendern mit 1, 10 oder mehr kW Leistung kommen Solarbatterien kaum mehr in Frage. Bleibt man bei der Sonne als Energiequelle, so konzentriert man zweckmässig durch gegen die Sonne gerichtete Spiegel die Sonnenenergie im Brennpunkt des Spiegels. Dort könnte durch Ermeridiano di longitudine ovest. Per il più piccolo valore $\sigma = 1°$ si otterrebbe un guadagno di antenna di circa 41 dB, a 3000 MHz, con uno specchio trasmittente di 5 m di diametro montato sul satellite.

In base a queste supposizioni abbiamo calcolato la potenza di emissione N_s del satellite necessaria, per le larghezze di banda $\Delta f = 10^4$ Hz (radio), rispettivamente $\Delta f = 6 \cdot 10^6$ Hz (televisione). I valori ottenuti sono riportati nella *figura 3*, per angolo di apertura del fascio hertziano σ. S/N = 0, 10, 20, 30 e 40 dB, come parametro, rappresenta un valore della qualità di ricezione e indica quante volte il livello di ricezione utile supera quello del rumore.

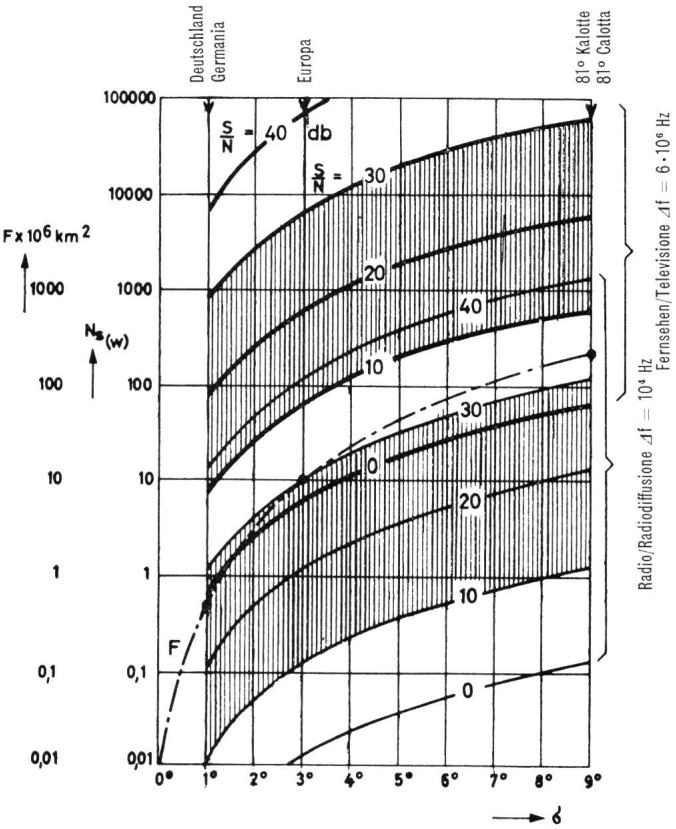

Fig. 3. Abhängigkeit der bestrahlten Oberfläche F sowie der dazu notwendigen Senderleistung N_s vom Richtstrahlwinkel σ bei Radio- bzw. Fernsehübertragung. Bandbreiten $\Delta f = 10^4$ bzw. 6.10^6 Hz. S/N (dB) als Parameter ist ein Mass für die Empfangsgüte

Dipendenza della superficie coperta F e della potenza necessaria del trasmettitore N_s dall'angolo di apertura del fascio σ, per le trasmissioni radiofoniche o televisive. Larghezze di banda $\Delta f = 10^4$, risp. 6.10^6 Hz. S/N (dB), come parametro, dà un'idea della qualità di ricezione

Come risulta dall'illustrazione, per S/N = 30 dB, la potenza del trasmettitore del satellite televisivo coprente una superficie corrispondente alla Germania dovrebbe essere di circa 1 kW. Per l'Europa occorrerebbero 10 kW; circa 100 kW sarebbero necessari per coprire la calotta sferica massima corrispondente a circa 40% della superficie terrestre. Per la radiodiffusione questi valori potrebbero essere divisi circa per 1000.

hitzung von Quecksilber durch den sich entwickelnden Quecksilberdampf ein Turbogenerator angetrieben werden. Zur Vermeidung eines zweiten grossen Spiegels neben dem Senderspiegel wird man aber wahrscheinlich Kernenergiereaktoren benützen, an deren Durchbildung seit einigen Jahren erfolgreich gearbeitet wird.

Der Bau von Satellitensendern mit Leistungen von 1 oder mehr kW stellt nur insoweit noch ein Problem dar, als deren Betrieb wartungslos über mehrere Jahre erfolgen muss.

Es ist also mit grosser Sicherheit damit zu rechnen, dass Satellitensender mit den geforderten Eigenschaften innerhalb von 5 bis 10 Jahren entwickelt werden können, besonders wenn ein Interesse besteht und deshalb die Entwicklung entsprechend gefördert wird.

Möglichkeiten derartiger, künftiger Radio- und Fernsehsatelliten

Eine Versorgung grosser Gebiete durch diese künftig zu entwickelnden Satelliten ist durchführbar. Ein Hindernis für den unmittelbaren Satellitenempfang ist dabei nur dann gegeben, wenn der Satellit nicht hoch genug über dem Horizont steht, so dass die direkte Sicht durch Berge usw. behindert wird. In solchen Gebieten muss dann natürlich die Versorgung wie bisher durch örtliche Sender erfolgen. Errichtet man diese jedoch so, dass sie im Sichtbereich des Satelliten liegen, so erspart man wenigstens die Zubringerleitungen. Die Sichtbarkeit des Satelliten wird in entscheidendem Masse durch die scheinbare Höhe des Satelliten über dem Horizont des Empfangsortes bestimmt. *Figur 4* zeigt die Grösse des Winkels δ des Satelliten über dem Horizont in Abhängigkeit vom Unterschied β der Längengrade des Empfangsortes und dem des Satelliten mit dem Breitengradwinkel α als Parameter. Am grössten ist somit δ für $\beta = 0$,

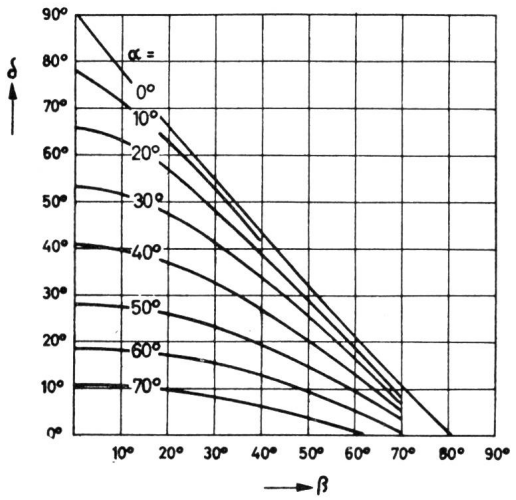

Fig. 4. Grösse des Winkels δ des Satelliten über dem Horizont in Abhängigkeit vom Längengradunterschied β der Satellitenposition und dem Empfangsort. α ist der Breitengrad des Empfangsortes

Valore dell'angolo δ del satellite sull'orizzonte secondo la differenza di longitudine β tra la posizione del satellite e il luogo di ricezione. α è il grado di latitudine del luogo di ricezione

Prospettive tecniche

Finora nessun satellite è stato messo su un'orbita equatoriale di 24 ore, ma questa difficoltà potrà senza dubbio essere risolta. Occorrerà inoltre impedire qualsiasi deviazione del satellite della sua posizione. Possiamo azzardarci a dire che queste due condizioni saranno soddisfatte soltanto grazie a propulsori ionici o simili, al cui sviluppo si lavora attivamente, che saranno presumibilmente disponibili tra 5–10 anni. Con tali motori ionici il satellite potrà inoltre essere mantenuto nel campo d'un raggio pilota, affinchè conservi non solo la medesima ubicazione ma anche la stessa posizione e il fascio estremamente direttivo del suo trasmettitore non varii di oltre $\pm \frac{1}{4}°$. La zona da servire rimarrebbe così coperta in permanenza. La realizzazione d'uno specchio parabolico di circa 5 m di diametro, che dovrebbe naturalmente essere piegato nell'ogiva per poi spiegarsi quando il satellite ha raggiunto la sua posizione esatta, non dovrebbe presentare particolari difficoltà tecniche.

Per alimentare trasmettitori di 1, 10 kW e potenze ancora maggiori, le batterie solari non sembrano adeguate. Conservando il sole come fonte d'energia, i raggi solari potrebbero essere concentrati al punto focale d'uno specchio. Il calore così raccolto riscalderebbe del mercurio ed i vapori sviluppati potrebbero azionare un turbogeneratore. Per evitare la necessità d'un secondo grande specchio, in più di quello trasmittente, si ricorrerà però probabilmente a reattori nucleari, alla cui messa a punto si lavora da alcuni anni con buon esito.

L'unico problema ancora presentato dalla costruzione di trasmettitori di parecchi kW per satelliti consiste nel fatto che questi dovranno funzionare per parecchi anni senza alcuna manutenzione.

Possiamo quindi presumere che dei satelliti dalle caratteristiche richieste potranno certamente essere costruiti tra 5–10 anni, qualora la realizzazione presentasse un vero interesse e lo studio ne fosse incoraggiato.

Possibilità offerte dai futuri satelliti radiofonici e televisivi

La copertura di vaste regioni per il tramite di questi satelliti del futuro è realizzabile. Un ostacolo alla ricezione diretta esiste soltanto quando il satellite non è abbastanza alto sull'orizzonte e la visibilità diretta sia impedita da montagne, ecc. Ove le condizioni orografiche lo richiedano si dovrà quindi ricorrere come finora a ripetitori locali. Se questi sono disposti in modo da essere a portata diretta del satellite si potranno tuttavia risparmiare almeno i circuiti di allacciamento. La visibilità diretta dipende principalmente dall'altezza apparente del satellite al disopra dell'orizzonte del luogo di ricezione. La *figura 4* mostra il valore dell'angolo δ del satellite sull'orizzonte in relazione alla differenza di longitudine β tra il luogo di ricezione e il satellite, con il grado di latitudine α come parametro. Il valore massimo di δ

wenn also der Satellit auf demselben Längengrad wie der Empfangsort steht. Für Deutschland, mit einer mittleren geographischen Breite von $\alpha = 50°$, ist in diesem Falle $\delta \approx 28°$.

Die direkte Versorgung grosser Flächen durch Satelliten ermöglicht aber auch eine internationale Radio- oder Fernsehprogrammauswahl. Dazu müssten die verschiedenen Länder Europas entsprechend viele Radio- oder Fernsehsatelliten errichten, die alle so voneinander entfernt in die äquatoriale, synchronisierte Satellitenbahn gebracht werden, dass sie alle das europäische Gebiet versorgen. Eine andere visionäre Lösung wäre die Ausstattung eines einzigen, allerdings sehr grossen Satelliten, der mehrere Sendereinrichtungen enthält, durch Gemeinschaftsarbeit mehrerer Länder. Für eine unmittelbare internationale Fernsehprogrammauswahl müsste natürlich eine gemeinsame internationale Fernsehnorm geschaffen werden.

Durch Radiosatelliten könnte auch der bisherige Übersee-Kurzwellenrundfunk abgelöst werden. Ausser einer erheblichen Qualitätsverbesserung gegenüber dem jetzt durch Ionosphärenstörungen stark beeinträchtigten Kurzwellenrundfunk könnte eine Freigabe der für den Kurzwellenrundfunk bereitgestellten Wellen für andere Zwecke erfolgen. Dies betrifft immerhin rund 10% des gesamten Kurzwellenbandes. Eine weitere Möglichkeit der Radiosatelliten bestände in einer Verbesserung der Rundfunkverhältnisse im Lang- und Mittelwellenbereich, auf denen durch Überbelegung, wenigstens was den Fernempfang anbelangt, chaotische Verhältnisse herrschen.

Satelliten erschliessen also dem Radio- und Fernsehwesen eine Reihe sehr wertvoller Möglichkeiten, die es ratsam erscheinen lassen, sich mit ihrer Entwicklung eingehend zu befassen.

è pertanto per $\beta = 0$, cioè quando il satellite si trova alla longitudine del luogo di ricezione. Per la Germania, con una latitudine media $\alpha = 50°$, $\delta \approx 28°$.

La copertura diretta di vaste superfici per il tramite di satelliti rende inoltre possibile la scelta tra diversi programmi radiofonici e televisivi. A questo scopo, i vari paesi, p.es. d'Europa, dovrebbero lanciare un certo numero di satelliti di radiodiffusione o di televisione, disposti uno vicino all'altro su un'orbita equatoriale sincronizzata, in modo da coprire l'intero continente europeo. Un'altra soluzione sarebbe di lanciare un unico satellite molto grande con alcuni trasmettitori, grazie alla cooperazione di parecchi paesi. La possibilità di scegliere direttamente tra vari programmi televisivi internazionali implica naturalmente l'adozione di uno standard televisivo comune.

Il servizio transoceanico di radiodiffusione su onde corte potrebbe pure essere sostituito con satelliti radio. Oltre al notevole miglioramento della qualità dell'attuale servizio, molto influenzato dalle perturbazioni ionosferiche, le frequenze ora assegnate alla radiodiffusione su onde corte potrebbero essere utilizzate per altri scopi. I satelliti radio permetterebbero inoltre di migliorare la situazione caotica esistente nelle gamme delle onde medie e lunghe, situazione che rende impossibile qualsiasi ricezione a grande distanza.

Se consideriamo le possibilità offerte dai satelliti nel campo della radio e della televisione, appare evidente che lo studio di simili progetti merita di essere incoraggiato e approfondito.

Adresse des Autors: Dozent Dr. Ing. *Friedrich Vilbig*, Bleibtreustrasse 19d, 8 München-Solln.