

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 59 (1968)
Heft: 12

Artikel: Interferenzprobleme bei Satellitenübertragungen
Autor: Boyle, A.W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916049>

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: 17.02.2026

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Interferenzprobleme bei Satellitenübertragungen ¹⁾

Von A. W. Boyle, Genf

629.783 : 621.39 : 521.4
(Übersetzung)

Wie bei allen Planungsaufgaben, die einem Ingenieur gestellt werden, müssen auch bei der Planung von Radiodiensten zuerst die wichtigsten Parameter festgelegt werden. Die meisten dieser Randbedingungen sind entweder durch statistisch ausgewertete Beobachtungen oder durch theoretische Berechnungen bekannt. So sind zum Beispiel der Gewinn der Antennen, die zu erwartende Dämpfung des Übertragungsweges und die Häufigkeit von Fadings, d. h. Instabilitäten der Signale, im voraus erfassbar und können für die Planung berücksichtigt werden. Ein Parameter allerdings, und zwar ein höchst bedeutsamer, kann mit dieser Methode nicht ermittelt werden. Es handelt sich um das Ausmass der Interferenz, welche im betrachteten Übertragungskanal auftritt. Im allgemeinen bewirken verschiedenartige Faktoren Interferenz; von diesen sind einige wie atmosphärisches Rauschen, galaktisches Rauschen und Empfängerrauschen im voraus bestimmbar. Die ersten zwei sind durch unsere Umwelt gegeben, der dritte hängt von der Art des Empfängersystems ab. Ein weiterer begrenzender Faktor, der leider weder durch den Planungsingenieur noch durch den Benützer der Übermittlung unter Kontrolle gebracht werden kann, sind schliesslich elektromagnetische Störungen aller Art, die vom Menschen verursacht werden. Dass dieser Parameter bereits heute eine einschneidende Begrenzung aller Radiodienste darstellt, kann jedermann mit einem Radioempfänger selbst feststellen.

Das Gebiet der Nachrichtensatelliten wurde von allem Anfang an durch dieses Problem beeinflusst, ganz im Gegensatz zu andern Diensten. Der Grund dafür liegt in der Tatsache, dass Nachrichtensatelliten dieselben Frequenzbänder benützen wie die erdgebundenen Mikrowellenverbindungen. Seit Sputnik I wurde der Betriebssicherheit der Radioverbindung offensichtlich immer grosse Wichtigkeit beigemessen. Die Erdatmosphäre begrenzt das für Satellitenverbindungen technisch brauchbare Spektrum auf den Bereich von 100 MHz bis 10 GHz, das sog. «Radiofenster», wobei man am vorteilhaftesten zwischen 1 und 10 GHz arbeitet. Die Erdatmosphäre ist zwar noch für andere Frequenzbereiche durchlässig, so bei sehr niedrigen Frequenzen und auch im Gebiet des sichtbaren Lichtes, aber technisch am besten brauchbar ist heute eigentlich nur der Bereich von 1...10 GHz. Dieser Spektrumsabschnitt war zu Beginn des Satellitenzeitalters be-

reits durch erdgebundene Verbindungen belegt, so dass praktisch keine andere Möglichkeit offenstand, als das Frequenzband gemeinsam zu benutzen. Die Union Internationale des Télécommunications (UIT) hielt 1963 die erste internationale Konferenz ab, die sich mit Frequenzuteilungen für Nachrichtensatelliten befasste. Die Konferenz legte die von den Satelliten zu benutzenden Bänder und die Definition für die verschiedenen zukünftigen Satellitendienste fest.

Allerdings verlangt die Tatsache, dass Satellitenverbindungen und erdgebundene Verbindungen *von vornherein* dieselben Frequenzen benützen müssen, sofort nach einer international anerkannten Norm, welche Interferenz-Grössenordnung in diesem Falle gegenseitig toleriert werden kann. Die Konferenz von 1963 einigte sich auf die anzuwendenden Kriterien sowie auf das Konzept der «Koordinationsdistanzen» und sorgte für die Möglichkeit, die Kriterien nötigenfalls in Zukunft abzuändern. Der Ausdruck «Koordinationsdistanzen» wird durch Nr. 492 A. 1 des UIT-Radioreglements wie folgt definiert: Koordinationsdistanz ist die Entfernung von einer Bodenstation, innerhalb der die Möglichkeit besteht, dass der Gebrauch einer bestimmten Sendefrequenz durch diese Bodenstation schädliche Interferenzen bei Stationen ortsfester oder mobiler Dienste im Frequenzbereich von 1 bis 10 GHz verursacht, oder dass möglicherweise der Gebrauch einer bestimmten Empfangsfrequenz in der Bodenstation durch den Betrieb der genannten ortsfesten und mobilen Stationen gestört wird (d. h. derjenigen erdgebundenen Dienste, mit denen dasselbe Frequenzband benutzt wird).

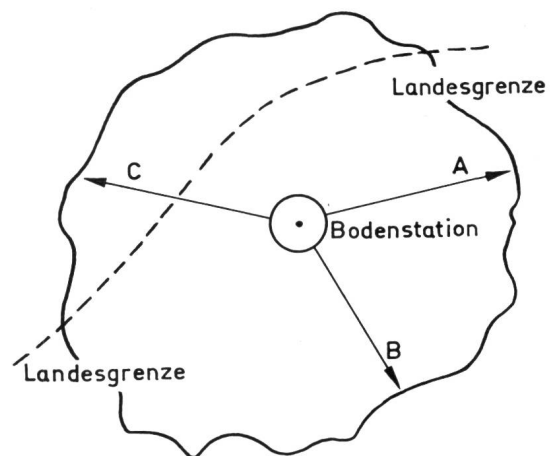


Fig. 1

Typische Koordinationsdistanzen (A, B, C) einer Bodenstation

¹⁾ Vortrag, gehalten am 7. November 1967 an der Tagung der Sektion Schweiz des IEEE und der Schweiz. Vereinigung für Weltraumtechnik.

Daraus geht hervor, dass die Berechnung der Koordinationsdistanzen für eine Bodenstation ein Gebiet um diese Station herum festlegt (Fig. 1). Die Entfernung der Grenze dieses Gebietes von der Station ist in beliebiger Richtung immer die Koordinationsdistanz in dieser Richtung; sie beträgt im allgemeinen einige hundert Kilometer, gelegentlich sogar einige tausend Kilometer. Die Definition beruht auf der Annahme, dass sämtliche technische Daten der Bodenstation bekannt sind, während die durch den Betrieb der Bodenstation theoretisch gestörten ortsfesten und mobilen Stationen hypothetisch bleiben. Hier sei festgehalten, dass eine «Bodenstation», befinde sie sich an Land, an Bord eines Schiffes oder eines Flugzeuges, definitionsgemäss in Verbindung mit Satelliten gebracht wird, während «ortsfeste» oder «mobile» Stationen in keinem Zusammenhang mit Satelliten stehen, selbst wenn sie sich an Bord von Schiffen oder Flugzeugen befinden.

Aus dem Gesagten folgt, dass das Konzept der Koordinationsdistanzen technisch-juristischer Natur ist. Es werden also technische Daten für eine juristische Definition verwendet. Es sind dabei jedenfalls verschiedene Annahmen notwendig, sei es über Details der hypothetischen Stationen, sei es über die Ausbreitungseigenschaften oder über das Gelände in Nähe der Bodenstation. Daher wird in der Definition der Ausdruck «Möglichkeit» störender Interferenzen anstelle von «Gewissheit» solcher Interferenzen gebraucht. Der Zweck der Koordinationsdistanzen besteht darin, Fälle aufzuzeigen, in denen der Bau und Betrieb einer Bodenstation in Nachbarländern Anlass zu störenden Interferenzen gibt, wenn die Koordinationsdistanzgrenze die Landesgrenze überschreitet. Folglich nimmt man bei der Projektierung einer Bodenstation die Verteilung der hypothetischen mobilen oder ortsfesten Stationen bezüglich Interferenz so pessimistisch als möglich an, z. B. Betrieb auf derselben Frequenz, Antenne direkt auf die Bodenstation gerichtet, keine Gebäudeabschirmung usw. Das UIT-Radioreglement beschränkt die maximal zulässige Sendeleistung und die effektive isotropisch abgestrahlte Leistung von ortsfesten und mobilen Stationen. Diese Zahlen dienen zur obigen Abschätzung von Interferenzen. Obwohl für Bodenstationen ähnliche Begrenzungen gelten, werden diese nicht für Berechnungen gebraucht, es sei denn, sie entsprächen den Daten der Bodenstation. Zusätzlich klassifizierte die Konferenz allgemein drei Arten von Terrains:

- a) Land;
- b) Nicht tropische See;
- c) Tropische See.

Die Klassifikation basiert auf einer Vielzahl von Beobachtungen in verschiedenen Teilen der Welt. Tatsächlich kann eine solche Verallgemeinerung nie den genauen Wert der Dämpfung einer bestimmten Strecke geben, aber die Dämpfung wird auf diese Weise *nicht überschätzt*. Der Leser sei daran erinnert, dass es sich um eine juristische Definition «möglicher» Interferenz handelt, und nicht um eine «genaue» Berechnung derselben. Das Kriterium der Koordinationsdistanz kann keinesfalls ein Bodenstationsprojekt zu Fall bringen; es soll hingegen die Notwendigkeit aufzeigen, mit benachbarten Nachrichtenübermittlungs-Verwaltungen Kontakte aufzunehmen.

Obwohl die Elevation der Antenne von Bodenstationen im Betrieb nie 30° unterschreiten darf (diese Bedingung ist

leicht einzuhalten, da ein stabiler Kontakt mit Satelliten von weniger als 30° Elevation äusserst schwierig zu erzielen ist), wird doch immer ein gewisser Teil der Sendeenergie in eine horizontale Ebene ausgestrahlt, was Anlass zu Interferenzen gibt. Bewegt sich der Elevationswinkel der Antenne der Bodenstation zwischen 3° und ca. 10° ... 12° , so gelangt ein nicht zu vernachlässigender Teil der Sendeenergie durch Streuung an Unregelmässigkeiten der Atmosphäre wieder auf die Erde zurück. Obwohl der Verlust an Sendeenergie durch diese Streuung verschwindend klein ist, können doch andere Radiodienste dadurch stark gestört werden (Fig. 2). Dasselbe gilt auch in umgekehrter Richtung; der Empfang der Bodenstation kann durch Sender anderer Dienste gestört werden.

Das Problem wird weiter durch die Tatsache kompliziert, dass die Satelliten dieselben Frequenzbänder benutzen. Zu-

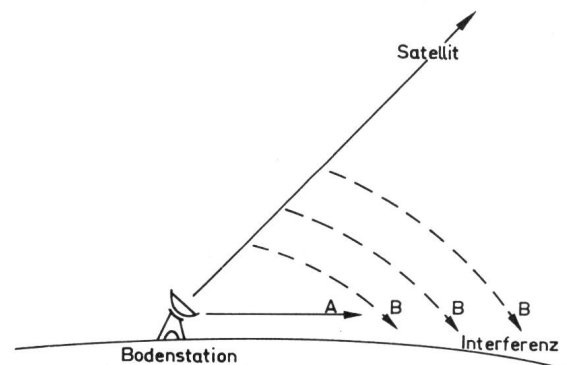


Fig. 2
Durch Ausstrahlung in eine horizontale Ebene verursachte Interferenz (A) und durch Streuung des Hauptstrahles in der Atmosphäre verursachte Interferenz (B)

gegeben, Satellitensender sind noch nicht sehr leistungsfähig (heute bis zu etwa 40 W Hf-Leistung in Betrieb), und deren Antennen haben noch keine starke Bündelung; höhere effektive isotrop abgestrahlte Leistungen sind aber zu erwarten. Die von einem Satellitensender erzeugte maximal zulässige Flussdichte auf der Erdoberfläche wurde von der UIT-Konferenz 1963 festgesetzt; da heute vorwiegend synchrone oder hochelliptische Satellitenbahnen mit Distanzen über 30 000 km gebraucht werden, wurde die zulässige Flussdichte noch nicht erreicht. Trotzdem hat ein Synchronsatellit ein bedeutendes Interferenzpotential, da er gleichzeitig von einem Drittel der Erdoberfläche aus sichtbar ist. Besonders bei tangentialer Anstrahlung der Erde kann der Satellit in der Hauptachse der Empfangsantenne eines ortsfesten oder mobilen Radiodienstes liegen.

Abschliessend noch eine Übersicht auf die Funktionen der UIT im Gebiete der Nachrichtensatelliten. Die UIT betreibt selber keinerlei Satelliten- oder andere Nachrichtenverbindungen. Dies auch im Interesse der Unparteilichkeit. Die UIT ist die Vereinigung aller Telephon- und Telegraphenverwaltungen der Welt; ihre Funktion auf dem Gebiete der Nachrichtensatelliten ist sowohl konsultativer als auch verordnender Natur.

Aus dem Vorangegangenen geht hervor, dass eine Koordinierung der Nachrichtensatelliten mit den erdgebundenen Übermittlungen dringend notwendig ist, da alle Verwaltun-

gen in irgend einer Art und Weise daran beteiligt sind. Die Radiowellen respektieren eben keine Landesgrenze. Die UIT wurde speziell für übernationale Koordinationsarbeiten im Jahre 1865 gegründet. Sie behandelt das Gesamtproblem in Einklang mit allen seinen Aspekten. Das Organ der UIT, das den Katalog aller Radiodienste führt, nennt sich «International Frequency Registration Board». Es beschäftigt sich mit der Registrierung sämtlicher Stationen, sei es für Nachrichtensatelliten oder für erdgebundene Dienste. Vor der Erstellung einer Bodenstation kontrolliert dieses Komitee mittels der Koordinationsdistanz, ob eine Koordination notwendig ist und ob diese bejahendenfalls auch richtig durchgeführt wurde.

Die technischen Normen, welche von der Konferenz 1963 angenommen wurden, basieren auf Informationen, die ein anderes Organ der UIT, das CCIR (Comité Consultatif International de Radiocommunications), ausgearbeitet hat. Dieses Komitee hat den Auftrag, alle anhängigen Fragen technischer und betrieblicher Natur zu studieren und entsprechende Empfehlungen auszuarbeiten. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass das CCIR nicht nur ein kleines Sekretariat des UIT-Hauptsitzes in Genf ist, sondern sich aus Studien- und Planungsgruppen sowie aus Delegierten der einzelnen Verwaltungen zusammensetzt, die auch die Delegierten zu den Vollversammlungen stellen. Das CCIR besteht also, wie die UIT auch, aus dem Zusammenwirken aller Verwaltungen. Die gesamte Struktur des Hauptsitzes untersteht einem Generalsekretär, der für alle administrativen und finanziellen Aspekte verantwortlich ist.

Man sieht daraus, dass die UIT und ihre Organe bereits qualifiziert sind, dem neuen Gebiet der Nachrichtensatelliten lebenswichtige Unterstützung zu gewähren und gleichzeitig zu überwachen, dass die neue Technik das Wachstum anderer Arten von Nachrichtenübermittlung nicht behindert. Diese lebenswichtige Unterstützung wird bereits gewährt. Als Beispiel sei der Fall der HF-Nachrichtenverbindungen erwähnt; nach dem zweiten Weltkrieg war das Radiospektrum bereits überbelastet, und es herrschten chaotische Zustände. Seither gelang es durch die Koordination und die Empfehlungen der UIT, die nationale und internationale Benutzung der Frequenzen sicherzustellen, obwohl die Auslastung des Spektrums sich vervielfacht hatte. Im neuen Gebiet der Nachrichtensatelliten ist eine internationale Zusammenarbeit von ausschlaggebender Bedeutung, soll in den gemeinsam benutzten Bändern keine Interferenz auftreten. Ähnlich dem alten Beispiel einer Kette, die so stark wie ihr schwächstes Glied ist, spielt die vom Menschen hervorgerufene störende Interferenz diese Rolle bei allen Radioverbindungen. Wird nichts dagegen unternommen, so ist die Folge eine Desorganisation auf internationaler Ebene; zum Glück bemühen sich bereits sämtliche Verwaltungen durch die UIT, das Problem auf die einzig erfolgversprechende Weise zu lösen — auf die der internationalen Zusammenarbeit.

Adresse des Autors:

A. W. Boyle, Dipl. Ingenieur, Union Internationale des Télécommunications, Place des Nations, 2, rue de Varembe, 1200 Genève.

Die Brücke als Filterelement ¹⁾

Von W. Herzog, Mainz

621.372.543.21

Untersucht wird eine mit einer Reaktanz abgeschlossene, symmetrische Brücke mit zwei verschiedenen Elementen. Es werden einige Ersatzbilder angegeben. Ein Brückenersatzbild für einen Schwingkristall lässt sich leicht realisieren. Für die symmetrische Brücke mit drei Elementen wird ein Ersatzbild gefunden. Die Verwendung für Filterzwecke wird erörtert und als Beispiel ein Bandfilter berechnet, das eine weitgehende Anpassung der Kristallserienkapazitäten gestattet. Die Brücke mit drei verschiedenen Elementen erlaubt nur sehr breite Bandfilter.

L'essai se rapporte à un pont symétrique à deux éléments différents, fermé par une réactance. On indique quelques schémas équivalents. Un schéma équivalent du pont à l'aide d'un cristal oscillant peut être réalisé facilement. On trouve un schéma équivalent pour un pont symétrique avec trois éléments, puis on indique son application comme filtre. Un filtre de bande est mentionné à titre d'exemple, permettant une très large adaptation aux capacités en série des cristaux. Le pont à trois éléments différents ne permet d'exécuter que des filtres à large bande.

1. Problemstellung

Im allgemeinen werden Filterschaltungen aus Ketten von Π - und T-Gliedern und aus Brücken aufgebaut. Die einzelnen Zweige bestehen aus Parallel- und Serienschaltungen von Spulen ohne und mit Gegenkopplung, Kondensatoren und gegebenenfalls von Schwingkristallen. Bei den Brücken kann man die Elemente in den Zweigen häufen, um bessere Eigenschaften zu erzielen, jedoch auch Ketten aus Brücken sind sehr geeignet. Sie lassen sich besser einstellen und bei Kristallen werden die Nebenresonanzen eines Kristalls in einer Brücke durch die übrigen Brücken gedämpft [1]²⁾. In dem vorliegenden Aufsatz sei als neues Element eine ausgangsseitig mit einer Reaktanz abgeschlossene Brücke betrachtet. Mit solchen Elementen werden Filter aufgebaut. Die Untersuchung wird auf symmetrische Brücken beschränkt. Die betrachteten Elemente können in Brücken sowie in Π - und T-Schaltungen Anwendung finden.

2. Symmetrische Brücken aus zwei verschiedenen Elementen

Fig. 1 zeigt eine Brücke mit den beiden Elementen X_1 und X_2 sowie dem Abschluss X . Die Darstellung sei auf Reaktanzen beschränkt. Für die Anordnung in Fig. 1 ergibt sich als resultierender Widerstand \bar{X} .

$$\bar{X} = \frac{2 X_1 X_2 + (X_1 + X_2) X}{X_1 + X_2 + 2 X} \quad (1)$$

Bei der Benutzung des Brückenelementes ist es zweckmässig, die Zweige X_1 und X_2 mit möglichst wenig Elementen auszu-

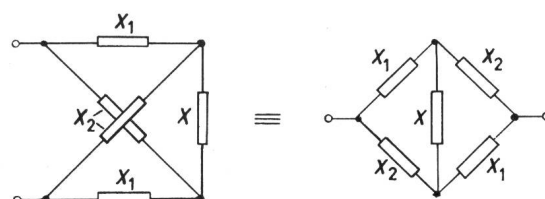


Fig. 1

Mit Reaktanz abgeschlossene Brücke

¹⁾ Mitteilung des Instituts für Elektrotechnik der Universität Mainz.

²⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.