

**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

**Herausgeber:** Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

**Band:** 45 (1967)

**Heft:** 12

**Artikel:** Richtstrahlverbindung Jungfrauoch-Martisberg mit Umlenkantenne = Liaison par faisceau hertzien Jungfrauoch-Matisberg avec relais passif

**Autor:** Schütz, Arthur

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-874912>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 30.03.2025

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

# Richtstrahlverbindung Jungfrauoch-Martisberg mit Umlenkantenne

## Liaison par faisceau hertzien Jungfrauoch-Martisberg avec relais passif

Arthur SCHÜTZ, Bern

621.395.43: 621.397.743  
621.396.677.831 : 621.396.43

*Zusammenfassung. Mit dem Vordringen der Fernsehversorgung in die Bergtäler werden in Zukunft sehr wahrscheinlich vermehrt Umlenkantennen (Passivrelais) eingesetzt. Dies wird vor allem dort der Fall sein, wo für die Richtstrahlverbindungen keine geeigneten Standorte mit optischer Sicht gefunden werden können. Dieser Aufsatz befasst sich mit den Problemen der Verbindungsplanung mit antennenferner Umlenkung. An Hand der Verbindung Jungfrauoch-Martisberg werden einige Aspekte der Streckenplanung aufgezeigt und Massnahmen zur Erhöhung der Betriebssicherheit gestreift.*

*Résumé. Pour la couverture télévisuelle des vallées de montagne, on devra probablement recourir davantage aux relais passifs. Ce sera en particulier le cas lorsqu'on ne pourra trouver, pour les liaisons par faisceaux hertziens, des emplacements appropriés avec visibilité directe. On s'occupe ici des problèmes de planification des liaisons avec déviation par relais passif éloigné. En prenant pour exemple la liaison Jungfrauoch-Martisberg, on décrit quelques aspects de la planification et les mesures prises pour augmenter la sécurité d'exploitation.*

### **Ponte radio Jungfrauoch- Martisberg con relè passivo**

*Riassunto: Con l'estensione progressiva della televisione nelle valli di montagna, l'impiego di relè passivi diverrà probabilmente sempre più frequente. Questo sarà particolarmente il caso, quando è impossibile installare in un punto adatto, con visibilità diretta, una trasmittente per il ponte radio. Il presente lavoro si occupa dei collegamenti con relè passivi distanti dalla trasmittente. In base al collegamento Jungfrauoch-Martisberg sono indicati alcuni aspetti della pianificazione e trattati provvedimenti atti ad aumentare la sicurezza dell'esercizio.*

## **1. Einleitung**

Die Versorgung des Oberwallis mit dem deutschsprachigen Fernsehprogramm stellte den Netzplanern neuartige Probleme. Im Norden ist das Oberwallis durch hohe geschlossene Gebirgszüge von der übrigen deutschsprachigen Schweiz getrennt. Es ist ausserdem durch viele quer zum Haupttal verlaufende Gebirgszüge stark gegliedert. Eine solche Landschaft ist von den technischen Gesichtspunkten der Fernsehversorgung aus betrachtet schwer zu erschliessen, da sich die für die Übertragung von Fernsehsignalen geeigneten elektromagnetischen Wellen quasi optisch ausbreiten.

Die Übertragung von Fernsehbildern von den Studios zu den Basissendern geschieht heute in der Schweiz grösstenteils über das Richtstrahlnetz, da sich zu diesem Zweck einerseits nur ausgesprochene Breitbandsysteme eignen und andererseits Richtstrahlverbindungen höchste Übertragungsqualität garantieren. Breitbandige Richtstrahlverbindungen im Mikrowellenbereich erfordern bekanntlich optische Sicht zwischen Sende- und Empfangsantenne. Für die direkte Verbindung Jungfrauoch-Martisberg ist diese Voraussetzung nicht erfüllt. Es war kein Standort mit optischer Sicht nach dem Jungfrauoch zu finden, der für die Fernsehversorgung des Oberwallis günstig gelegen und ganzjährig gut zugänglich gewesen wäre. In einem solchen Fall sind die Voraussetzungen gegeben, um eine passive Umlenkantenne einzusetzen, von deren Standort aus sowohl mit der Sende- als auch mit der Empfangsantenne optische Sicht besteht (Fig. 1). Während die antennennahe Umlenkung vielenorts seit längerer Zeit mit Erfolg angewendet wird, stellt die antennenferne Umlenkung im schweizerischen Netz eine Neuheit dar. Anwendungen mit antennenferner Umlenkung sind trotz kleiner Funkfeldlängen mit verhältnismässig grossen Funkfelddämpfungen verbunden.

## **1. Introduction**

La couverture télévisuelle du Haut-Valais par le programme suisse alémanique a placé les planificateurs du réseau devant des problèmes d'un nouveau genre. Au nord, le Haut-Valais est séparé du reste de la Suisse alémanique par des chaînes continues de montagnes. Il est en outre extrêmement divisé par des chaînes transversales à la vallée principale. Du point de vue technique, la couverture télévisuelle d'une telle contrée est difficile à réaliser, les ondes électromagnétiques nécessaires à la transmission des signaux vision se propageant presque comme les ondes optiques.

Aujourd'hui, en Suisse, les programmes de télévision sont transmis des studios aux émetteurs du réseau de base en grande partie par l'intermédiaire du réseau de faisceaux hertziens; en effet, d'une part, seuls des systèmes à large bande se prêtent à cet usage et, d'autre part, les liaisons par faisceaux hertziens garantissent la plus haute qualité de transmission. Mais les liaisons à large bande par faisceaux hertziens dans la bande des micro-ondes exigent la visibilité directe entre les antennes émettrice et réceptrice. Pour la liaison directe Jungfrauoch-Martisberg, cette condition n'était pas remplie. On ne put trouver aucun emplacement ayant la visibilité directe avec le Jungfrauoch, situé de manière favorable pour la couverture télévisuelle du Haut-Valais et accessible commodément toute l'année. Dans un cas semblable, on peut recourir à une installation de relais passif, de laquelle on ait la visibilité directe avec l'antenne émettrice et avec l'antenne réceptrice (fig. 1). Alors qu'en beaucoup d'endroits on applique avec succès, depuis longtemps, la déviation par relais passif *proche*, celle par relais passif *éloigné* constitue une nouveauté dans le réseau suisse. Malgré la faible longueur des deux tracés de la liaison radio, ce dernier mode de déviation provoque des affaiblissements de la liaison relativement grands. En fin de compte, pour



Fig. 1  
Umlenkantennenanlage Ebne Matte im Oberwallis  
Relais passif de l'Ebne Matte dans le Haut-Valais

Inwieweit sich solche Umlenkantennenanlagen im Richtstrahlnetz künftig einsetzen lassen, ist letzten Endes nicht nur eine Frage der Antennen oder der Antennendimensionierung, sondern auch der verfügbaren beziehungsweise anwendbaren Leistung für Breitbandanlagen.

#### *Richtstrahlverbindung mit kombinierter Bild- und Tonübertragung*

Eine bemerkenswerte Neuerung im festen schweizerischen Fernsehrichtstrahlnetz stellt die kombinierte Übertragung von Fernsehbild und -ton innerhalb desselben Breitbandkanals dar. Damit diese Art der Übertragung einwandfrei arbeitet, muss mit eingangsseitigen Filtern für eine saubere Kanaltrennung von Bild- und Tonfrequenzen gesorgt sein. Die Intermodulationsprodukte erster und höherer Ordnung von Pilot-, Ton- und Bildträger liegen, wie die Erfahrung zeigt, weit unterhalb des von Auge oder Ohr wahrnehmbaren Bereiches. Innerhalb des Tonkanals liegen beispielsweise alle Störkomponenten unterhalb  $-65$  dBmOps. Durch die Mitübertragung des Tonkanals auf Richtstrahlstrecken, anstelle der getrennten Übertragung auf Kabelanlagen, kann in nächster Zukunft allgemein mit einer Verbesserung der Tonqualität gerechnet werden. Weitere Betriebserfahrungen, besonders solche, die im Zusammenhang mit der Farbfernsehübertragung entstehen, werden zeigen, ob diese Art der Kanalbelegung Aussichten hat, sich künftig im Fernsehrichtstrahlnetz durchzusetzen.

savoir dans quelle mesure on pourra recourir à de tels relais passifs dans le réseau à faisceaux hertziens, on devra considérer non seulement la question des antennes ou de leur dimensions, mais aussi celle de la puissance disponible ou applicable pour les installations à large bande.

#### *Liaison par faisceau hertzien avec transmission combinée de l'image et du son*

Dans le réseau suisse fixe de télévision par faisceaux hertziens, la transmission combinée du son et de l'image par le même canal à large bande représente une nouveauté intéressante. Pour qu'une transmission de ce genre fonctionne de manière parfaite, une séparation nette des fréquences vidéo et son doit être réalisée au moyen de filtres montés côté entrée. Les produits des intermodulations de premier ordre et d'ordre plus élevé des porteurs pilote, du son et de l'image doivent, comme l'expérience l'a montré, être bien en dessous de la gamme perceptible par l'œil ou l'oreille. Dans le canal son par exemple, toutes les composantes perturbatrices sont inférieures à  $-65$  dBmOps. La transmission du canal son également par faisceaux hertziens, remplaçant la transmission séparée par câble, permet d'espérer pour bientôt une amélioration générale de la qualité du son. D'autres expériences faites en service d'exploitation, en particulier avec la transmission de la télévision en couleur, montreront si ce genre d'occupation du canal a quelque chance de s'imposer dans le réseau de télévision par faisceaux hertziens.

#### *Mesures techniques prises pour la protection contre les interruptions intempestives*

La station relais de Martisberg fonctionnant sans personnel, et devant par la suite alimenter encore d'autres émetteurs, une liaison de réserve active a été prévue. Pour permettre d'augmenter les programmes et d'étendre le réseau comme on l'a projeté, on a conçu l'installation de manière que le canal de réserve puisse servir de réserve commune pour plusieurs canaux d'exploitation.

## **2. Calcul des caractéristiques d'exploitation de la liaison**

La qualité d'une liaison par faisceau hertzien est appréciée d'après certains paramètres tels que la linéarité, l'écart signal/bruit et le comportement en fonction du temps. Ces paramètres sont, de leur côté, en rapport direct avec les caractéristiques du moyen de transmission et dépendent dans une large mesure des plans d'établissement de la liaison. Nous nous limitons ici au calcul des paramètres les plus importants tels que l'affaiblissement de la liaison, le rapport porteuse/bruit, respectivement signal vidéo/bruit, la marge d'évanouissement et d'autres caractéristiques.

**Sicherheitstechnische Massnahmen zum Schutz gegen unliebsame Unterbrechungen**

Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass die Richtstrahl-Relaisstation Martisberg unbemannt ist, und von dort aus in Zukunft noch weitere Sender zu versorgen sind, wurde eine aktive Reserveverbindung vorgesehen. Angesichts des geplanten Programm- und Netzausbaues wurde die Anlage ferner so entworfen, dass der Reservekanal mehreren Betriebskanälen als gemeinsame Reserve dienen kann.

**2. Berechnung der Betriebseigenschaften der Verbindung**

Die Güte einer Richtstrahlverbindung wird nach bestimmten Parametern beurteilt, wie Linearität, Störabstand und Zeitverhalten. Diese Parameter stehen ihrerseits in direktem Zusammenhang mit den Eigenschaften des Übertragungsmediums und werden weitgehend durch die Streckenplanung geprägt. Wir beschränken uns in diesem Abschnitt auf die Berechnung der wichtigsten Parameter, wie Funkfelddämpfung, Träger- beziehungsweise Video/Geräusch-Verhältnis, Schwundmarge und weitere Eigenschaften.

**Charakteristische Daten der Verbindung (Fig. 2)**

<b>Distanzen</b>	<b>Höhen</b>
$d_1 = 24,3 \text{ km}$	Jungfrauoch: 3700 m ü. M.
$d_2 = 5,05 \text{ km}$	Ebne Matte: 2140 m ü. M.
	Martisberg: 1160 m ü. M.

Eingesetzter Antennentyp auf Jungfrauoch und Martisberg: Parabolantenne von 4,3 m Durchmesser; Antennengewinn bei der Betriebsfrequenz:  $G_1 = G_3 = 46,4 \text{ dB}$ .

**Daten zur Umlenkantennenanlage (Fig. 3 und 4)**

<b>Azimute</b>	<b>Elevationen</b>
Az. 1 = $320^\circ 58'$	El. 1 = $93^\circ 36'$
Az. 2 = $284^\circ 36'$	El. 2 = $79^\circ 22'$
Az. 3 = $32^\circ 47'$	El. 3 = $176^\circ 29'$

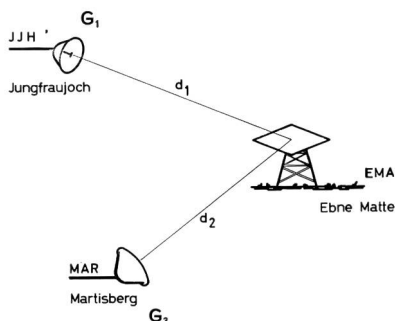


Fig. 2  
Verbindungsplan Jungfrauoch-Martisberg  
Plan de liaison Jungfrauoch-Martisberg

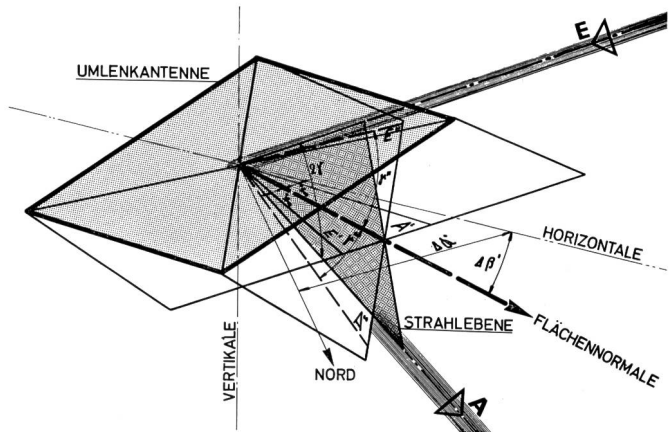


Fig. 3  
Modell des Strahlenganges zur Winkelberechnung  
Modèle de la caractéristique de rayonnement pour le calcul de l'angle

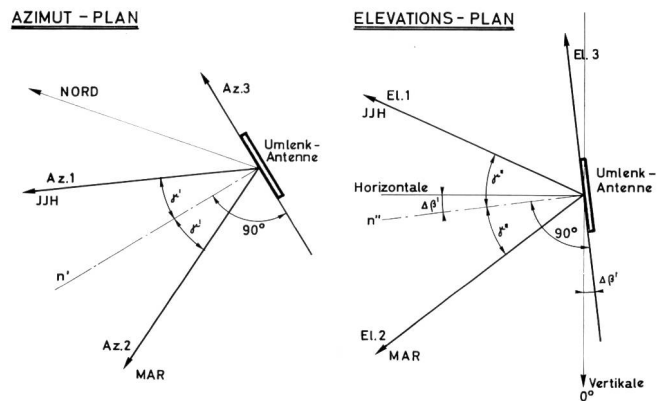


Fig. 4  
Azimut- und Elevationsplan für die Umlenkantenne  
Plan azimutal et d'élévation pour le relais passif  
JJH = Jungfrauoch  
MAR = Martisberg

**Caractéristiques de la liaison (fig. 2)**

<b>Distances</b>	<b>Altitudes (m sur mer)</b>
$d_1 = 24,3 \text{ km}$	Jungfrauoch: 3700 m
$d_2 = 5,05 \text{ km}$	Ebne Matte: 2140 m
	Martisberg: 1160 m

Type d'antenne employé au Jungfrauoch et à Martisberg: antenne parabolique de 4,3 m de diamètre; gain de l'antenne à la fréquence de service:  $G_1 = G_3 = 46,4 \text{ dB}$ .

**Caractéristiques de l'installation de relais passif (fig. 3 et 4)**

<b>Azimuts</b>	<b>Elevations</b>
Az. 1 = $320^\circ 58'$	El. 1 = $93^\circ 36'$
Az. 2 = $284^\circ 36'$	El. 2 = $79^\circ 22'$
Az. 3 = $32^\circ 47'$	El. 3 = $176^\circ 29'$

$n$  = Flächennormale  
 $n'$  beziehungsweise  $n''$  = Projektion der Flächennormale auf die Horizontal- beziehungsweise Vertikalebene

$\gamma$  = Raumwinkel  
 $\gamma'$  beziehungsweise  $\gamma''$  = Projektion des Raumwinkels  $\gamma$  auf die Horizontal- beziehungsweise Vertikalebene.  $\gamma' = 18^\circ 11'$ ;  
 $\gamma'' = 7^\circ 7'$

$2\gamma$  = räumlicher Umlenkwinkel =  $38^\circ 56'$

Antennenfläche =  $19,3 \text{ m}^2$ , Längsdiagonale  $8,8 \text{ m}$ , Querdiagonale  $4,4 \text{ m}$ . Einfacher Antennengewinn  $G_2 = 50 \text{ dB}$  bei der Betriebsfrequenz. Knickwinkel = rund  $10$  Winkelminuten. Apertur: Rhombus.

*Umlenkantenne mit rhombischer Apertur (Fig. 1)*

Die Form einer ebenen Umlenkantenne hat bei gleichbleibender Fläche nur Einfluss auf den Verlauf der Richtcharakteristik. Wie aus den Veröffentlichungen der *Telefunken AG*, Werk Backnang [1], hervorgeht, wird bei einer Umlenkantenne, deren Vertikalabmessungen von der Mitte zu den Rändern hin abnehmen, die hauptsächlich in der Horizontalebene störende Seitenstrahlung besser unterdrückt als bei einer quadratischen oder rechteckigen Fläche, deren Kanten vertikal und horizontal verlaufen. Die Winkellage der Nebenmaxima ist vom Verhältnis der Seitenabmessungen zur Wellenlänge der Betriebsfrequenz abhängig, das heisst der Abstand dieser Maxima von der Hauptkeule wird mit grösseren Abmessungen der Längsdiagonale kleiner. Ein gleichmässiges Verändern aller dazu senkrechten Abmessungen hat keinen Einfluss auf die Charakteristik, sondern ändert nur die Grösse der Wirkfläche. (Fig. 5)

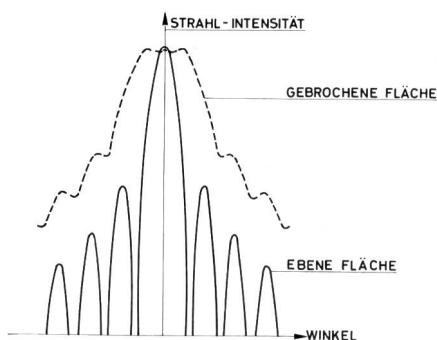


Fig. 5  
 Typisches Strahlungsdiagramm einer Umlenkantenne bei ebener und gebrochener Wirkfläche  
 Diagramme typique de rayonnement d'un relais passif avec surface active plane et brisée

$n$  = normale à la surface  
 $n'$  respectivement  $n''$  = projection de la normale à la surface sur le plan horizontal respectivement vertical

$\gamma$  = demi-angle de déviation  
 $\gamma'$  respectivement  $\gamma''$  = projection du demi-angle de déviation  $\gamma$  sur le plan horizontal respectivement vertical.  $\gamma' = 18^\circ 11'$ ;  
 $\gamma'' = 7^\circ 7'$

$2\gamma$  = angle de déviation =  $38^\circ 56'$

Surface de l'antenne =  $19,3 \text{ m}^2$ , diagonale longitudinale  $8,8 \text{ m}$ , diagonale transversale  $4,4 \text{ m}$

Gain simple de l'antenne  $G_2 = 50 \text{ dB}$  à la fréquence de service

Angle de pliage =  $10$  minutes d'angle env.

Ouverture: losange

*Antenne de relais passif avec ouverture rhomboïde (fig. 1)*

La surface restant la même, la forme d'un relais passif plan n'influe que sur l'allure de la caractéristique directionnelle. Il ressort des publications de la *Telefunken AG*, usine de Backnang [1], qu'avec un relais passif dont les dimensions verticales vont diminuant du milieu vers les bords, le rayonnement latéral, particulièrement perturbateur dans le plan horizontal, est plus radicalement supprimé qu'avec une surface quadratique ou rectangulaire dont les arêtes sont verticales et horizontales. La position angulaire des lobes latéraux dépend du rapport entre les dimensions latérales et la longueur d'onde de la fréquence de service, autrement dit la distance entre ces maximums et le lobe principal diminue lorsque les dimensions de la diagonale longitudinale augmentent. Une variation régulière de toutes les dimensions perpendiculaires à celles-ci n'a pas d'influence sur la caractéristique, mais ne modifie que la grandeur de la surface active. (fig. 5)

Aux fréquences élevées, on peut élargir le lobe principal – mais aux frais du gain de l'antenne – en pliant en forme de V la surface de l'antenne le long de l'axe transversal [2]. Cet effet est désiré dans la mesure où, en raison de l'affaiblissement de la liaison dans les systèmes de ce genre, on est obligé de travailler avec de forts gains d'antenne. Avec de tels gains, il y a cependant risque que, la stabilité thermique ou mécanique des supports d'antenne étant trop faible, ou du fait de la réfraction troposphérique respectivement de variations de l'horizon radio, les rayonnements des antennes s'écartent. Dans le cas présent, le pliage de l'antenne a été choisi de manière que la largeur du lobe principal soit sensiblement la même dans la bande des  $4 \text{ GHz}$  et celle des  $6 \text{ GHz}$ . Grâce au pliage, on obtient en outre que, dans le diagramme d'antenne, les positions de quasi-zéro ne descendent pas aussi bas que dans le cas d'une surface plane.

Durch eine V-förmige Knickung der Antennenfläche entlang der Querachse wird bei höhern Frequenzen – allerdings auf Kosten des Antennengewinns – eine Verbreiterung der Hauptkeule erzielt [2]. Dies ist insofern erwünscht, als man wegen der hohen Funkfelddämpfung derartiger Systeme gezwungen ist, mit hohen Antennengewinnen zu arbeiten. Bei hohen Antennengewinnen besteht aber die Gefahr, dass infolge zu geringer thermischer oder mechanischer Stabilität der Antennen-Tragkonstruktionen, wegen troposphärischer Strahlenbrechung oder Veränderungen des Radiohorizontes, die Antennen gelegentlich aneinander vorbei schießen. Die Knickung wurde bei der im geschilderten Fall verwendeten Antenne so eingestellt, dass die Hauptkeulenbreite im 4- und 6-GHz-Band ungefähr gleich gross ist. Durch die Knickung wurde ferner erreicht, dass im Antennendiagramm die Quasi-Nullstellen nicht mehr so tief absinken können, wie bei einer ebenen Fläche.

#### Berechnung des räumlichen Umlenkwinkels $2\gamma$

Der räumliche Umlenkwinkel  $\gamma$  lässt sich mit Hilfe des sphärischen Pythagoras aus den auf die Horizontal- und

#### Calcul de l'angle de déviation $2\gamma$

L'angle de déviation  $\gamma$  peut être calculé à l'aide du théorème de Pythagore appliqué à la sphère, d'après les angles de déviation  $\gamma'$  ou  $\gamma''$  projetés respectivement sur le plan horizontal et le plan vertical.

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b$$

c'est-à-dire que a et b représentent les côtés de l'angle droit, c l'hypothénuse du triangle de la sphère-unité, dans lequel  $a = \text{rad } \gamma'$ ,  $b = \text{rad } \gamma''$  et  $c = \text{rad } \gamma$ .

#### Appréciation du tracé et examen des conditions d'une propagation pratiquement libre

On sait que pour les ondes radioélectriques le processus de propagation dépend aussi de l'espace avoisinant la ligne de visibilité directe, respectivement l'axe de rayonnement. Les lois de la propagation libre sont pratiquement applicables lorsque la première zone de Fresnel est libre d'obstacles. L'examen du terrain (fig. 6) montre que sur le tracé Jungfraujoch – Ebne Matte la crête de l'Eggishorn pourrait

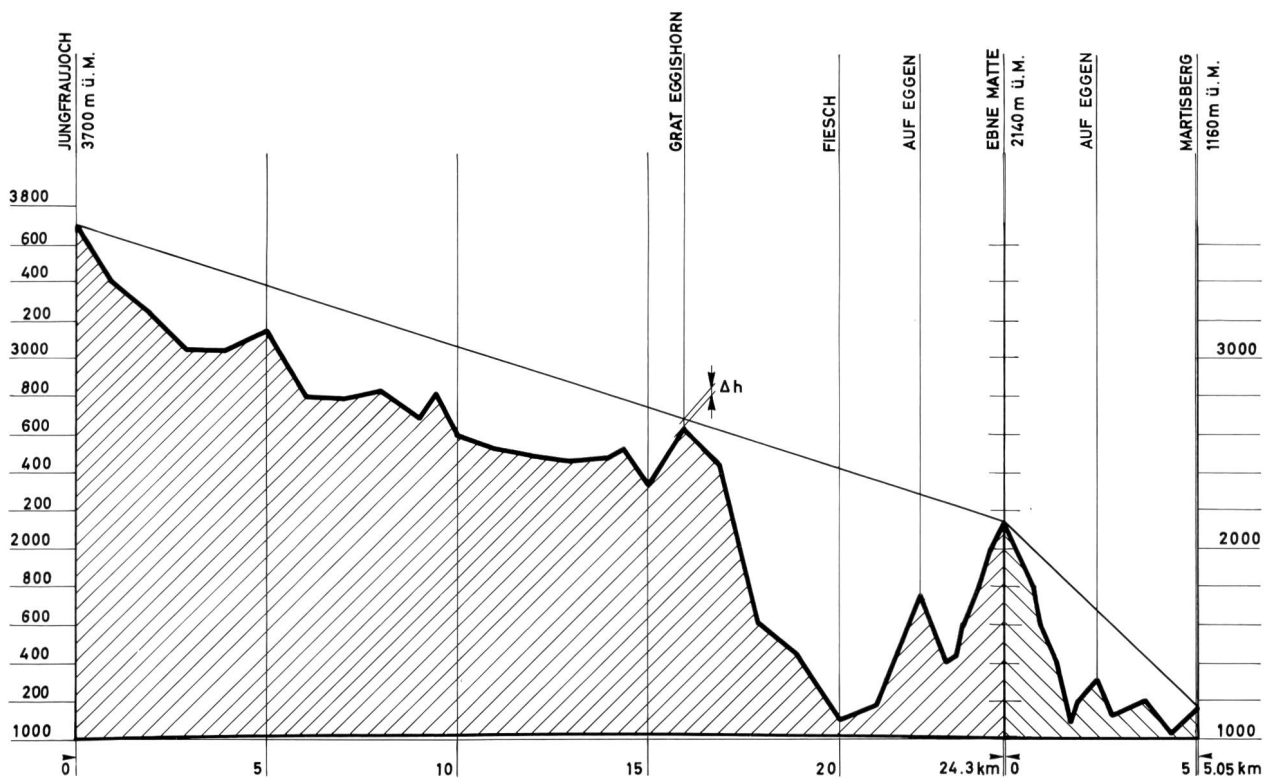


Fig. 6  
Geländeprofil Jungfraujoch–Ebne Matte–Martisberg  
Profil du terrain Jungfraujoch–Ebne Matte–Martisberg .Facteur de  
rotondité  $k_0 = 1$



Vertikalebene projizierten Umlenkswinkeln  $\gamma'$  beziehungsweise  $\gamma''$  berechnen.

$$\cos c = \cos a \cdot \cos b$$

das heisst a und b bilden die Katheten, c die Hypothenuse des Einheits-Kugeldreiecks, wobei  $a = \text{rad } \gamma'$ ,  $b = \text{rad } \gamma''$  und  $c = \text{rad } \gamma$  sind.

*Schnittbeurteilung und Begutachtung der Voraussetzungen für praktisch freie Ausbreitung*

Am Ausbreitungsvorgang für radioelektrische Wellen ist bekanntlich auch der Raum beteiligt, der die optische Sichtlinie beziehungsweise die Strahlachse umgibt. Die Gesetze für freie Ausbreitung sind praktisch anwendbar, wenn die erste Fresnelzone frei von Hindernissen ist. Die Beurteilung des Geländeschnittes (Fig. 6) zeigt, dass auf der Teilstrecke Jungfrauoch–Ebne Matte durch den Bergkamm des Eggishorns Sichtbehinderung auftreten könnte. Der Standort der Umlenkantenne wurde jedoch so gewählt, dass sich die abgestrahlten Wellen innerhalb der ersten Fresnelzone frei ausbreiten können. Andererseits versuchte man aber, diesen Bergkamm als Blende auszunützen, um die Wellenausbreitung innerhalb der zweiten und höhern Fresnelzonen weitgehend zu verhindern. Eine solche Blende kann auf die Ausbreitungseigenschaften einer Verbindung sehr stabilisierend wirken.

*Fresnelzonenradius erster Ordnung [4]*

Bekanntlich wird die erste Fresnelzone durch ein Rotationsellipsoid begrenzt. Dieses ist der geometrische Ort aller Punkte, deren Abstandssumme von den beiden Brennpunkten ( $d_1 + d_2$ ) um eine halbe Wellenlänge länger als der direkte Abstand ( $d$ ) der Brennpunkte ist, wobei sich die Brennpunkte stets bei den Antennen befinden. Den Radius  $r_1$  des Ellipsoides für die Fresnelzone erster Ordnung im Abstand  $d_1$  von der Antenne Jungfrauoch, beziehungsweise  $d_2$  vom Umlenkantennenstandort, bestimmt man aus dem Zusammenhang

$$r_1^2 = \frac{d_1 \cdot d_2}{d} \cdot \lambda$$

Alle Dimensionen sind in derselben Einheit einzusetzen.

In nächster Umgebung des Eggishorngrates beträgt somit der Fresnelzonenradius erster Ordnung  $r_1$

für eine 6-GHz-Verbindung 16,6 m

für eine 4-GHz-Verbindung 20,3 m

*Erdüberhöhung beim Eggishornkamm ( $\Delta h$  in Fig. 6)*

Bei Funkfeldlängen von mehr als etwa 10 km sind bei der Beurteilung der freien Ausbreitung die Erdkrümmung und die atmosphärische Brechung zu berücksichtigen. Diese Gegebenheiten sind formelmässig wie folgt zusammenfassbar:

empêcher la visibilité directe. L'emplacement du relais passif a cependant été choisi de manière que les ondes rayonnées se propagent librement dans la première zone de Fresnel. D'autre part, on a essayé d'utiliser cette crête pour empêcher autant que possible la propagation des ondes à l'intérieur de la deuxième, troisième, etc. zone de Fresnel. On peut obtenir de cette manière un effet stabilisateur prononcé sur les caractéristiques de propagation d'une liaison.

*Diamètre de la zone de Fresnel de premier ordre [4]*

La première zone de Fresnel est limitée par un ellipsoïde de rotation. Cet ellipsoïde est le lieu géométrique de tous les points pour lesquels la somme des distances jusqu'aux deux foyers ( $d_1 + d_2$ ) est supérieure d'une demi-longueur d'onde à la distance directe ( $d$ ) entre les foyers, ceux-ci se trouvant toujours près des antennes. On détermine le rayon  $r_1$  de l'ellipsoïde pour la zone de Fresnel de premier ordre à la distance  $d_1$  de l'antenne du Jungfrauoch, respectivement  $d_2$  de l'emplacement du relais passif, au moyen de la relation

$$r_1^2 = \frac{d_1 \cdot d_2}{d} \cdot \lambda$$

Toutes les dimensions doivent être indiquées dans la même unité. Dans la région proche de l'arête de l'Eggishorn, le rayon de la zone de Fresnel de premier ordre  $r_1$  est ainsi pour une liaison à 6 GHz, de 16,6 mètres pour une liaison à 4 GHz, de 20,3 mètres

*Surélévation à la crête de l'Eggishorn ( $\Delta h$  dans la figure 6)*

Pour des tracés de liaisons radio de plus de 10 km environ, on doit, pour déterminer si la propagation est libre ou non, tenir compte de la rotondité de la terre et de la réfraction atmosphérique. Ces données sont prises en considération dans la formule suivante:

$$\Delta h = \frac{d_1 \cdot d_2}{2 k r_E}$$

Toutes les dimensions doivent être indiquées dans la même unité. Si donc on admet pour rayon de la Terre  $r_E = 6,37 \cdot 10^6$  m, si la distance  $d_1$  entre la crête de l'Eggishorn et le Jungfrauoch est  $1,58 \cdot 10^4$  m, la distance  $d_2$  entre la crête de l'Eggishorn et le relais passif  $8,5 \cdot 10^3$  m, et si le facteur  $k$  de la rotondité de la Terre par rapport au rayon de celle-ci est égal à 1, on devra, en tenant compte de la réfraction atmosphérique, compter avec une surélévation  $\Delta h = 10,5$  m. Ainsi, pour que les conditions d'une propagation pratiquement libre soient remplies jusque dans la bande inférieure des 4 GHz, l'axe de rayonnement doit passer à  $r_1 + \Delta h = 30,8$  m au-dessus de la crête de l'Eggishorn.

*Calcul de l'affaiblissement de la liaison [3, 4]*

Pour le calcul, nous nous fondons sur un modèle de transmission composé de deux tracés reliés en cascade. A la place du relais passif, les deux tracés sont limités par une

$$\Delta h = \frac{d_1 \cdot d_2}{2 k r_E}$$

Alle Dimensionen sind in derselben Einheit einzusetzen. Wenn also der Erdradius  $r_E$  zu  $6,37 \cdot 10^6$  m angenommen wird, der Abstand  $d_1$  des Eggishornkamms vom Jungfrau-joch  $1,58 \cdot 10^4$  m, der Abstand  $d_2$  vom Eggishornkamm zur Umlenkantenne  $8,5 \cdot 10^3$  m beträgt und der Erdkrümmungs-faktor zum Erdradius  $k = 1$  ist, muss unter Berücksichtigung der atmosphärischen Brechung mit einer Erdüberhöhung von  $\Delta h = 10,5$  m gerechnet werden. Die minimale Überhöhung der Strahlachse gegenüber dem Eggishornkamm hat somit  $r_1 + \Delta h = 30,8$  m zu betragen, damit bis hinunter ins 4-GHz-Band die Voraussetzungen für praktisch freie Ausbreitung erfüllt sind.

#### Berechnung der Funkfelddämpfung [3, 4]

Der Berechnung legen wir ein Übertragungsmodell zu-grunde, das zwei in Kaskade geschaltete Funkfelder auf-weist. Beide Felder werden dabei an Stelle der Umlenk-antenne durch einen in der Wirkung äquivalenten Strahler begrenzt, dessen Flächennormale mit der Strahlachse des Funkfeldes zusammenfällt (Fig. 7). Dieses Modell ist sehr anschaulich, besonders weil die Eigenschaften der Umlenk-antenne durch die üblichen Spiegelparameter ausgedrückt werden können, wie durch den Antennengewinn, die Halb-wertbreite, den Wirkungsgrad usw. (Oft wird hierfür auch ein Modell verwendet, bei dem die Umlenkantenne nicht als Empfangs- und Sendeantenne, sondern als ein zusätzliches, verlustbehaftetes Element im Strahlengang betrachtet wird.)

Die Funkfelddämpfung  $a$  eines einzelnen Feldes setzt sich aus zwei Beiträgen zusammen: aus der Grundüber-tragungsdämpfung  $a_0$  und dem Antennengewinn  $G$ .

$$a = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 20 \lg \frac{\lambda \cdot d}{A} = 20 \lg \frac{4 \pi d}{G \lambda}$$

In diesen Gleichungen sind  $d$  und  $\lambda$  in gleichen Einheiten einzusetzen.

Implizite enthält diese Gleichung auch den Anteil der Grundübertragungsdämpfung  $a_0$ , das heißt, falls  $G = 1$  ist

$$a = a_0 = 20 \lg \frac{4 \pi d}{G \cdot \lambda}$$

In diesen Gleichungen bedeuten:

- $P_1, P_2$  = Sende- beziehungsweise Empfangsleistung an den Strahlereingängen
- $\lambda$  = Wellenlänge der Radiofrequenz
- $d$  = Funkfeldlänge
- $A$  = wirksame Antennenfläche von Sende- ( $A_1$ ) und Empfangsantenne ( $A_2$ ).  $A = \sqrt{A_1 \cdot A_2}$  beziehungs-weise  $\sqrt{A_2 \cdot A_3}$

antenne d'effet équivalent, dont la normale à la surface correspond à l'axe de rayonnement du tracé (fig. 7). Ce modèle est très pratique, en particulier parce que les caractéristiques du relais passif peuvent être exprimées par les paramètres habituels des miroirs, tels le gain d'antenne, la largeur de demi-valeur, le degré d'efficacité, etc. (On utilise fréquemment aussi un modèle dans lequel le relais passif n'est pas considéré comme antenne réceptrice et émettrice, mais comme élément supplémentaire affecté de pertes dans le rayonnement.)

L'affaiblissement  $a$  de l'un des tracés se compose de deux valeurs: l'affaiblissement fondamental de transmission  $a_0$  et le gain de l'antenne  $G$ .

$$a = 10 \lg \frac{P_1}{P_2} = 20 \lg \frac{\lambda \cdot d}{A} = 20 \lg \frac{4 \pi d}{G \lambda}$$

Dans ces équations,  $d$  et  $\lambda$  doivent être exprimés dans les mêmes unités.

Cette équation contient implicitement aussi la part de l'affaiblissement fondamental de transmission  $a_0$ ; autrement dit, si  $G = 1$ :

$$a = a_0 = 20 \lg \frac{4 \pi d}{g \lambda}$$

On a dans ces équations:

- $P_1, P_2$  = puissance d'émission, respectivement de réception aux entrées des rayonneurs.
- $\lambda$  = longueur d'onde de la fréquence radio
- $d$  = longueur du tracé
- $A$  = surface active de l'antenne d'émission ( $A_1$ ) et de l'antenne de réception ( $A_2$ ).  $A = \sqrt{A_1 \cdot A_2}$ , respectivement  $\sqrt{A_2 \cdot A_3}$
- $G$  = facteur de gain de puissance rapporté au rayon-neur isotrope;  $G = \sqrt{G_1 \cdot G_2}$ , respectivement  $G = \sqrt{G_2 \cdot G_3}$

#### Calcul des gains d'antenne $G_1, G_2, G_3$

Le gain d'antenne  $G$  de réflecteurs de surface est direct-ement proportionnel à la grandeur de la surface active. Il est fréquemment rapporté au réflecteur isotrope, et exprimé ainsi comme rapport de la surface active de l'antenne à celle du rayonneur isotrope.

$$G = \frac{A}{A_{\text{isotr.}}} = A \frac{4 \pi}{\lambda^2}$$

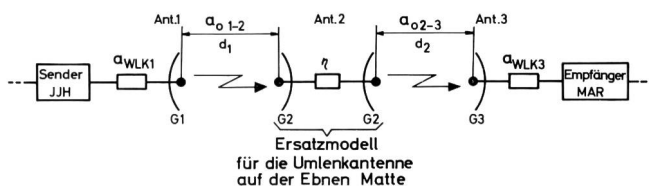


Fig. 7

Übertragungsmodell der Verbindung Jungfrau-joch-Martisberg  
Modèle de transmission de la liaison Jungfrau-joch-Martisberg



$G$  = Auf den isotropen Strahler bezogener Leistungsgewinnfaktor  $G = \sqrt{G_1 \cdot G_2}$  beziehungsweise  $G = \sqrt{G_2 \cdot G_3}$

**Berechnung der Antennengewinne  $G_1, G_2, G_3$**

Der Antennengewinn  $G$  von Flächenstrahlern ist direkt proportional zur Grösse der Wirkfläche. Er wird häufig auf den isotropen Strahler bezogen und somit als Verhältnis der wirksamen Fläche der Antenne zu jener des isotropen Strahlers ausgedrückt

$$G = \frac{A}{A_{\text{isotr}}} = A \frac{4 \pi}{\lambda^2}$$

**Umlenkantenne**

Die Wirkfläche  $A$  (auch elektrisch wirksame Fläche) einer ebenen Umlenkantenne wird durch die Grösse ihrer geometrischen Fläche  $A_{\text{geom}}$  und dem räumlichen Umlenkwinkel  $\gamma$  bestimmt

$$A = A_{\text{geom}} \cdot \cos \gamma$$

Daher beträgt der einfache Antennengewinn  $G_2$  (Fig. 7) der homogen ausgeleuchteten und unter dem Raumwinkel  $\gamma$  angestrahlten Umlenkantenne

$$G_2 = \frac{A_{\text{geom}} \cos \gamma \cdot 4 \pi}{\lambda^2}$$

**Parabolantenne**

Bei einer Parabolantenne, deren Apertur nicht homogen ausgeleuchtet wird, das heisst deren Strahlintensität in der Randzone des Spiegels um etwa 10 dB abgeschwächt ist, muss zur Gewinnberechnung der Ausleuchtungsfaktor  $\xi$  berücksichtigt werden (Reduktion der wirksamen Antennenfläche um den Faktor  $\xi$ ).

$$G_1 = G_3 = \frac{A \cdot \xi}{A_{\text{isotr}}} = \frac{D^2 \pi \cdot \xi \cdot 4 \pi}{4 \lambda^2} = \xi \left( \frac{D \cdot \pi}{\lambda} \right)^2$$

Der Spiegeldurchmesser  $D$  und die Wellenlänge  $\lambda$  sind in der Formel in derselben Einheit einzusetzen.  $\xi$  beträgt bei gebräuchlichen Parabolantennen etwa 0,54.

Nach den vorgenannten Formeln berechnet man bei der Frequenz  $f = 6345$  MHz den Gewinn einer Parabolantenne von 4,3 m Durchmesser zu 46,4 dB und den einfachen Gewinn der Umlenkantenne von 19,3 m<sup>2</sup> zu 50 dB.

**Wellenleiter- und Filterverluste**

Die spezifische Dämpfung von Messingwellenleitern WR-137 beträgt bei 6345 MHz etwa 0,08 dB/m. Bei Zirkulatoren beträgt die Dämpfung je durchlaufenes Tor rund 0,25 dB und bei Tiefpassfiltern ungefähr 0,3 dB.

**Zusammenstellung der Ergebnisse:**

**a) Verluste durch SHF<sup>1</sup>-Komponenten**

	Jungfrau- joch	Martis- berg	Ebne Matte
Wellenleiterverluste	0,9 dB	1,7 dB	—

<sup>1</sup> SHF = Super High Frequency

**Relais passif**

La surface active  $A$  (aussi surface électriquement active) d'un relais passif plan est déterminée par la grandeur de la surface géométrique  $A_{\text{geom}}$  et le demi-angle de déviation  $\gamma$

$$A = A_{\text{geom}} \cdot \cos \gamma$$

Le gain d'antenne simple  $G_2$  (fig. 7) dépend ainsi du relais passif éclairé entièrement de manière homogène et attaqué sous le demi-angle de déviation  $\gamma$ .

$$G_2 = \frac{A_{\text{geom}} \cdot \cos \gamma \cdot 4 \pi}{\lambda^2}$$

**Antenne parabolique**

Dans le cas d'une antenne parabolique dont l'ouverture n'est pas éclairée de manière homogène, c'est-à-dire dont l'intensité de rayonnement est affaiblie d'environ 10 dB dans la zone marginale du miroir, on doit, pour calculer le gain, tenir compte du facteur d'éclairage  $\xi$  (réduction de la surface active de l'antenne de la valeur du facteur  $\xi$ ).

$$G_1 = G_3 = \frac{A \cdot \xi}{A_{\text{isotr}}} = \frac{D^2 \pi \cdot \xi \cdot 4 \pi}{4 \lambda^2} = \xi \left( \frac{D \cdot \pi}{\lambda} \right)^2$$

Le diamètre du miroir  $D$  et la longueur d'onde  $\lambda$  doivent être exprimés dans la même unité. Pour les antennes paraboliques usuelles,  $\xi$  est environ 0,54.

En calculant d'après les formules ci-dessus, on obtient, pour la fréquence  $f = 6345$  MHz, 46,4 dB comme gain pour une antenne parabolique de 4,3 m de diamètre et 50 dB comme gain simple du relais passif de 19,3 m<sup>2</sup>.

**Pertes dans les guides d'ondes et dans les filtres**

L'affaiblissement spécifique de guides d'ondes en laiton WR-137 est d'environ 0,08 dB/m à 6345 MHz. Pour les circulateurs, l'affaiblissement est de 0,25 dB par porte franchie, et de 0,3 dB pour les filtres passe-bas.

**Récapitulation des résultats:**

**a. Pertes par composantes SHF<sup>1</sup>:**

	Jungfrau- joch	Martis- berg	Ebne Matte
Pertes dans les guides d'ondes	0,9 dB	1,7 dB	—
Supplément de perte pour guides d'ondes flexibles	0,2 dB	0,2 dB	—
Pertes dans les filtres et les circulateurs	0,8 dB	0,8 dB	—
Perte pour un rendement $\eta$ de 60% du relais passif <sup>2</sup>			2,2 dB
<b>Addition</b>	<b>1,9 dB</b>	<b>2,7 dB</b>	<b>2,2 dB</b>
<b>Total des pertes a =</b>	<b>6,8 dB</b>		

<sup>2</sup> Près de 40% de l'énergie reçue sont dissipés par dispersion (énergie dans les lobes latéraux) et pertes par effet Joule.

Verlustzuschlag für flexible Wellenleiter	0,2 dB	0,2 dB	—
Filter- und Zirkulatorverluste	0,8 dB	0,8 dB	—
Verlust bei einem Umlenkantennenwirkungsgrad $\eta$ von 60% <sup>2</sup>			2,2 dB
Addition	1,9 dB	2,7 dB	2,2 dB
Total Verluste a =	<u>6,8 dB</u>		

**b) Grundübertragungsdämpfung**

$$a_{o, 1-2} = 20 \lg \frac{4\pi d_1}{\lambda} = 136,2 \text{ dB Funkfeld Jungfrauoch-Ebne Matte}$$

$$a_{o, 2-3} = 20 \lg \frac{4\pi d_2}{\lambda} = 122,8 \text{ dB Funkfeld Ebne Matte-Martisberg}$$

Total Verluste b = 259 dB

**c) Antennengewinne**

Jungfrauoch: 1 Parabolantenne 4,3 m Durchmesser  
 $G_1 = 46,4 \text{ dB}$

Martisberg: 1 Parabolantenne 4,3 m Durchmesser  
 $G_3 = 46,4 \text{ dB}$

Ebne Matte: Umlenkantenne 19,3 m<sup>2</sup>; 2mal einfacher Antennengewinn  $2G_2 = 100 \text{ dB}$

Total Gewinne c = 192,8 dB

**Gesamtdämpfung des Funkfeldes Jungfrauoch-Ebne Matte-Martisberg ( $a_t$ )**

$$a_t = a + b - c = 6,8 + 259 - 192,8 = 73 \text{ dB}$$

$$a_t = 73 \text{ dB}$$

Die berechnete Gesamtdämpfung  $a_t$  des Funkfeldes, das heisst die wirkliche Dämpfung zwischen dem Ausgang des Richtstrahlensenders auf Jungfrauoch und dem Eingang des Empfängers Martisberg wurde durch praktische Messungen während des Betriebes ausserordentlich gut bestätigt. Von den zu verschiedenen Zeiten durchgeführten Messungen (Registrierungen) liegen für den Kanal  $f = 6345 \text{ MHz}$  die Werte zwischen 72 dB und 74,5 dB.

Wenn die Anlageparameter (Senderleistung, Sender- und Terminal-Grundgeräusch, Empfängereigenrauschen) bekannt sind, bildet die Kenntnis der Gesamtdämpfung  $a_t$  den Ausgangspunkt, um die pegelabhängigen Grössen des Übertragungskanal zu berechnen, also den normalen Empfangspegel, das Empfängergrundgeräusch, das Träger-/Geräusch-Verhältnis, die Schwundmarge und endlich das bewertete (gewogene) Signal-/Geräusch-Verhältnis mit oder ohne Schwund im Bild- und Tonkanal. Auf die detaillierte Berechnung der Übertragungseigenschaften des

<sup>2</sup> Etwa 40% der einfallenden Energie wird durch Streustrahlung (Energie in den Nebenzipfeln), und joulische Verluste vernichtet

**b. Affaiblissement fondamental de transmission**

$$a_{o, 1-2} = 20 \lg \frac{4\pi d_1}{\lambda} = 136,2 \text{ dB tracé Jungfrauoch-Ebne Matte}$$

$$a_{o, 2-3} = 20 \lg \frac{4\pi d_2}{\lambda} = 122,8 \text{ dB tracé Ebne Matte-Martisberg}$$

Total des pertes b = 259 dB

**c. Gains d'antenne**

Jungfrauoch: 1 antenne parabolique diamètre 4,3 m  
 $G_1 = 46,4 \text{ dB}$

Martisberg: 1 antenne parabolique diamètre 4,3 m  
 $G_3 = 46,4 \text{ dB}$

Ebne Matte: relais passif 19,3 m<sup>2</sup> 2 fois le gain d'antenne simple  $2 G_2 = 100 \text{ dB}$

Total des gains c = 192,8 dB

**Affaiblissement total du tracé Jungfrauoch - Ebne Matte - Martisberg ( $a_t$ )**

$$a_t = a + b - c = 6,8 + 259 - 192,8 = 73 \text{ dB}$$

$$a_t = 73 \text{ dB}$$

L'affaiblissement total  $a_t$  calculé pour l'ensemble du tracé, c'est-à-dire l'affaiblissement réel entre la sortie de l'émetteur de faisceau hertzien du Jungfrauoch et l'entrée du récepteur à Martisberg, a été extrêmement bien confirmé par les mesures faites en service d'exploitation. D'après les mesures exécutées à différentes heures (enregistrements), les valeurs pour le canal  $f = 6345 \text{ MHz}$  se trouvent entre 72 et 74,5 dB.

Lorsque les paramètres de l'installation (puissance d'émission, bruit de fond de l'émetteur et du terminal, bruit propre du récepteur) sont connus, on peut, connaissant également l'affaiblissement total  $a_t$ , calculer les grandeurs du canal de transmission qui dépendent du niveau, savoir le niveau normal à la réception, le bruit de fond du récepteur, le rapport porteuse/bruit, la marge d'évanouissement et enfin le rapport signal/bruit pondéré du canal vision et du canal son avec ou sans évanouissement. Nous n'exposerons pas ici le calcul détaillé des caractéristiques de transmission du canal vision et du canal son. Nous récapitulons cependant ci-après, sous forme de tableau, les valeurs calculées et mesurées, et les discutons succinctement.

**Récapitulation des plus importantes caractéristiques de transmission**

Paramètres:	Valeurs	
	calculées	mesurées
Valeur de système de l'installation SHF		155 dB
Puissance d'émission $P_s$		37 dB

Bild- und Tonkanal wird im Rahmen dieser Arbeit nicht näher eingetreten. Nachfolgend werden die errechneten und gemessenen Werte tabellarisch zusammengestellt und noch kurz diskutiert.

*Zusammenstellung der wichtigsten Übertragungseigenschaften*

Parameter:	Werte	
	errechnet	gemessen
Systemwert der SHF-Anlage	155 dB	
Senderleistung $P_s$	37 dB	
Gesamtdämpfung $a_t$	73 dB	72... 74,5 dB
Normaler Empfangspegel $P_{e \text{ normal}}$	-36 dBm	-35... -37,5 dBm
Empfangsrauschleistung (kTB)	-98 dBm	
Empfängerrauschfaktor		10 dB
Empfängerrauschleistung	-88 dBm	
Träger/Geräusch-Verhältnis (C/N)	52 dB	
Schwundmarge bezüglich des Frequenzmodulations-Schwellwertes (-88 dBm + 12 dBm = -76 dBm)	40 dB	
<i>Bildkanal:</i>		
Bewertetes Bildsignal/Geräusch-Verhältnis $\frac{C}{N}$ (dB) + 31 (dB)	83 dB	
Bewertetes Bildsignal/Sendergeräusch-Verhältnis		102 dB
Bewertetes Bildsignal/Terminalgeräusch-Verhältnis (Modem-Ausrüstung)		74 dB
Bewertetes Bildsignal/Gesamtgeräusch-Verhältnis	73,5 dB	73 dB
<i>Tonkanal:</i>		
Hilfsträger/Geräusch-Verhältnis $\frac{C_s}{N} = \frac{C}{N} - 12 \text{ dB}$	40 dB	
HF-Systemgeräusch/Nutzsignal-Verhältnis (flach) $\frac{S_s}{N} = \frac{C}{N} + 30,5 \text{ dB}$	82 dB	
Modemgeräusch		54 dB (flach) 65 dB (bewertet)
Tonkanalgeräusch psophometrisch bewertet (ohne Bildsignal)	64,8 dB	64 dB
Bildfrequentes Übersprechen (bewertet)		65 dB
Zeilenfrequentes Übersprechen (bewertet)		63,5 dB

Affaiblissement total $a_t$	73 dB	72... 74,5 dB
Niveau de réception normal $P_{e \text{ normal}}$	-36 dB	-35... 37,5 dB
Puissance de bruit à la réception (kTB)	-98 dBm	
Facteur de bruit de récepteur		10 dB
Puissance de bruit du récepteur	-88 dBm	
Rapport porteuse/bruit (C/N)	52 dB	
Marge d'évanouissement par rapport au seuil de modulation de la fréquence (-88 dBm + 12 dBm = -76 dBm)	40 dB	
<i>Canal vision:</i>		
Rapport pondéré signal vision/bruit $\frac{C}{N}$ (dB) + 31 (dB)	83 dB	
Rapport pondéré signal vision/bruit de l'émetteur		102 dB
Rapport pondéré signal vision/bruit du terminal (équipement modem)		74 dB
Rapport pondéré signal vision/bruit total	73,5 dB	73 dB

<i>Canal son:</i>		
		calculées mesurées
Rapport porteuse auxiliaire/bruit $\frac{C_s}{N} = \frac{C}{N} - 12 \text{ dB}$	40 dB	
Rapport bruit du système HF/signal utile (plat) $\frac{S_s}{N} = \frac{C}{N} + 30,5 \text{ dB}$	82 dB	
Rapport de bruit du modem		54 dB (plat) 65 dB (pondéré)
Bruit du canal pondéré psophométriquement (sans signal viedo)	64,8 dB	64 dB
Diaphonie fréquence vision (pondérée)		65 dB
Diaphonie fréquence lignes (pondérée)		63,5 dB

*Appréciation de la liaison du point de vue du CCIR*

Le calcul des caractéristiques de bruit présente de l'intérêt surtout par rapport aux conditions imposées au circuit de

### *Beurteilung der Verbindung aus der Sicht des CCIR*

Die Berechnung der Geräuscheigenschaften ist hauptsächlich im Blick auf die Anforderungen im hypothetischen CCIR-Bezugskreis von 2500 km Länge von Interesse. Auf Grund der CCIR-Empfehlung 289 soll in diesem Bezugskreis mit insgesamt drei Modulationsabschnitten bei einem 625-Zeilensystem mit 5 MHz Bandbreite ein bewertetes Signal/Geräusch-Verhältnis von 56 dB (=  $x+4$  dB-Wert) während 20% beziehungsweise 52 dB während 99% des Monats nicht unterschritten werden. Auf die wesentlich kürzere Verbindung Jungfrauoch-Martisberg bezogen, dürfte das bewertete Bildsignal/Geräusch-Verhältnis theoretisch den Wert von ungefähr 76 dB und das bewertete Bildsignal/Gesamtgeräusch-Verhältnis den Wert von 65 dB während 80% des Monats nicht unterschreiten.

*Zusammenfassend* ist festzustellen,

- dass sowohl die Übertragungsanlagen als auch die Terminalausrüstungen die notwendige Qualität aufweisen, um den CCIR-Empfehlungen zu genügen,
- und dass die Planungswerte für die Verbindung in jeder Beziehung sehr gut eingehalten werden.

Somit besteht nun die Möglichkeit, über die erwähnte Umlenkantennenanlage mit konventionellen Betriebsanlagen einwandfrei Breitbandverbindungen für Fernsehen und Telephonie im 4-, 6-, 7-GHz-Band zu betreiben.

référence hypothétique de 2500 km de longueur du CCIR. D'après la recommandation 289 du CCIR, dans ce circuit de référence comprenant en tout trois sections de modulation, le rapport signal /bruit ne doit pas, pour un système à 625 lignes avec largeur de bande de 5 MHz, descendre au-dessous de 56 dB (= valeur de  $x+4$  dB) pendant 20% ni au-dessous de 52 dB pendant 99% du mois. Rapporté au tracé considérablement plus court Jungfrauoch - Martisberg, le rapport pondéré signal vision/bruit ne devrait théoriquement pas descendre au-dessous d'environ 76 dB et le rapport pondéré signal/bruit total au-dessous de 65 dB pendant 80% du mois.

On relèvera pour conclure

- que les installations de transmission comme les équipements terminaux présentent la qualité requise pour satisfaire aux recommandations du CCIR,
- que, pour cette liaison, les valeurs fixées à la planification sont très bien respectées sous tous les rapports.

En conséquence, il est possible, avec cette installation de relais passif combinée avec des installations conventionnelles, d'exploiter de manière absolument satisfaisante des liaisons à large bande pour la télévision et la téléphonie dans les bandes des 4, 6 et 7 GHz.

---

### **Bibliographie**

- [1] *Telefunken*. Ebene Umlenkspiegel. Technische Druckschrift 1965.
- [2] *Koch G.* Richtfunkantennen mit Strahlungsdiagrammen geringer Winkel- und Frequenzabhängigkeit. Nachrichtentechn. Fachberichte Heft 19 (1960)

- [3] *Klein W.* Richtstrahl-Übertragungsversuche in den Alpen. Techn. Mitt. PTT, 1949, Nr. 2, S. 49...69.
- [4] Planung und Berechnung von Richtfunkverbindungen, Siemens und Halske, 1960