

Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen
Band: 30 (1957)
Heft: 12

Rubrik: Funk + Draht

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: 10.11.2024

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

Funk

Das Quarzfilter des Kurzwellen-Empfängers E-627

Bezüglich Aufbau der Kurzwellen-Empfangsanlage E-627 wurde bereits im «Pionier» 1957, Nr. 9, S. 223, eingehend berichtet. Der vorliegende Artikel bezweckt die Arbeitsweise des Quarzfilters zu erläutern, denn nur eine genaue Kenntnis derselben gestattet einen erfolgreichen Einsatz.

1. Zweck

Bekannterweise finden wir in den zur Verfügung stehenden Bänden der drahtlosen Nachrichtentechnik eine sehr enge Wellenbelegung. Dies trifft insbesondere im Kurzwellenband (1,5...30 MHz) infolge der sehr guten Ausbreitungseigenschaften dieser Wellen über grosse Distanzen zu. Das Quarzfilter dient dazu, sehr **benachbarte Telegraphie-Sender** — auch bei ungünstigen Verhältnissen — einwandfrei zu **trennen**.

2. Der Quarz als elektrisches Schaltelement

Um die Wirkungsweise eines Quarzfilters richtig ver-

Im Jahre 1881 entdeckte Lippmann den inversen Piezo-effekt. Durch ein elektrisches Feld erfährt ein piezoelektrischer Kristall eine Deformation; die Deformation ist proportional dem elektrischen Felde. Die Proportionalitätskonstante d ist in beiden Fällen gleich und wird mit Piezomodul bezeichnet.

2.2 Der piezoelektrische Resonator

Elektrisch anregbare Resonatoren, wie z.B. Quarzplättchen, lassen sich als elektrische Schwingungskreise auffassen. Die piezoelektrischen Resonatoren unterscheiden sich von den üblichen elektrischen Schwingkreisen, vor allem durch ausserordentlich kleine Dämpfungen und hohe Stabilität. Infolge dieser hervorragenden Eigenschaften werden sie hauptsächlich in hochstabilen Oszillatoren und Filtern eingesetzt.

Das Ersatzschema des piezoelektrischen Resonators geht aus Fig. 1 hervor.

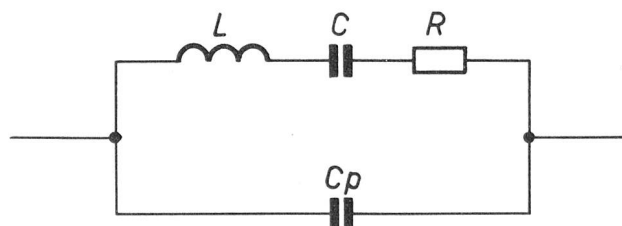


Fig. 1. Ersatzschema des piezoelektrischen Resonators

stehen zu können, ist es unbedingt nötig, vorerst die elektrischen Eigenschaften des Quarzes kennen zu lernen.

2.1 Der Piezoeffekt

Im Jahre 1880 wurde von den Brüdern J. und P. Curie der Piezo-Effekt an Turmalin entdeckt. Dabei fanden sie, dass dieser Kristall auf bestimmten Flächen elektrische Aufladung (Piezo-Elektrizität) zeigt, wenn man sie mechanischem Druck oder Zug, d.h. einer Deformation aussetzt. Später fanden sie unter weiteren piezoelektrischen Kristallen auch den Quarz (Kristallines Siliziumdioxid SiO_2). Die Oberflächenladung ist proportional der auf den Quarz ausgeübten Kraft.

L , C und R sind die dynamische Induktivität, Kapazität und ohmscher Widerstand des Kristalles, während C_p die statische Kapazität insbesondere der Halterung und der Elektroden darstellt. Aus diesem Ersatzschema ist sofort zu ersehen, dass für einen solchen Kreis zwei charakteristische Frequenzen zu finden sind. Für eine bestimmte Frequenz ω_s tritt Spannungs- oder **Serieresonanz** auf.

$$\omega_s = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (1)$$

Die zweite Frequenz ω_p tritt bei Strom- oder **Parallelresonanz** auf

$$\omega_p = \sqrt{\frac{1}{LC} \left(1 + \frac{C}{C_p}\right)} \quad (2)$$

Aus den Gleichungen 1 und 2 lässt sich der Abstand der beiden Resonanzstellen bestimmen

$$\frac{\omega_p - \omega_s}{\omega_s} = \frac{C}{2 C_p} \quad (3)$$

Für unsere weiteren Betrachtungen ist der Verlauf des **Blindwiderstandes** des piezoelektrischen Resonators zu untersuchen. Derselbe ist in Fig. 2 dargestellt:

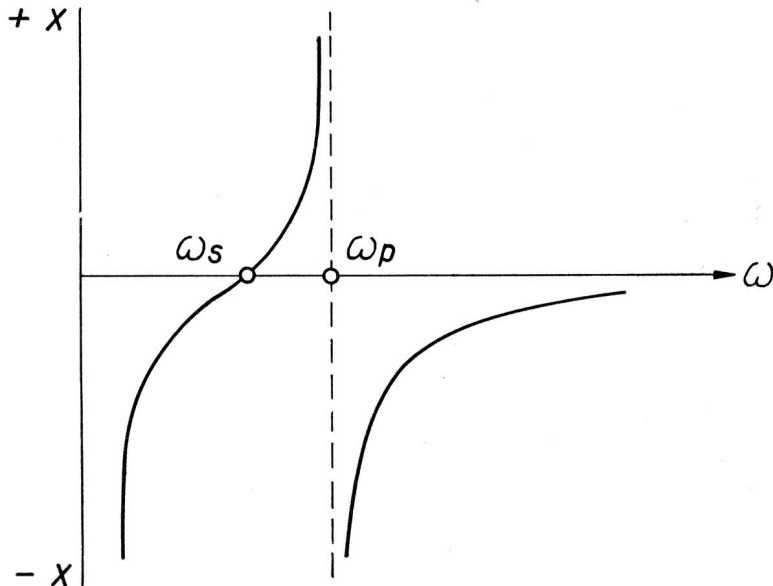


Fig. 2. Blindwiderstandsverlauf des piezoelektrischen Resonators.

Unterhalb der Serieresonanz ω_s verhält sich der Kristall kapazitiv.

Zwischen Serie- und Parallelresonanz verhält sich der Kristall induktiv.

Oberhalb der Parallelresonanz ω_p verhält sich der Kristall kapazitiv.

Bei Serieresonanz entspricht die Impedanz dem im Ersatzschema eingezeichneten phasenfreien Widerstand R .

Aus den bisherigen Überlegungen erkennen wir folgende Merkmale:

1. Der Quarz ist ein piezoelektrisches Schaltelement.

2. Der piezoelektrische Resonator hat hervorragende Eigenschaften; wie sehr kleine Dämpfung resp. sehr grosse Güte Q und hohe Stabilität.

3. Der piezoelektrische Resonator weist zwei Resonanzstellen auf: die Serieresonanz und die in der Frequenzlage etwas höher liegende Parallelresonanz.

4. In der Umgebung der beiden Resonanzen ändert die Impedanz sehr rasch ihren Wert.

Um einen Begriff über die Grössenordnungen zu geben, seien die Werte des Filterquarzes des E-627 angeführt.

dynamische Induktivität	$L = 28 \text{ Hy}$
dynamische Kapazität	$C = 0,0044 \text{ pF}$
dynamischer Widerstand	$R = 2900 \Omega$
dynamische Kreisgüte	$Q = 27600$
statische Kapazität	$C_p = 3,2 \text{ pF}$
Serieresonanz	$f_s = 455 \text{ kHz}$
Parallelresonanz	$f_p = 455,291 \text{ kHz}$

3. Das Quarzfilter

Im Kurzwellenempfänger E-627 ist der piezoelektrische Resonator (Quarz) in einer sogenannten **Quarzbrückenschaltung** eingesetzt. Fig. 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau der Brückenschaltung.

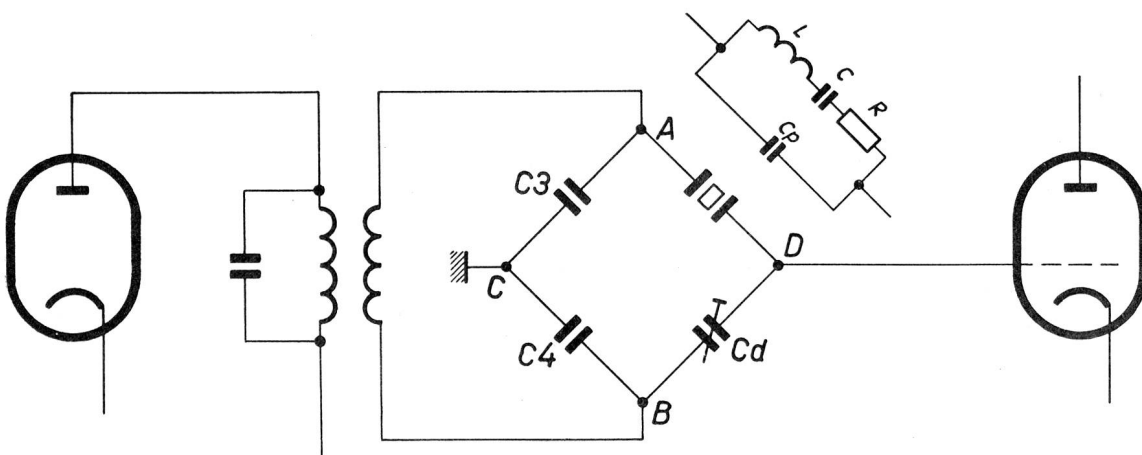


Fig. 3. Prinzipschema der Quarzbrückenschaltung.

Bei der nach Fig. 3 dargestellten Brückenschaltung handelt es sich um eine Hochfrequenzbrücke. Analog der Gleichstrom-Brücke lautet die Brückengleichung für Ausgangsspannung $U_{C-D} = 0$

$$z_Q \cdot z_4 = z_d \cdot z_3 \quad (4)$$

Die Impedanzen z sind komplexe Größen, deren Vektoren auch mit $Ze^{j\varphi}$ angeschrieben werden können. Die Gleichung heisst dann:

$$z_Q \cdot e^{j\varphi_Q} \cdot z_4 e^{j\varphi_4} = z_d \cdot e^{j\varphi_d} \cdot z_3 \cdot e^{j\varphi_3}$$

oder

$$z_Q \cdot z_4 \cdot e^{j(\varphi_Q + \varphi_4)} = z_d \cdot z_3 \cdot e^{j(\varphi_d + \varphi_3)}$$

Diese beiden Vektoren können nur gleich sein, wenn sie sowohl in Betrag als auch in Phase übereinstimmen. Also können wir schreiben:

$$z_Q \cdot z_4 = z_d \cdot z_3 \quad (5)$$

$$\varphi_Q + \varphi_4 = \varphi_d + \varphi_3$$

Wie aus Fig. 3 hervorgeht, verhält sich der Quarz unterhalb der Serienresonanz ω_s und oberhalb der Parallelresonanz ω_p wie eine Kapazität (frequenzabhängige Kapazität).

Da die Verlustwiderstände aller Brückenarme gegenüber den Kapazitäten sehr klein — und somit auch die Phasenwinkel — sind, können wir für die Brückenabgleichbedingungen ohne grossen Fehler schreiben:

$$C_Q \cdot C_4 = C_d \cdot C_3 \quad (6)$$

Wir erkennen also, dass die Quarzbrückenschaltung unterhalb der Serie- als auch oberhalb der Parallelresonanz abgeglichen werden kann. Kein Abgleich ist zwischen den beiden Resonanzen möglich; es tritt also eine Ausgangsspannung auf. Im weiteren dürfen sehr nahe an ω_s und ω_p die Phasenbedingungen nicht unberücksichtigt gelassen werden, da ja sowohl der Quarz als auch die Kondensatoren nicht verlustfrei sind. Durch zusätzliche Kapazitäten parallel zu C_p wird die Parallelresonanz auf einige Hz an die Serienresonanz gebracht. Durch Verändern von C_d wird der

Brückenabgleich in einem weiten Bereich unterhalb ω_s und oberhalb ω_p möglich.

Die Durchlasskurven einer solchen Quarzbrücke gehen aus Fig. 4 hervor:

Diese Unterlagen zeigen klar, wie das Quarzfilter zur Unterdrückung von störenden benachbarten Sendern eingesetzt werden kann. Liegt z. B. ein benachbarter störender Sender in seiner Frequenzlage ober- oder unterhalb des gewünschten Senders, so wird die Brücke auf den Störer (2) abgeglichen (Sperrresonanz), während der gewünschte Sender auf die Durchlassfrequenz (1) abgestimmt wird. (Fig. 4a oder 4c). Sind ober- und unterhalb des zu empfangenden Senders Störer vorhanden, so wird das Quarzfilter am vorteilhaftesten auf symmetrischen Durchlass (Fig. 4b) eingestellt.

4. Das Quarzfilter im E-627

4.1 Die Anordnung des Quarzfilters

Das Quarzfilter liegt am Eingang des ZF-Kanals zwischen Misch- und 1. ZF-Röhre. Dies ist zweckmässig, indem hier die Amplituden am kleinsten sind und alle Störsignale gleich am Anfang des ZF-Verstärkers ausgesiebt werden. Ausserdem ist die Brückenschaltung mit dem Bandbreitumschalter kombiniert. Aus den Figuren 5, 6 und 7 geht der Aufbau hervor.

Fig. 5 zeigt wie die Bandbreite-Umschaltung «Schmal» «Breit» funktioniert. Die beiden Kreise Q F1 und Q F2 sind auf Stellung «Breit» über die Kapazitäten C35//C36 gekoppelt. In diesem Falle ist die Kopplung überkritisch, was eine breite Durchlasskurve des ZF-Kanals zur Folge hat. In der Stellung «Schmal» ist jedoch nur noch die Kapazität C36 wirksam. In diesem Fall tritt kritische Kopplung auf und die ZF-Durchlasskurve wird schmal. Der Trimmer C40 dient zur Korrektur der Abstimmung des Kreises Q F2.

In Fig. 6 ist die Brückenschaltung des Quarzfilters dargestellt. Die Brückenabstimmung erfolgt über den Differentialkondensator C37. Mit dem Trimmer C39 wird bei symmetrischer Stellung von C37 die Durchlasskurve des ZF-Kanals symmetrisch eingestellt.

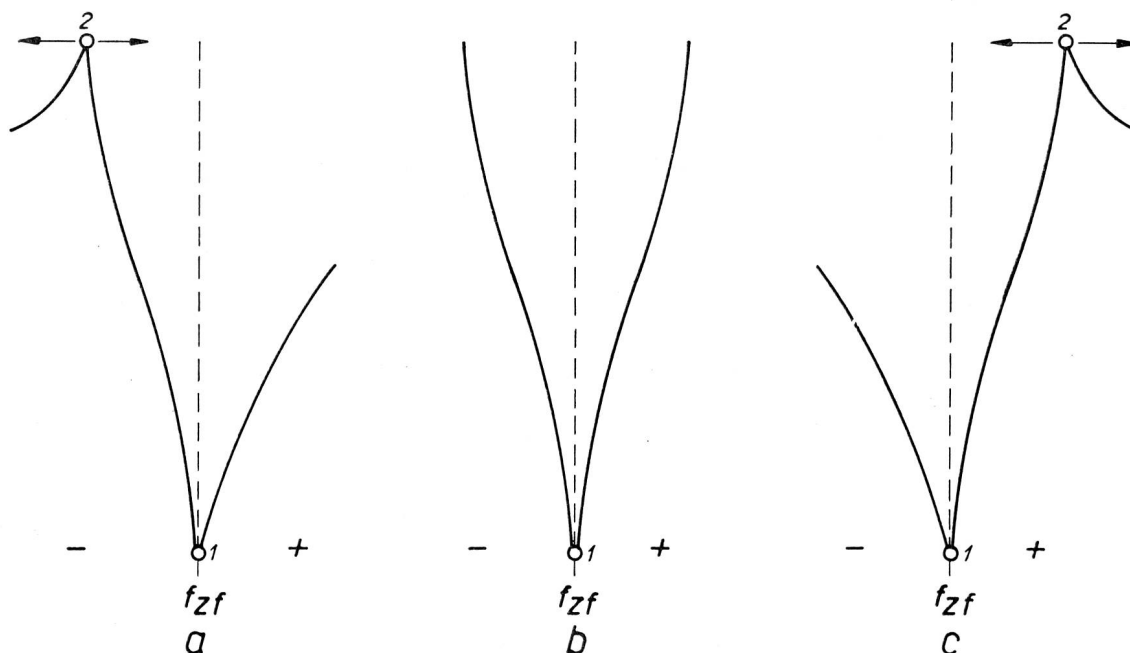


Fig. 4. Durchlasskurven für Quarzfilterbrücke

- a) Brückenabgleich unterhalb ω_s
- b) Brückenabgleich zwischen ω_s und ω_p
- c) Brückenabgleich oberhalb ω_p

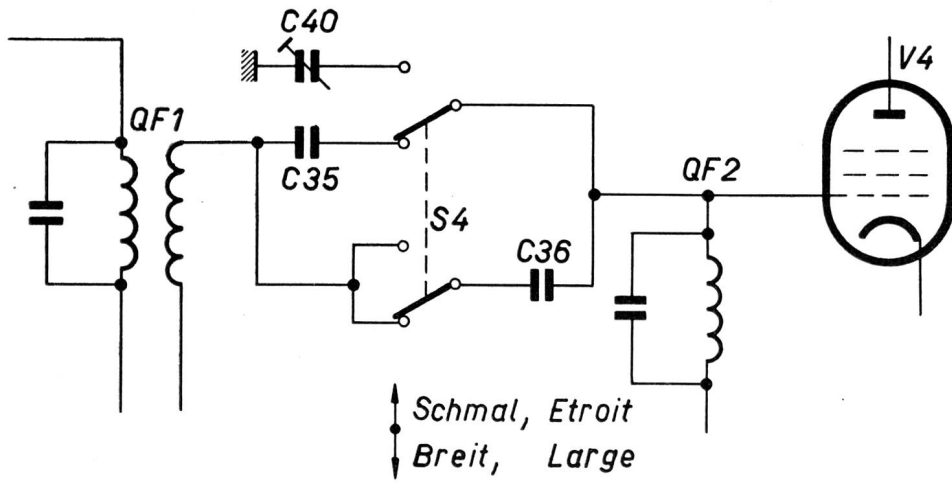


Fig. 5. Prinzipschaltung für Umschaltung «Schmal—Breit».

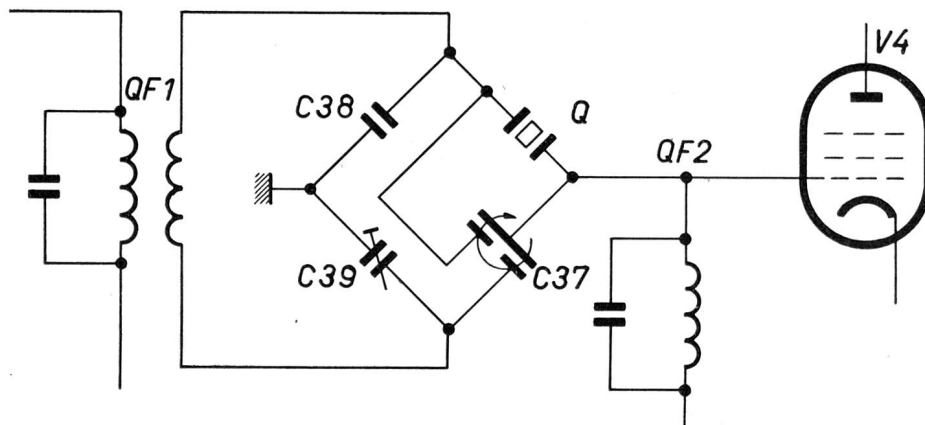


Fig. 6. Prinzipschaltung für Quarzfilterbrücke

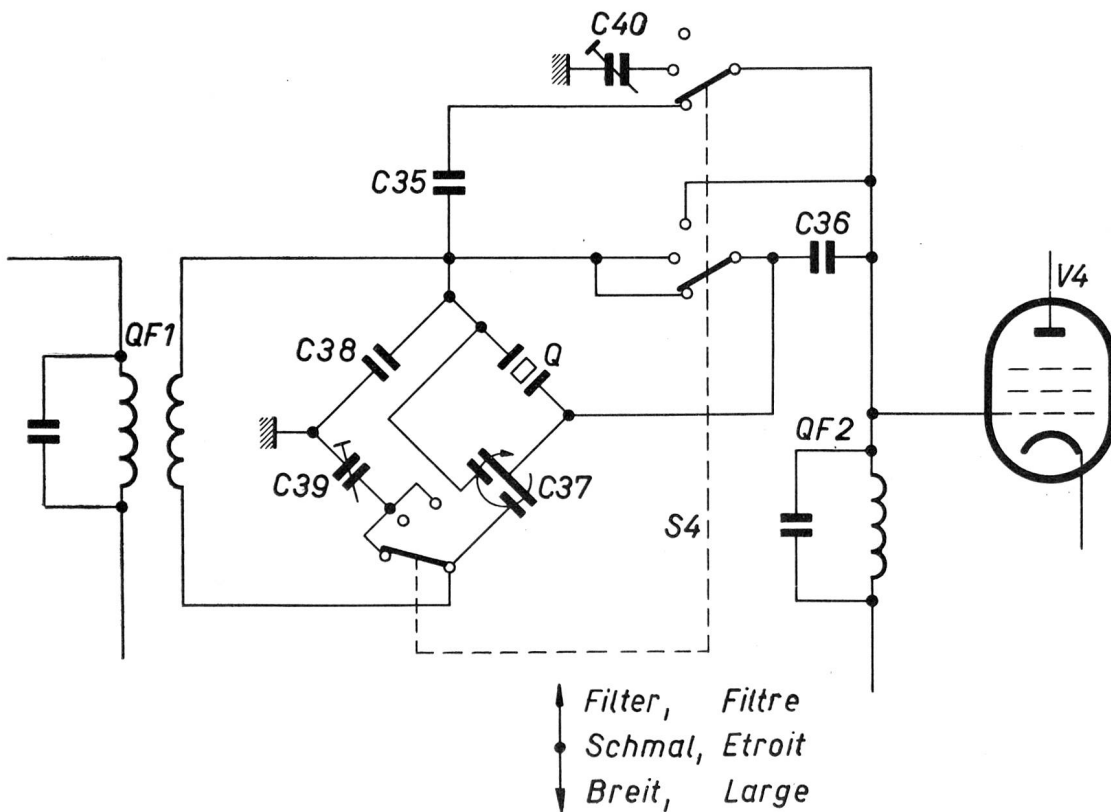


Fig. 7. Kombination der Schaltungen Fig. 5 und 6.

Fig. 7 zeigt schlussendlich die Kombination der beiden Schaltungen.

4.2 Technische Daten des Quarzfilters

a) Symmetrische Einstellung (Bedienungsknopf O)

Durchlassdämpfung für	\pm 250 Hz	18 db
	\pm 500 Hz	25 db
	\pm 1000 Hz	33 db

b) Frequenzlage und Dämpfung der Sperresonanz (gegenüber der Durchlassresonanz 455 kHz)

Stellung des Einstellknopfes	1	+ resp. -250 Hz	54 db
	2	+ resp. -150 Hz	38 db
	3	+ resp. -100 Hz	32 db

Zwischen den Stellungen 1 und 0 lässt sich die Sperrresonanz auf bis ca. + resp. -5000 Hz verschieben. Die Frequenzlage der Sperresonanz beeinflusst in keinem Falle diejenigen der Durchlassresonanz von 455 kHz.

4.3 Einstellung des Quarzfilters im praktischen Betrieb

Sofern man sich die Wirkungsweise des Quarzfilters richtig vorstellt, wird die Bedienung desselben äusserst einfach. Das systematische Vorgehen für den Empfang eines Telegraphiesenders A1 geschieht in folgender Weise:

1. «Antifading» Aus. Dadurch wird der Empfänger voll empfindlich; ebenso wird die bei A1-Betrieb störende Zeitkonstante der Fading-Regelspannung ausgeschaltet. Ausserdem wird bei genügender Antennenspannung in den Zeichenlücken das Rauschen unterdrückt.

2. «Empfindlichkeit 10», was maximale Empfindlichkeit bewirkt.

3. «Tg-Überlagerer» 0, womit der Telegraphie-Überlagerungs-Oszillator eingeschaltet und auf die Frequenz 455 kHz (Empfänger-Zwischenfrequenz) abgestimmt wird.

4. «Bandbreite», Schmal. Mit dieser Bandbreite-Einstellung wird der gewünschte Sender gesucht.

5. Mit Knopf Abstimmung gewünschter Sender auf max. Ausschlag am Instrument oder auf Schwebungslücke. Dabei wird in üblicher Weise wie beim Abstimmen auf eine A3-Sendung vorgegangen.

6. «Empfindlichkeit» so regulieren, dass Zeigerausschlag am Instrument ungefähr in Skalamitte. Durch diese Ein-

stellung wird ein Übersteuern des ZF-Verstärkers verhindert. Im weitern sind bei dieser Einstellung die an der Demodulationsdiode liegende ZF-Spannung sowie die Tg-Überlagerspannung gleich gross, was einen hohen Modulationsgrad zur Folge hat.

7. «Tg-Überlagerer» auf angenehmen Überlagerungston. Durch Drehen an diesem Bedienungsknopf kann die Frequenz des Tg-Überlagerer-Oszillators um ca. \pm 3 kHz verändert werden. Die günstigste Einstellung dürfte bei einem Überlagerungston von ca. 1 kHz liegen. Bei Kopfhörer-Betrieb ist es zweckmässig, die Frequenz des Überlagerungstones auf eine Resonanzspitze des Hörers zu legen, was unter Umständen eine wesentliche Selektionssteigerung zur Folge hat.

8. «Lautstärke» auf normale Widergabelautstärke. Ganz allgemein wird bei kleiner Lautstärke das Ohr weniger rasch ermüdet. Ebenso sind keine Gehörschäden zu erwarten.

9. Eventuell 5...8 wiederholen.

Wenn starke Störungen durch benachbarte Sender oder atmosphärische Einflüsse vorhanden sind:

10. «Bandbreite» auf «Filter». Dadurch wird die Empfänger-Bandbreite extrem schmal und somit die Selektivität sehr gross. (Siehe Fig. 4 sowie Abschnitt 4.2.)

11. «Kristallfilter» (Brückenabgleich) auf «O». Dies bewirkt eine symmetrische Durchlasskurve (Fig. 4b).

12. Knopf «Abstimmung» mit Feintrieb um kleine Beträge drehen bis für den gewünschten Sender max. Lautstärke resp. max. Zeigerausschlag am Instrument auftritt. Eventuell auch «Empfindlichkeit» und «Tg-Überlagerer» nachregulieren.

13. Sofern noch Überlagerungsstörungen vorhanden sind, mit Knopf «Kristallfilter» die Sperresonanz des Quarzfilters auf den störenden Sender abstimmen. Durch Drehen dieses Knopfes wird die Frequenzlage der Sperresonanz des Quarzfilters verändert (Fig. 4a resp. 4c Punkt 2). Eventuell auch «Empfindlichkeit» und «Tg-Überlagerer» nachregulieren.

Adresse des Autors:

Hans Blöchliger, Ing., c/o Autophon AG., Solothurn

Installation de réception à ondes courtes E-627

Les nombreuses possibilités d'utilisation d'un récepteur à ondes courtes obligent le constructeur à créer un appareil adapté d'une manière optimale au genre d'emploi prévu. En collaboration étroite avec le service technique militaire et après plusieurs années d'intensives recherches, Autophon S.A. à Soleure a mis au point l'installation E-627 décrite ci-après. Les expériences faites avec les récepteurs E-600 (E39), E-602 (E44) et E-603 (E45) ont pu être mises en valeur et ont été d'une grande utilité lors des études.

Les exigences fixées au constructeur sont les suivantes:

1. Aptitudes pour l'emploi en campagne dans les services d'écoute ou de station.
2. Qualités de réception très poussées.

3. Dimensions et poids réduits.

4. Manipulation simple. Suppression de tous éléments de commande non indispensables.

5. Construction simple et claire. Accessibilité maximum de tous les éléments de circuits.

6. Grande sécurité de fonctionnement.

7. Alimentation-réseau et par accumulateurs avec faible consommation.

Seul un habile compromis permet la réalisation de toutes ces exigences.

La conception de l'installation de réception E-627 est telle qu'elle tient compte de ces données; les caractéristiques qui suivent le prouvent.

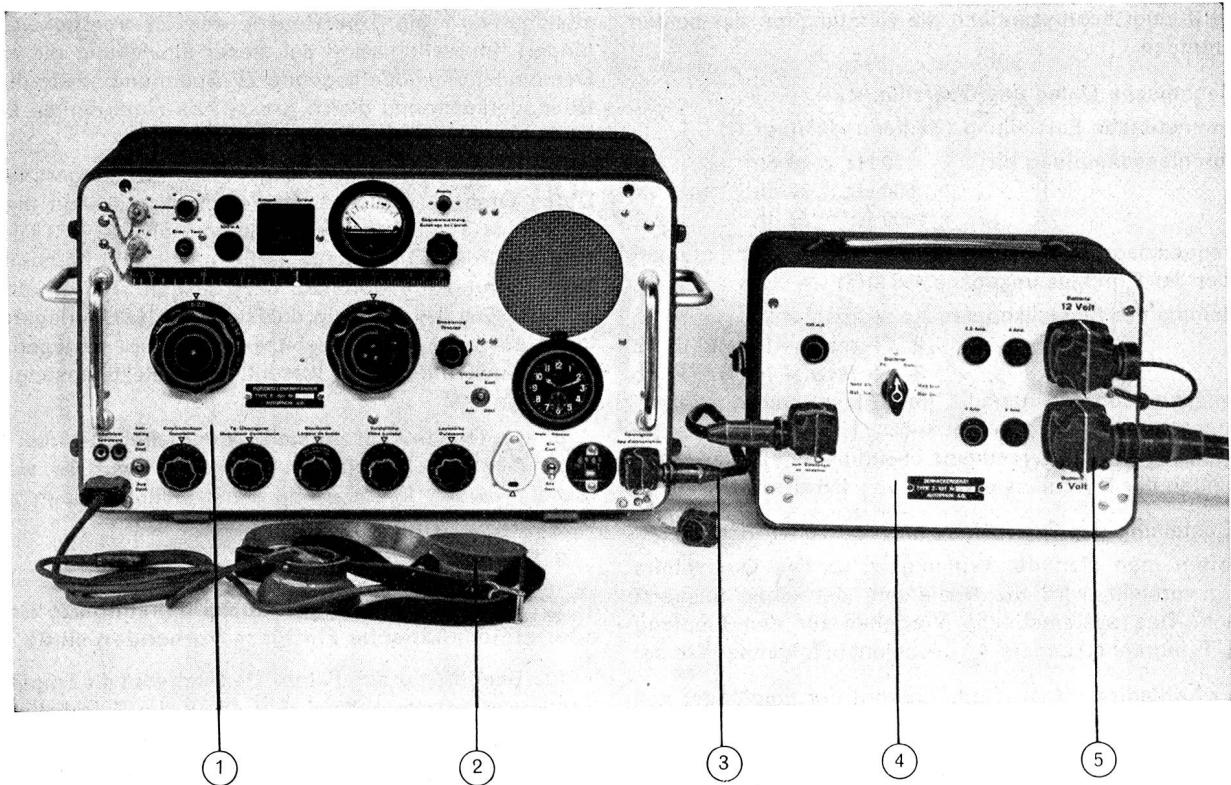


Fig. 1. Installation de réception E-627 1 Récepteur E-627 2 Ecouteurs 3 Câble de liaison 4 Vibreur Z-627/1 5 Raccordement-batteries

Caractéristiques

Gamme de fréquences:

1,5...32 Mc/s

réparties en 6 bandes

Bande 1 1,5...2,5 Mc/s

Bande 2 2,5...4,1 Mc/s

Bande 3 4,1...7,0 Mc/s

Bande 4 7,0...11,5 Mc/s

Bande 5 11,5...19,2 Mc/s

Bande 6 19,2...32,0 Mc/s

Genre de service:

Télégraphie non modulée A1

Télégraphie modulée A2

Téléphonie A3

Appareil enregistreur de Hell A4

Manipulation par déplacement de fréquence

(avec appareil auxiliaire) F 1

Précision de l'étalonnage:

meilleure que $\pm 3\%$

stabilité de fréquence pour une variation de température

de $-20...+40^{\circ}\text{C}$:

meilleure que $\pm 2\%$

Sensibilité:

relative pour un rapport signal-souffle de 10 db et ab-

solue pour 50 mW et un taux de modulation de 30%

meilleur que $1\ \mu\text{V}$

Sélectivité:

réglage de la largeur de bande sur 3 positions

Filtre à quartz, étroit, large

sur la position «étroit» et pour $\pm 10\ \text{Kc/s}$:

supérieure à 60 db

Largeur de bande:

sur la position «large» et pour $\pm 3\ \text{Kc/s}$:

inférieure à 3 db

Borne d'antenne:

Entrée 70 ohm asymétrique

Sortie BF:

Haut-parleur (incorporé) 1,5 W

Ecouteurs (2 bornes) 20 mW

Limiteur de parasites:

Monté en permanence. Agit particulièrement contre les perturbations par impulsions.

Sortie F1:

70 ohm $3\ \text{mV} \pm 20\%$ de $1...10^5\ \mu\text{V}$

$f = 455\ \text{Kc/s} = \text{MF}$

Pilotage quartz:

En cas de nécessité l'oscillateur peut être piloté par quartz dont la fréquence est égale à la fréquence de réception + 455 Kc/s.

Alimentation:

Au réseau 110...250 V/40...60 c/s

consommation: 55 W

Par accumulateurs 6/12 V (avec vibreur Z-627/1)

sous 6 V: 7,5 A

sous 12 V: 3,8 A

Dimensions:

	Installation E-627	Récepteur E-627	Vibreur Z-627/1
hauteur	350 mm	275 mm	217 mm
largeur	665 mm	510 mm	320 mm
profondeur	525 mm	260 mm	175 mm
Poids	46,6 kg	19,8 kg	4,7 kg

Equipement de l'installation de réception

Une caisse robuste contient tous les appareils et accessoires ainsi que des pièces de rechange.

Une installation se compose de:

1 récepteur E-627; 1 vibreur Z-627/1 pour accumulateurs 6 ou 12 V; 1 câble de réseau, 1 câble de batterie, 1 câble de liaison, 1 prise combinée; 1 planchette avec les accessoires d'antenne; 1 piquet de terre, 1 bride de terre; 2 écouteurs doubles, 1 jeu de lampes de réserve, 1 vibreur de réserve ainsi que des fusibles de réserve.

Construction de l'installation de réception E-627

1° Le récepteur E-627

Le récepteur hétérodyne se compose des parties HF, MF et BF ainsi que de l'alimentation et de la plaque frontale. Le boîtier est en tôle d'acier munie d'un couvercle.

La partie HF

comprend un amplificateur HF à 2 étages, un étage oscillateur, un étage mélangeur et un condensateur variable à 4 paquets. Un «révolver» contient les jeux de bobines pour chaque bande de fréquences. Cette disposition permet d'obtenir une très grande stabilité tout en n'employant que peu de place et en permettant un montage relativement simple. Le problème des contacts a été l'objet de la plus grande attention. L'emploi de matériaux de haute qualité garantit une grande sécurité de fonctionnement même lorsque le récepteur n'a pas été employé durant un grand laps de temps. L'entraînement du revolver des bobines se fait au moyen du sélecteur de bande. En manipulant ce dernier, le tambour des échelles prend automatiquement la bonne position. Un jeu d'engrenages assure l'entraînement du condensateur variable au moyen d'un dispositif d'entraînement «grossier-fin». Tous les circuits HF sont à compensation de température.

La partie MF

se compose d'un filtre à quartz commutable*), de 2 étages d'amplification MF, d'un oscillateur hétérodyne pour la télégraphie, d'un étage limiteur et séparateur pour la sortie F1 et d'un étage de démodulation. Le démodulateur est combiné avec un limiteur de parasites agissant contre les perturbations par impulsions.

L'oscillateur hétérodyne pour la télégraphie travaille sur la diode de démodulation. La haute stabilité de la fréquence est obtenue par une compensation adéquate de la température. Le voltmètre à lampe permet d'apprécier ou, à l'aide d'un émetteur, d'étalonner la tension HF à l'entrée d'antenne. Tous les circuits MF sont à compensation de température.

La partie BF

est un amplificateur à 2 étages qui peut être chargé par le haut-parleur incorporé ou par les écouteurs. Il est également possible de brancher à la sortie des appareils tels que téléscripteur ou autres.

La partie alimentation

contient le transformateur de réseau, un étage de redressement avec le circuit de filtrage créant la tension d'anode, un stabilisateur à décharge maintenant constante la tension d'anode de l'oscillateur de réception et du voltmètre à lampe. Une prise multiple permet d'alimenter par des batteries d'accumulateurs 6/12 V. Le vibreur Z-627/1 est branché à cette prise.

2° Le vibreur Z-627-1

Tout comme le récepteur, le vibreur est monté dans un solide boîtier en tôle d'acier. Il se compose du vibreur proprement dit, du redresseur, de la commutation par relais, du filtre anti-parasites et de la plaque frontale.

La commutation de la tension de batterie de 6 V à 12 V se fait par la connexion du câble d'alimentation.

*) Le filtre à quartz du récepteur E-627 est traité dans un article séparé

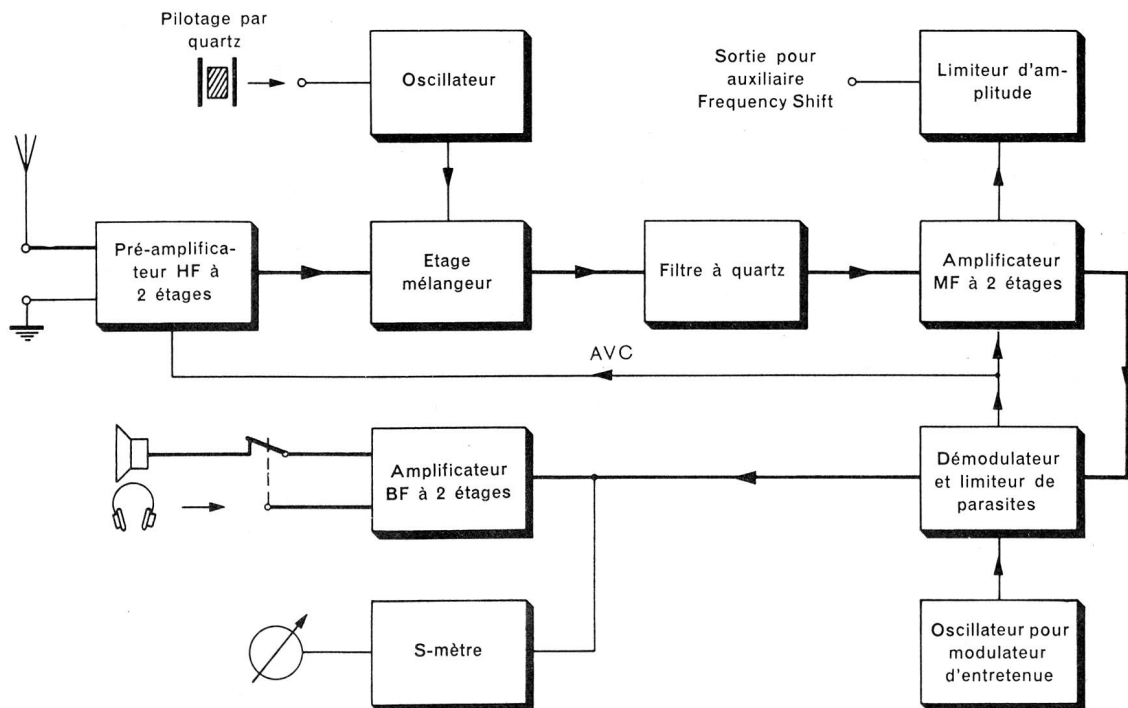


Fig. 2. Installation de réception

Les filaments de chauffage des lampes de réception (montage en parallèle ou en série-parallèle) sont branchés directement sur la batterie. 2 relais permettent une commutation rapide de l'alimentation lors du passage du réseau aux batteries. Le bobinage secondaire du transformateur du vibreur travaille sur un redresseur au sélénium. Le circuit de filtrage est celui monté dans le récepteur.

Mise en service

Il faut tenir compte, dans le choix de l'emplacement, que les meilleurs résultats sont obtenus lorsque l'antenne est montée à un endroit dégagé et proéminent. Eviter le montage aux environs immédiats de sources perturbatrices (fabrique, voie, ferrée, routes à circulation intense, etc.). Pour la réception d'ondes plus courtes que 30 m (en dessus de 10 Mc/s) faire attention aux propriétés de propagation (éviter les «ombres»). Ne pas monter l'antenne de réception aux environs immédiats d'antennes d'émission. En employant un relais d'antenne une seule antenne est nécessaire pour l'émission et la réception. En intercalant un amplificateur d'antenne, il est possible de brancher plusieurs récepteurs à la même antenne.

Alimentation

Elle se fait au réseau ou par batteries de 6 ou de 12 V. On peut employer le réseau civil ou un groupe. Dans l'emploi comme station mobile d'émission — réception, il est utile de prévoir les deux genres d'alimentation, par réseau et par batterie. Lors de pauses prolongées l'émetteur et le groupe seront déclenchés. L'alimentation du récepteur se fera alors au moyen de la batterie de station. La commutation

de l'alimentation réseau-batterie se fait au moyen du commutateur monté sur la plaque frontale du vibreur.

La manipulation du récepteur est excessivement simple. Nous dirons encore quelques mots concernant les manipulations peu usitées:

- a) Si le récepteur est **piloté par quartz**, la fréquence cristal doit être de 455 Kc/s supérieure à celle de réception. On introduit le quartz dans la prise prévue à cet effet sur la plaque frontale. Le réglage du récepteur s'effectue sur la fréquence de réception. Bloquer l'entraînement.
- b) Emploi de l'**appareil auxiliaire F1**. Le récepteur est à piloter par quartz. Brancher l'appareil auxiliaire à la borne marquée F1 en employant un câble coaxial. Largeur de bande sur «Large», antifading sur «Encl.». Modulateur d'entretien «Décl.», puissance «O».

Service «ETK-R»

La connexion d'un téléscripateur ETK se fait aux bornes pour écouteurs du récepteur, directement ou sur une ligne de transport. Pour assurer une grande sécurité de télé-scription avec de faibles tensions à l'antenne, régler le récepteur de la manière suivante: Antifading «Décl.», sensibilité «10». Le potentiomètre de puissance doit être réglé de façon telle que l'amplificateur BF du récepteur **ne soit pas surmodulé**. (Potentiomètre sur les positions 5...7. Effectuer un contrôle au haut-parleur ou avec les écouteurs, la puissance devant être «normale».)

Largeur de bande «Etroite».

Des signaux accompagnés d'un fort souffle sont également bien captés.

Adresse de l'auteur:

Hans Blöchliger, ing. c/o Autophon S.A., Soleure.

Wellenausbreitung und Absorption

1. Einleitung

Im Dezemberheft des «Pionier» 1956 wurde anhand einer grösseren Untersuchung gezeigt, wie interessant selbst bei Kleinfunkgeräten die Ausbreitungsprobleme werden können. Mit der vorliegenden Studie habe ich nun erneut die Absicht, einen für das Verständnis der Kleinfunk-Technik geeigneten Beitrag zu leisten. Es werden indessen die seinerzeit in den Kapiteln 1—3 gemachten Ausführungen als allgemein bekannt vorausgesetzt und nur noch in Bezug auf das heutige Hauptproblem erweitert und ergänzt.

Nachdem uns vor Jahresfrist die Funkverhältnisse im Hochalpengebiet zur Genüge abgeklärt erschienen, wurde in unserem «Intelligenzverein» sofort auch die Frage laut, mit welchen Umständen denn überhaupt in der näheren Umgebung, d. h. im bernischen Mittelland und Jura, zu rechnen sei. Die Vermutung, dass die Absorption als massgebender Faktor auftreten werde, wollte denn auch genau bewiesen sein und man beschloss deshalb, im Rahmen einer speziellen Übung (fachtechnischer Kurs), näher auf diese Fragen einzutreten.

So findet die nachfolgende Arbeit ihre Ursache in einer Aktion, die auf das Drängen der Mitglieder selbst im Schosse der Sektion Biel des EVU durchgeführt wurde, um sich einerseits gründlich mit dem Wesen dieser Feldschwächung vertraut zu machen, sowie andererseits auch um die nötigen

Unterlagen für die richtige Ausbildung und Führung unserer Funkhilfegruppe zu erhalten. Der Bericht erhebt keineswegs Anspruch auf Wissenschaftlichkeit; vielmehr sollen damit weitere Kreise — nicht zuletzt auch militärische — ermuntert werden, unter demselben Motto «aus der Praxis — für die Praxis», in ähnlicher Weise ihre Studien durchzuführen.

2. Theoretische Grundlagen

Zunächst erhob sich für uns die Frage, wie die Versuche überhaupt zweckmässig genug angeordnet werden können, um gleich im ersten Anhieb auf ein erspriessliches Resultat zu gelangen. So wurde denn auch sofort nach geeigneter Literatur Umschau gehalten, wobei jedoch für UKW-Nahverbindungen nichts spezielles zu finden war. Erst der Ansatz, dass die Raumwelle bei Frequenzen um 25 MHz praktisch nicht mehr reflektiert werde, erlaubte uns den ersten Schritt.

Sobald nämlich bei einer Funkverbindung nur noch mit der Bodenwelle zu rechnen ist, dürfen wir ohne weiteres die im Mittelwellengebiet klassischen Formeln zur Berechnung der Feldstärke übernehmen. Für die Praxis müssen dann lediglich die höhern Frequenzen, sowie einige mitunter erheblich in Erscheinung tretende Umwelts-Einflüsse wie Reflexionen an Objekten und Feldverzerrungen berücksichtigen.

sichtigt werden. Die Wirkung der Absorption selbst ist in den Figuren 1 und 2 schematisch dargestellt:

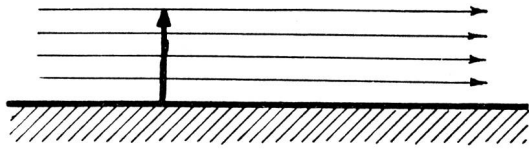


Fig. 1. Ausbreitung ohne Absorption: das Senderfeld wird bei der Ausbreitung längs des Erdbodens nicht geschwächt, die Feldstärke-Änderung ist lediglich bedingt durch die Entfernung vom Sender.

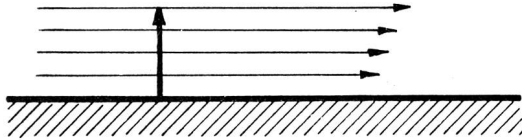


Fig. 2. Ausbreitung mit Absorption: die Bodenwelle wird stark geschwächt. Massgebende Grösse hierfür sind die elektrische Leitfähigkeit des Erdbodens, die besonders stark variieren kann, sowie die Dielektrizitätskonstante.

Bei der Berechnung des durch die Bodenwelle erzeugten Feldes geht man nun so vor, dass man zunächst jeglichen Absorptionseinfluss vernachlässigt. Es gilt somit für einen Ort im Abstand D_{km} vom Sender die bekannte Formel*)

$$\mathcal{E} = \frac{300\sqrt{N_s}}{D} \quad (\text{mV/m}) \quad (\text{Formel I})$$

Die genaue Berechnung der durch die Absorption verminderten Feldstärke stösst nun allgemein auf Schwierigkeiten, die namentlich durch die elektrische Inhomogenität eines Geländeabschnittes erklärt werden müssen. Es ist nämlich so, dass die wichtigen Faktoren innerhalb sehr weiter Grenzen variieren können, andererseits auch stehen jeder genauen Feldstärkebestimmung selbst stets grosse Schwierigkeiten gegenüber. Es existieren somit verschiedene Näherungs-Verfahren, in welchen zumeist die nach obiger Formel I gefundenen Feldstärkewerte mit einem speziellen Dämpfungs- bzw. Schwächungsfaktor multipliziert werden.

Die Methode von «Austin-Cohen» zum Beispiel verwendet das Glied

$$e^{-\frac{\alpha D}{\sqrt{2}}} \quad (\text{Formel II})$$

welches als Dämpfungsfaktor bezeichnet wird. Hierbei wurden die Werte für den Absorptionskoeffizienten α aus Versuchen ermittelt und für die verschiedensten Geländearten angegeben. Indem man diesen entsprechend aufwertet ist es möglich, selbst jene Fälle annähernd zu erfassen, die durch ein leicht coupiertes Gelände eine schlechtere Ausbreitung zulassen werden (Fig. 3).

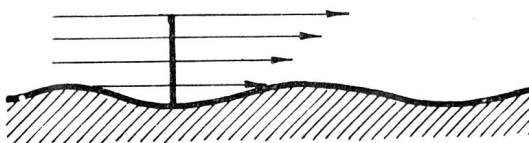


Fig. 3. Ausbreitung in leicht coupiertem Gelände. Die Dämpfung des Senderfeldes wird hier bedeutend mehr in Erscheinung treten, als z. B. nach Fig. 2.

*) Verzeichnis der Symbole am Schluss

Die Näherungsformel zur Berechnung der Feldstärke unter Berücksichtigung der Absorption lautet somit:

$$\mathcal{E} = \frac{300\sqrt{N_s}}{D} \cdot e^{-\frac{\alpha D}{\sqrt{2}}} \quad (\text{Formel III})$$

Wir werden für unsere Versuche ein kommerzielles Funkgerät verwenden, das mit möglichst konstanter Leistung und wenig unterschiedlichen Frequenzen arbeitet (SE 101). Daher dürfen die Unbekannten N_s und λ sofort als Konstante betrachtet werden und man erhält durch Zusammenfassen:

$$\mathcal{E} = \frac{C_1}{D} \cdot e^{-C_2 D} \quad (\text{Formel IV})$$

Parabel Exponentialkurve

Die entsprechende Kurve $\mathcal{E} = f(D)$ entsteht also durch Multiplikation der Ordinaten einer Parabel und einer Exponentialkurve. Es lässt sich deshalb schon jetzt aussagen, dass diese sehr stark abfallend sein wird. Durch Annahme der für α möglichen Werte lässt sich diese Kurve auch ohne weiteres berechnen und graphisch darstellen. Da wir jedoch über die Empfindlichkeit des Empfängers nicht weiter informiert sind, dient eine solche Untersuchung höchstens zur weiteren Veranschaulichung (Fig. 4).

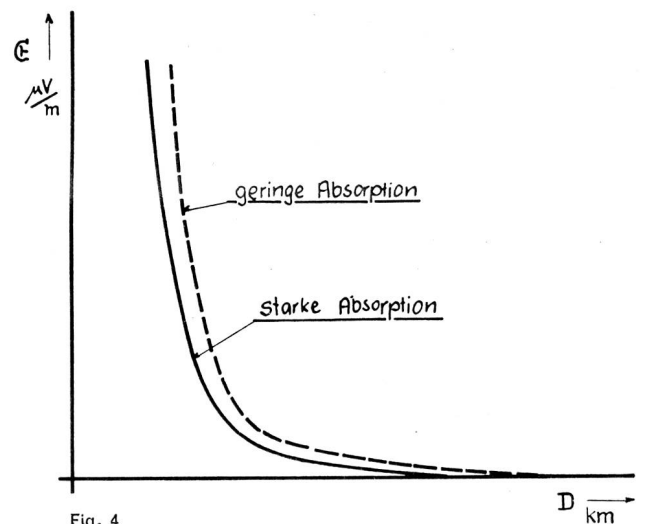


Fig. 4

In der Regel wird das Diagramm nach Fig. 4 mit logarithmischer Teilung für die Feldstärke gezeichnet. Andererseits aber ändern die Empfindungen aller menschlichen Sinnesorgane, also auch des Gehörs, annähernd mit dem Logarithmus des einfallenden Signals. Abgesehen vom Maßstabe müsste somit, bei linearer Teilung der Ordinatenachse und Auftragen der subjektiv empfundenen Hörbarkeiten, grundsätzlich dasselbe Bild entstehen.

Die kompetenten Autoren sind sich darin allgemein einig, dass es sich bei Feldstärkemessungen nur um Näherungswerte, wenn nicht sogar bloss um das Erfassen der richtigen Grössenordnung handeln kann. Aus diesem Grunde hatten wir zum vornherein darauf verzichtet, zu viel Zeit auf die exakte Messung von Feldstärke oder Hörbarkeit zu verwenden. Wie dies allgemein üblich ist, hätten wir im ersteren Fall bereits im Gerät selbst die Regelspannung abgreifen und in geeigneter Weise eichen müssen, was in Anbetracht der nicht eigenen Stationen unzulässig war. Weniger «interne» Schwierigkeiten wären indessen beim Barhausen'schen Messtelefon-Verfahren zu

erwarten gewesen, aber die Anzahl der damit auszurüstenden Geräte, sowie die längere Zeit für die Abwicklung einer Testverbindung liessen uns auch von dieser Methode absehen. So verblieb uns trotz allem nur noch die Möglichkeit der subjektiven Bewertung nach dem QSA- oder RSM-System. Die so erhaltenen Werte werden im nachfolgenden stets als Hörbarkeit bezeichnet, obschon dies eigentlich nicht der richtigen Definition entspricht.

3. Organisation

Aus dem oben gesagten geht hervor, dass in solchen Fällen stets mehr auf Häufigkeitsuntersuchungen denn auf genau gemessene Einzelresultate basiert werden kann. Wir waren somit gezwungen, sehr speditiv und trotzdem überlegt zu arbeiten, wenn wir die nötigen Unterlagen innert nützlicher Frist beschaffen wollten. Eine Wiederholung der Übung oder die Nachprüfung einzelner Verbindungen durfte zum vornherein nicht vorgesehen werden und auch die Auswertung konnte erst nach mehreren Tagen begonnen werden, sodass damit für die Organisation erhebliche Schwierigkeiten entstehen konnten, zumal auch, durch die örtliche Trennung bedingt, die gesamte Instruktion der Teilnehmer erst unmittelbar vor Übungsbeginn erfolgen konnte.

Trotzdem diese ungünstigen Faktoren den Prinzipien einer sauberen Arbeit sehr zuwiderlaufen, mussten sie wohl oder übel in Kauf genommen werden, wenn wir überhaupt mit einem geringen Aufwand an Zeit und technischen Mitteln zu einem Ziel gelangen wollten. So schritten wir denn am 29. Juni zur Durchführung, und es stellten sich hierzu ein Dutzend Mitglieder unserer Sektion zur Verfügung. Als «Exerzierplatz» diente das Gebiet Biel—Grosses Moos—Pieterlenmoos bis Solothurn, sowie Bucheggberg. Leider konnten uns nur 8 Stationen SE 101 zur Verfügung gestellt werden, was uns natürlich eine gewisse Beschränkung auferlegte.

Die Verbindungen erfolgten ausnahmslos nach einem vorgeschriebenen Turnus in Mehrfachnetzen mit verschiedenen Frequenzen. Die Standorte waren sorgfältig ausgewählt worden, um zum vornherein alle Spezialfälle möglichst auszuschalten. Jeder Standort wurde der Einfachheit halber mit einem Buchstabenindex (siehe QTH-Tabelle) bezeichnet, welcher gleichzeitig als Stationsrufzeichen (nach Buchstabiertabelle) verwendet wurde. Damit war für die spätere Auswertung eine grosse Vereinfachung gegeben, zumal auch für die Berichterstattung ein mit allen nötigen Informationen versehenes Rapportformular bestand.

Für die Durchführung der Übung, die insgesamt 4 Etappen (Standortwechsel) umfasste, wurde ein «längerer» Samstagnachmittag von 9 Stunden Dauer angesetzt. In dieser Zeit wurden an die 100 Versuchsverbindungen getestet. Dabei durften für jeden einzelnen Aufruf nur knappe 5 Minuten verwendet werden, was gewiss an alle Mitarbeiter ganz erhebliche Anforderungen stellte. Aber auch für die Dislokationen, die nach der Dufourkarte erfolgen mussten und ebenfalls zeitlich recht knapp angesetzt waren, war strikte Disziplin unerlässlich.

4. Auswertung des Tests

Auf Grund der erhaltenen Rapporte wurden zunächst jeweils die beiden zu einem einzelnen Test gehörenden Informationen zusammengestellt und auf ihre Wahrscheinlichkeit hin geprüft (keine stark voneinander abweichenden Rapporte; Reziprozitätsgesetz!) Schon hier mussten einige Angaben ausgeschieden werden, weil sie zu stark divergierten.

Die verbleibenden Resultate wurden hernach, je nach den Eigenschaften der einzelnen Übertragungsstrecken,

wie folgt in 5 grundsätzlich verschiedene Hauptkategorien eingeteilt:

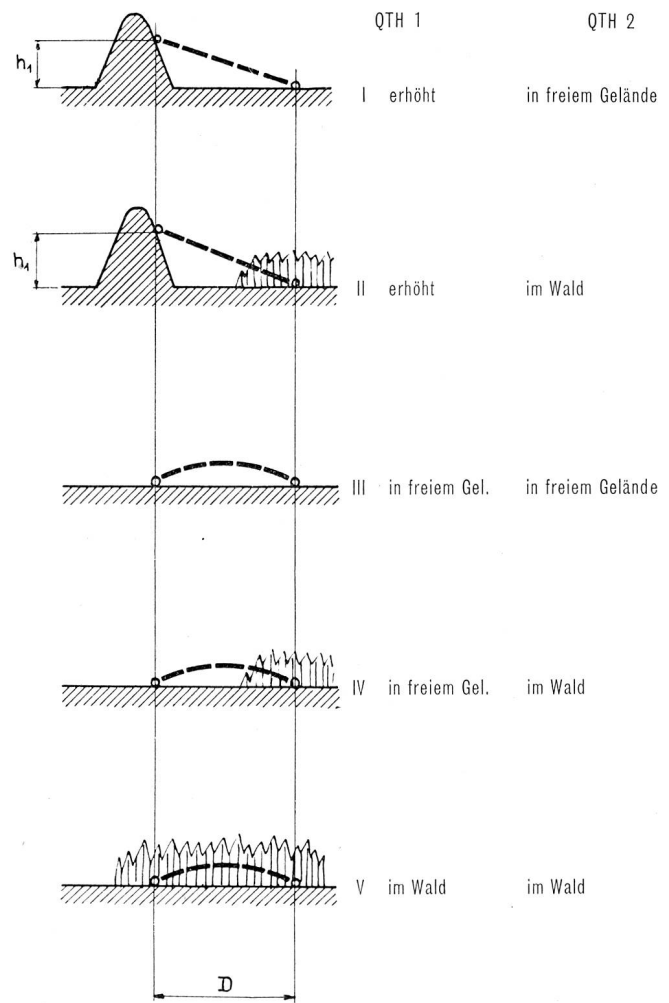


Fig. 5. Schema.

Diese grobe Unterteilung hätte aber nicht genügt, um bereits auf eindeutige Resultate zu kommen. Vielmehr mussten, um den verschiedenen Extremfällen und Streuungen gerecht zu werden, mit jeder Kategorie auch die beiden Varianten für

- a) günstige Geländeverhältnisse
- b) ungünstige Geländeverhältnisse

berücksichtigt werden. Selbstverständlich spielt bei den Kategorien I und II, wo wir es mit einem einseitig erhöhten Stationsstandort zu tun haben, auch dieser Faktor eine grosse Rolle, so dass sich als weitere Untergruppe die Ausscheidung von

- c) $h_1 = \text{Parameter}$

aufdrängte. Auf diese Weise konnten nun die von der Feldstärke direkt abhängigen Diagramme

$$H_{QSA} = f(D_{km})$$

für jeden einzelnen Fall gezeichnet werden. Nach all dem bisher Gesagten steht fest, dass eine gewisse Streuung unvermeidlich ist. Aus diesem Grunde wurde bewusst darauf verzichtet, die einzelnen Ergebnisse einer bestimmten Untersuchungs-Gruppe direkt unter sich zu verbinden. Vielmehr wurde der mögliche Verlauf der Kurve ganz allgemein durch eine Gerade dargestellt, die nach dem Grundsatz der kleinsten Summe der Abstandsquadrate schätzto-

metrisch zwischen die einzelnen in Frage kommenden Punkte eingelegt wurde.

Diese Annahme des ungefähr geradlinigen Hörbarkeits-Verlaufes kommt zwar einer groben Vereinfachung gleich; sie dürfte aber im Bereiche der übrigen Genauigkeit liegen. Diese Behauptung lässt sich nun auch durch Betrachtung der Kurvenform im Diagramm Fig. 4 erhärten. Wir haben es dort mit einem steil abfallenden Gebiet, einer Übergangszone und dem längs der Abszisse asymptotisch abklingenden Teil zu tun. Die Vermutung liegt nahe, dass wir mit unsern Messungen nur den ersten Teil erfassen können, da die andern beiden Kurvenstücke — man denke an den logarithmischen Maßstab für die Feldstärke — unterhalb der Empfindlichkeitsgrenze des Empfängers liegen. Wir dürfen somit ohne weiteres solange mit dieser Vereinfachung rechnen, als uns die Praxis nichts gegenteiliges aufzwingt. Gerade dadurch aber, dass wir jetzt einen Massstab haben für die Überwachung und Beurteilung unserer Funk-Ergebnisse, sind erst die für eine zielbewusste Arbeitsweise nötigen Voraussetzungen erfüllt. Wie dies schon im Zusammenhang mit den Hochalpen-Versuchen festgestellt wurde, müssen wir auch hier darauf bedacht sein, von jeder getätigten Verbindung künftighin die massgebenden Informationen zu notieren und damit unsere Unterlagen derart auszuschnaffen, dass sie schliesslich im Zusammenhang mit der topographischen Karte das einzige zur sichern Funkprognose benötigte Hilfsmittel darstellen werden. Dies wird uns im Laufe der Zeit dann auch erlauben, die feinern Einflüsse wie sie zum Beispiel das Wetter oder die verschiedenen Jahreszeiten ausmachen mögen, richtig zu erfassen, und an die Stelle der vorderhand vielleicht noch sehr schematischen Betrachtungsweise wird ein gut fundiertes, selbsterworbenes Wissen treten.

5. Diskussion der Resultate

Die erhaltenen Diagramme sind in den Figuren 6...13 dargestellt. Für jene Fälle, wo die beiden zu einer Verbindung gehörenden Rapporte nicht unbrauchbar-stark voneinander abwichen, wurde der durch sie begrenzte Streubereich mit einer strichlierten Linie markiert und das mittlere Resultat davon als richtig angenommen. Die Zweier-Buchstabengruppe bei jedem Messpunkt gibt an, um welche Verbindung laut QSA-Verzeichnis es sich hier bei handelt.

Die nun folgende Besprechung sei auf die wichtigsten Feststellungen beschränkt. Vielmehr soll es das beigegebene Standorte-Verzeichnis jedem Leser selbst erlauben, sich in die Feinheiten der Verbindungen zu vertiefen, wobei jedoch noch ein kleiner Vorbehalt gemacht werden muss. Da nämlich die starre zeitliche Staffelung absolut keine Verzögerungen erlitt, konnte in einzelnen Fällen eine Mannschaft nicht rechtzeitig den vorgegebenen Standort erreichen. Diese Abweichungen sind im QTH-Verzeichnis nicht speziell vermerkt, sie wurden jedoch bei der Auswertung der Resultate berücksichtigt.

In Fig. 14 ist nun schematisch eine Kurve dargestellt, wie wir sie aus unsern Versuchen allgemein erhalten haben. Ihre Steigung ist gegeben durch den Winkel α , d.h. durch das gegenseitige Verhältnis von ΔH zu ΔD . Wir schreiben also:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta H}{\Delta D} \quad (\text{Formel Va})$$

Beziehen wir nun diesen Ausdruck auf $\Delta D = 1$, so erhalten wir den Abfall der Hörbarkeit über einen Kilometer der betreffenden Bodenart. Die Steigung der Kurve gibt

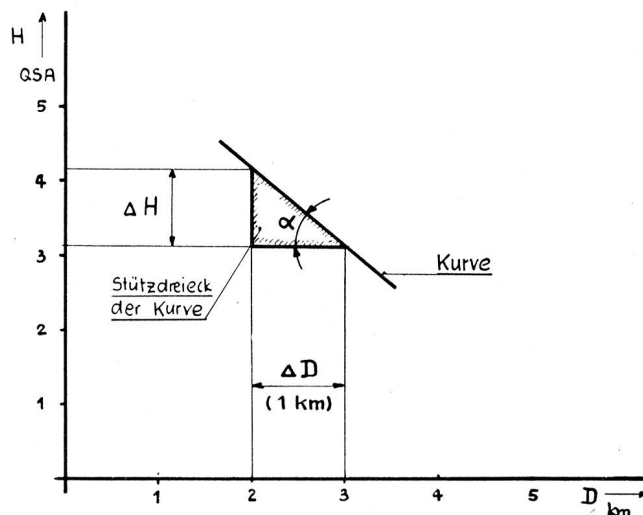


Fig. 14

uns somit ein gutes Mass für den relativen Hörbarkeits- (bzw. Feldstärke-) Abfall, und damit auch für die Absorption.

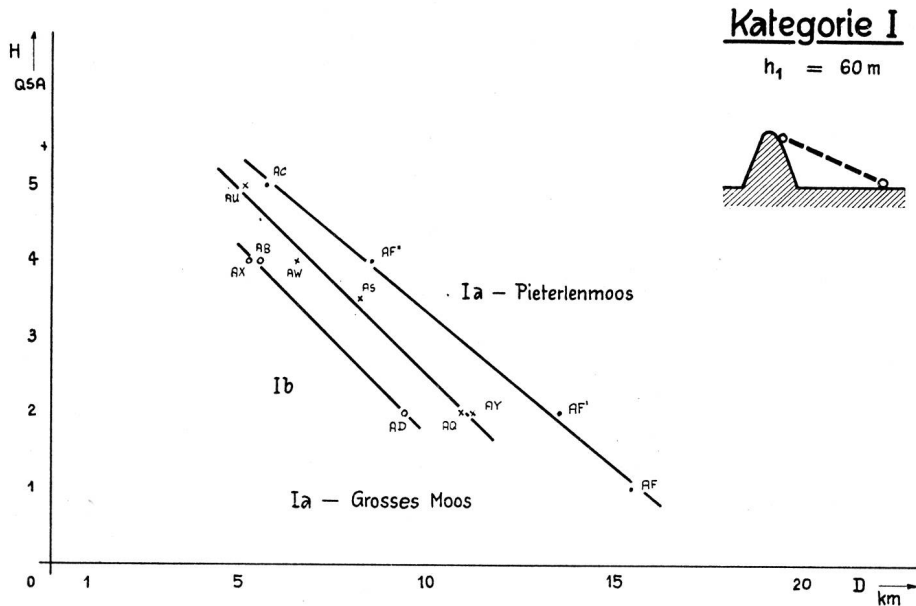
$$(\text{Formel VIa}) \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta H}{\Delta D}$$

$$(\text{Formel VIb}) \quad \operatorname{ctg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\Delta D}{\Delta H}$$

Standorte-Verzeichnis

A	585 350 / 221 550	Bunker, Jutzhübel
B	589 150 / 217 700	Petinesca bei Studen
C	589 850 / 218 050	Ober-Studen
D	594 250 / 223 950	Pt. 440, Strassenkreuz
E	597 200 / 225 800	Strassengabel S. Grenchen
F	599 950 / 226 400	bei Ettershof
G	606 450 / 227 600	Strassenkreuz SW. Solothurn
H	596 000 / 220 800	Strassengabel bei Oberbüren
I	598 350 / 221 150	Strassengabel SE. Rüti
J	601 900 / 223 300	Strassenkreuz S. Leuzigen
K	608 500 / 226 250	Strassengabel NW. Biberist
L	594 900 / 215 750	Strasse, höchster Pt., W. Janzenhaus
M	600 300 / 217 800	Strassenknie NE. Balm
N	603 900 / 219 400	Strassenknie N. Brittern
O	610 600 / 222 150	Waldecke, Strassenknie Pt. 471
P	592 900 / 218 900	Schloss Dotzigen
Q	576 100 / 201 800	Le Péage, Strassenkreuz
R	577 100 / 206 800	Strassen-Abzweigung E. Ried
S	581 400 / 205 500	Strassengabel NW. Fräschels
T	580 000 / 210 500	Strassenkreuz Pt. 449, SW. Hagneck
U	585 500 / 211 250	Strassenkreuz E. Gimmiz
V	589 600 / 212 350	Strassengabel SW. Lyss
W		Ober-Worben
X		Gottstadt-Ost
Y	Aarberg Nord	
Z		mobile Kommandostation

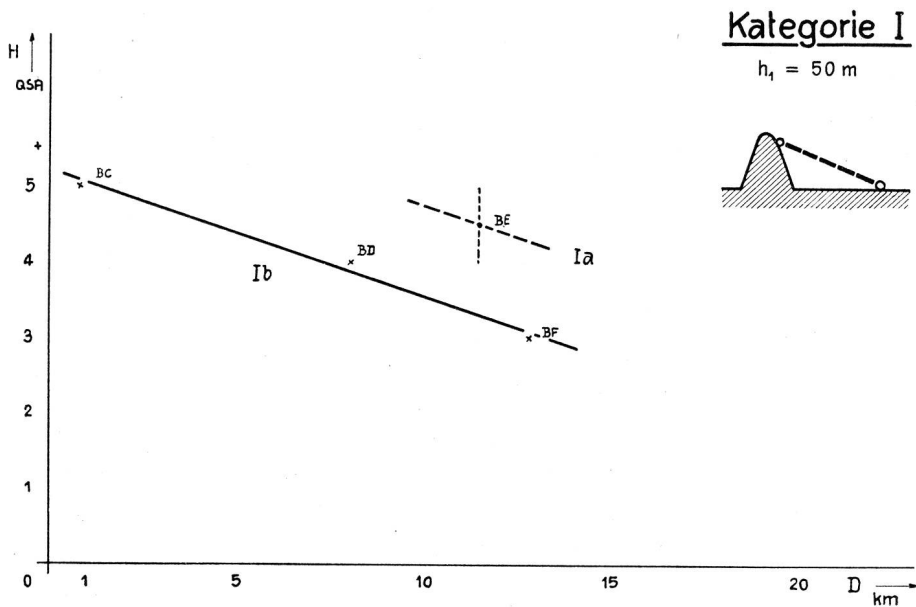
Kategorie I, Fig. 6...8. Nach logischem Ermessen müssten eigentlich hier die Funk-Ergebnisse mit steigender Überhöhung h_1 besser werden. Nun ist aber gerade das Gegenteil der Fall, und dies lässt sich nur erklären, wenn man alle nähern Umstände genau kennt:



Funkstandort A, Sendelokal Jutzhübel, $h_1 = 60 \text{ m}$.

Die Bedienungsmannschaft hatte auf dem Dach dieses Eisenbeton-Bunkers Platz genommen und das Gerät kurzerhand auf den Boden gestellt! Aber auch aus weitem Überlegungen muss dieser Standort als nicht eben geeignet betrachtet werden: Feldstörung durch Häusergruppen, benachbarte Starkstromleitungen, Antennenanlage mit metallischen Abspannseilen, unmittelbare Stadtnähe.

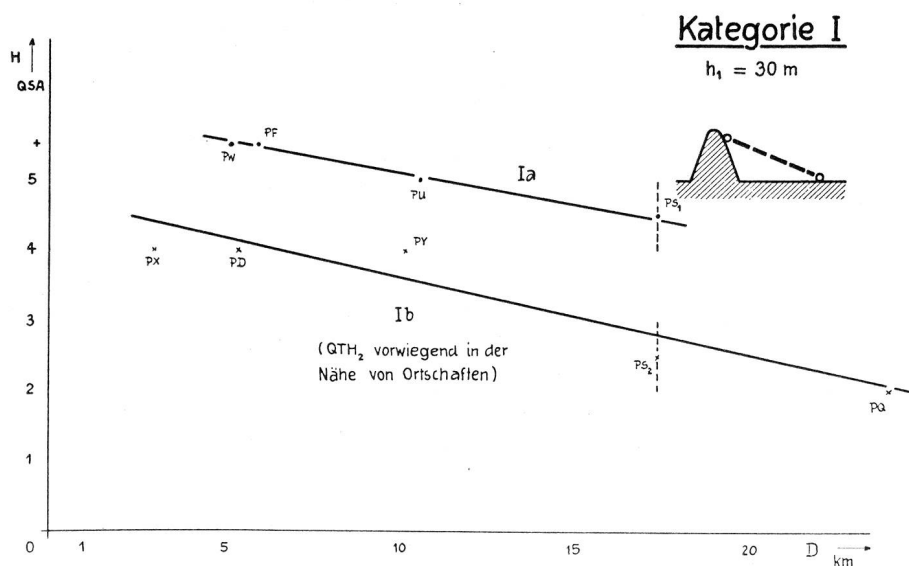
Fig. 6



Funkstandort B, Petinesca bei Studen, $h_1 = 50 \text{ m}$.

Dieser QTH dürfte bereits bedeutend besser geeignet sein, denn er befand sich in einer leicht ansteigenden Wiese mit nur vereinzelt Obstbäumen.

Fig. 7



Funkstandort P, «Schlössli» in Dotzigen, $h_1 = 30 \text{ m}$.

Schon aus frühern Richtstrahlversuchen ist uns dieses erhöht stehende Privathaus, mit seinem aus Holzkonstruktion und leichtem Backsteinmauerwerk bestehenden Turmaufbau, als vorzüglicher Funkstandort bekannt. Einzig der sich in östlicher Richtung erhebende bewaldete Hügel diktiert hierin eine gewisse Beschränkung.

Fig. 8

Aus diesen Gedanken geht hervor, dass nicht nur die Überhöhung eines Funkstandortes, sondern stets auch seine Qualität berücksichtigt werden muss. Dies zeigt sich denn nirgends so deutlich wie an der Neigung der Kurvenschar in Fig. 6. Die örtliche Gruppierung der Gegenstandorte lässt zudem darauf schliessen, dass bei A, in der Richtung der Falllinie des Abhanges gesehen, besonders die seitliche Wellenausbreitung stark behindert war.

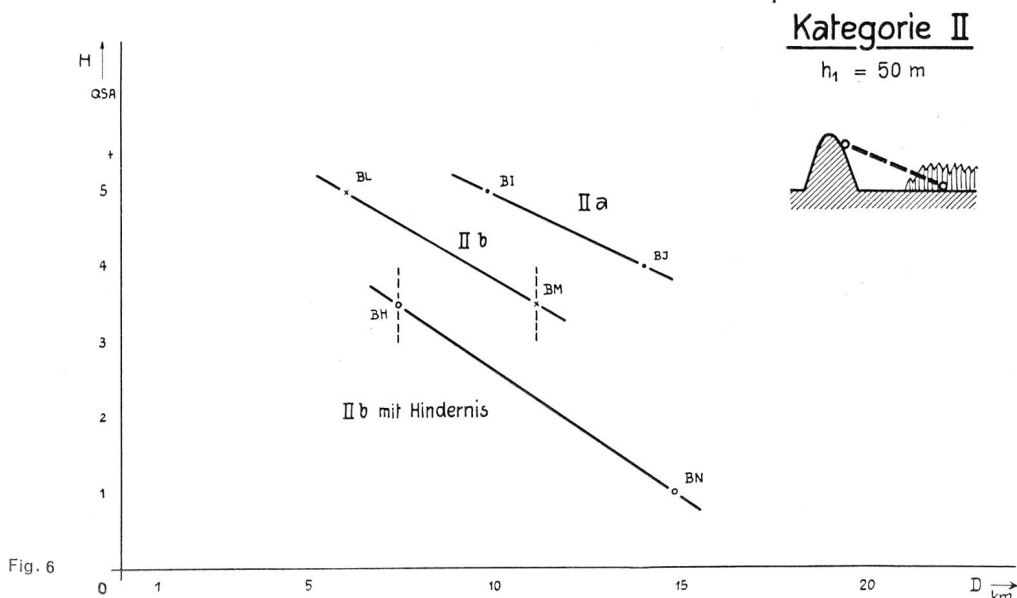
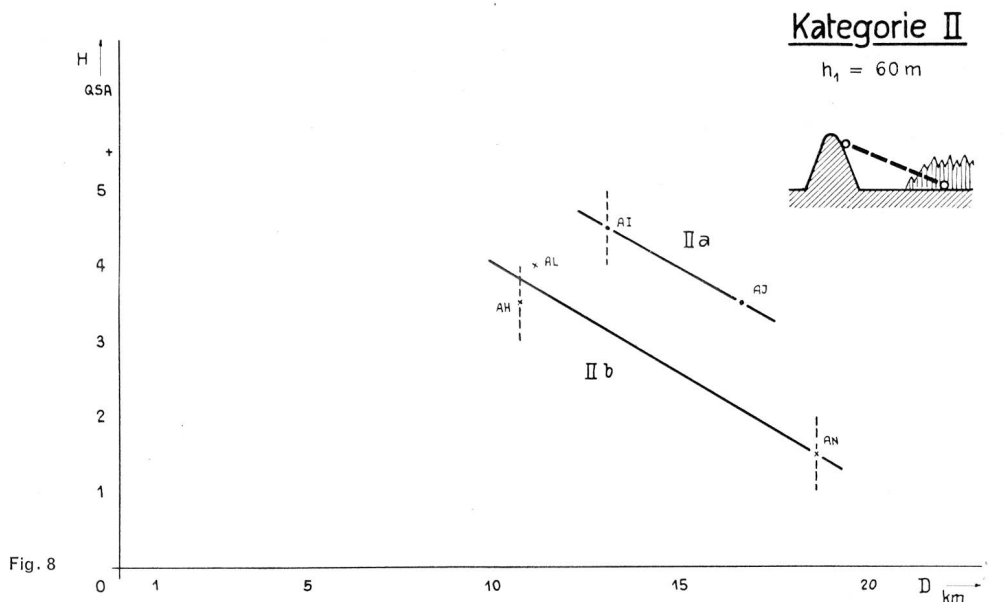
Kategorie II, Fig. 9 und 10. Auch hier zeigt sich kein Qualitätsgewinn durch die grössere Überhöhung des Standortes A gegenüber B. Das Diagramm für A ergibt jedoch eine erheblich kleinere Dämpfung, als dies nach den Resultaten der Kategorie I erwartet werden müsste. Offenbar liegt aber auch die Mehrzahl der Gegenstandorte in einer viel günstigeren Richtung, und möglicherweise ist hier sogar mit einem Reflexions-Einfall von hinten zu rechnen.

Kategorie III, Fig. 11. Dieses Diagramm zeigt gegenüber den vorherigen deutlich, dass jegliche Verbindung in einem topfebenen Gelände schlechter ausfallen muss als dies mit wenigstens einem erhöhten Funkstandort der

Fall sein dürfte. Ausserdem kann nach diesen Resultaten geschlossen werden, dass die erd-elektrischen Verhältnisse zwischen Pieterlenmoos—Solothurn und dem Grosse Moos ganz wesentlich verschieden voneinander sind.

Von besonderem Interesse ist nun in diesem Diagramm auch die Verbindung CE, deren gutes Resultat nach all dem bisherigen als recht unwahrscheinlich gelten muss. Nun zeigt jedoch die Karte, dass in der geraden Verlängerung dieser Verbindungsstrecke die als Geissfluh bezeichnete, stark abfallende Jura-Kalkstein-Wand liegt, und es dürfte damit ohne weiteres festliegen, dass die unerwartet hohe Feldstärke durch Reflexionseinfall von dieser oder einer ähnlichen Stelle des Weissensteins her kam, was sich beim Test anhand von Interferenzen hätte zeigen müssen.

Es ist wohl dem gesteigerten Arbeitstempo zuzuschreiben, wenn dieses Detail nicht näher beachtet wurde, denn erst die Messung der Extremalwerte gibt jeweils nähern Aufschluss über die Intensität eines Reflexionsstrahls. Vorausgesetzt, dass in einfachen Fällen zur Hauptsache nur eine Bodenwellen- und eine Reflexions-Komponente vorhanden ist, können diese wie folgt einzeln berechnet werden:



Kategorie III

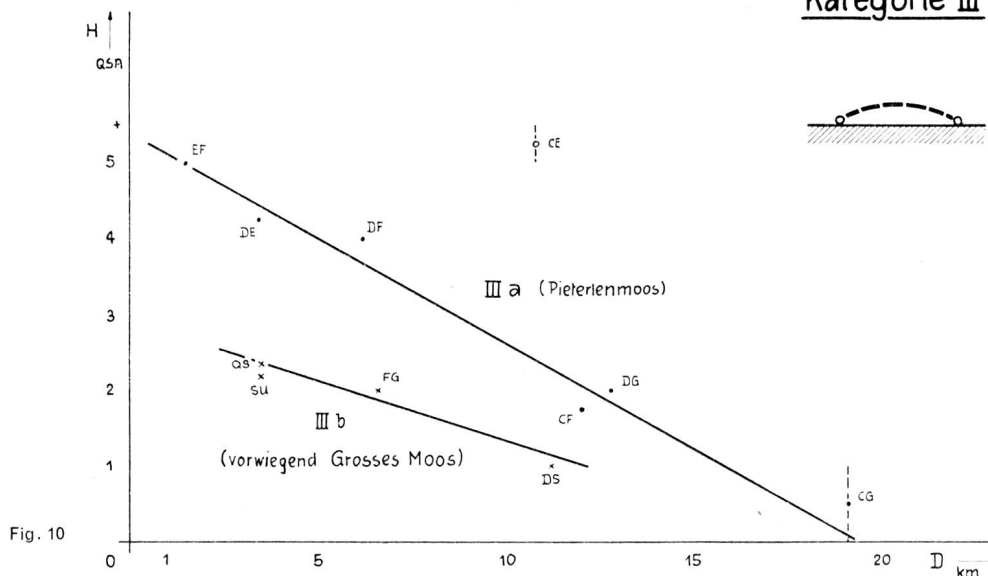


Fig. 10

$$K_1 = \frac{\hat{H} + \check{H}}{2} \quad (\text{Formel VI}) \quad K_2 = \frac{\hat{H} - \check{H}}{2} \quad (\text{Formel VII})$$

Schwieriger ist es jedoch bereits, diese beiden Komponenten eindeutig als Boden- oder Reflexionsanteil zu bezeichnen, da die Ordonnanzantenne mit ihrer vorwiegenden Rundstrahlcharakteristik kaum eine Ortung zulässt.

Kategorie IV, Fig. 12. Trotz der Bewaldung an einem der Stationsstandorte sind diese Ergebnisse besser ausgefallen als in Kategorie III, was sehr wahrscheinlich auf günstigere elektrische Bodenverhältnisse zurückzuführen ist. Möglicherweise aber wirkt sich meist auch die etwas erhöhte Lage günstig aus, was wir bis anhin ja nicht speziell bewertet haben.

Freilich darf nicht übersehen werden, dass hier trotzdem eine starke Dämpfung wirksam ist, was ganz bestimmt durch den «waldseitig» schlechtern Funkstandort hervorgerufen wird, wie auch die stark streuenden Rapporte damit zu erklären sind. Aus den früheren Verbindungen mit C darf zudem geschlossen werden, dass dieser typische Ebene-QTH punkto Untergrund nicht eben günstig liegt.

Kategorie V, Fig. 13. Gerade diese Kategorie müsste eigentlich nun die interessantesten Ergebnisse liefern. Dadurch aber, dass eine hier am meisten beteiligte Station

vollkommen versagte, ist unsere Ausbeute recht mager geblieben. Trotzdem stimmt das Vorhandene nicht schlecht mit unsern früheren Erfahrungen überein.

Die Standorte L, M und N wurden absichtlich so festgelegt um zu sehen, wie sich der stark coupierte Südwall des Bucheggberges auf die Verbindungen auswirken werde. Nun lassen aber die Ergebnisse den Schluss zu, dass wir in solchen Fällen mit einer ganz neuen Betrachtungsweise beginnen müssen. Vor einem Jahr wurde an dieser Stelle vor allem der Einfluss eines Geländehindernisses auf die Wellenausbreitung besprochen, und heute galt unser Augenmerk dem Erfassen der Absorption. Es dürfte nun ohne weiteres klar sein, dass es sich im Falle eines stark coupierten, bewachsenen oder bewaldeten Zwischengeländes um eine Kombination dieser beiden Hauptprobleme handelt. Schon bei der Übungslage wurde über den beiden Verbindungsstrecken LM und LN mittels der angenommenen erforderlichen Seitenfreiheit $\frac{D}{10}$ das entsprechende Rhomboid gezeichnet, was alsdann auf schlechte Verbindungen schliessen liess. Eine genauere Untersuchung hierüber wird man jedoch nur mittels Geländeprofil anstellen können, was vorgängig aber entsprechende Versuche in einem geeigneten Gelände bedingt. Die Lösung dieser Fragen scheint mir indessen, im Hinblick auf die in der Schweiz vorherrschenden Verhältnisse, nachgerade die dringendste Aufgabe unseres Infanteriefunks zu sein!

Kategorie IV

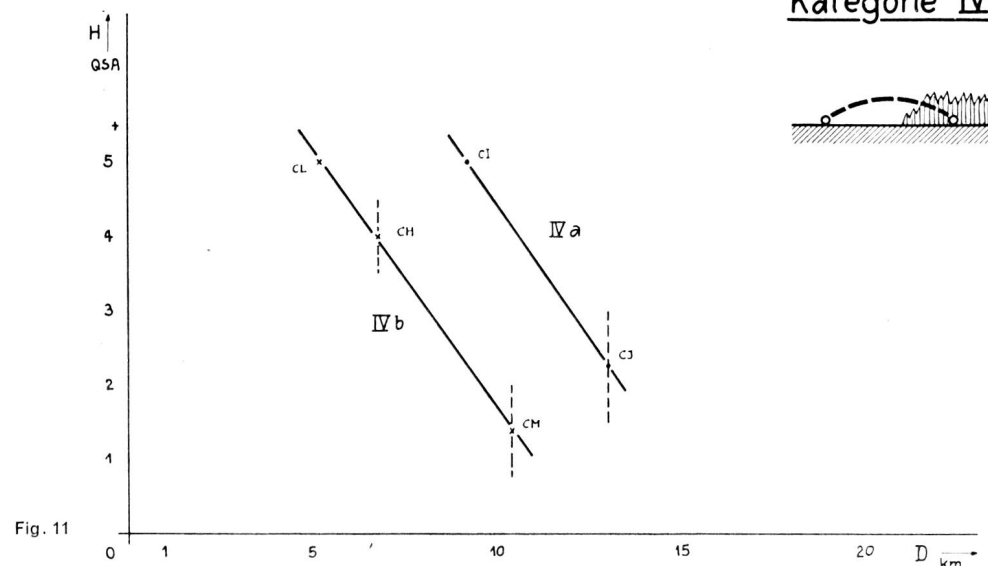
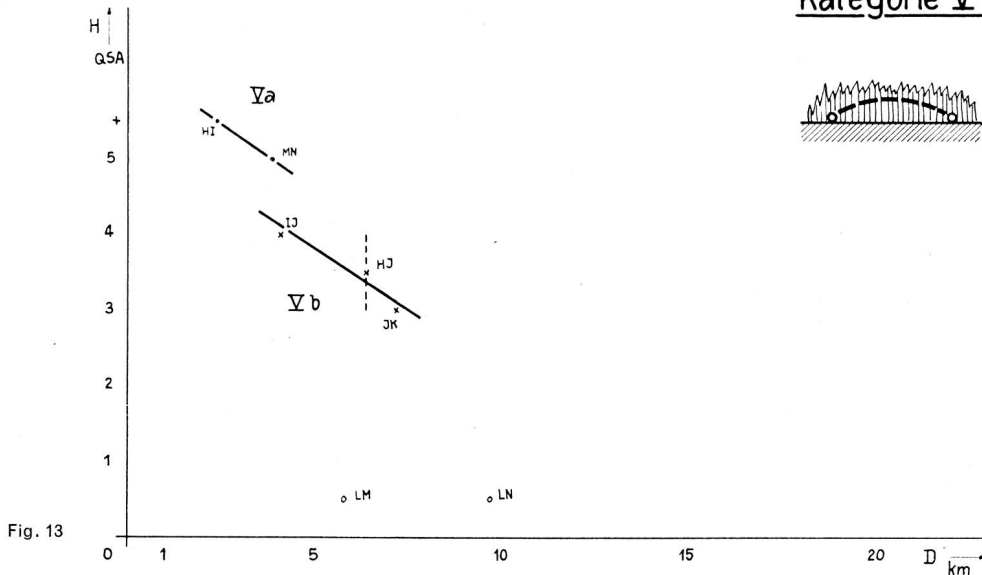


Fig. 11



Polardiagramm. Nachdem die Auswertung dieser an sich kleinen Übung bereits zu recht beachtlichen Resultaten geführt hatte, machte ich auch den Versuch, für die wichtigeren Funkstandorte das Polardiagramm zu zeichnen (direkt auf der Karte, in QSA-Teilung). Dieses Unterfangen zeigte jedoch sofort, dass für einen komplizierteren Geländeabschnitt eine Mehrzahl von Messpunkten zur Verfügung stehen müssten, selbst wenn dabei z. B. Ortschaften und dergleichen umgangen würden.

In einzelnen Fällen mag aber eine solche Untersuchung trotzdem erwünscht sein, sei es als vorbereitende Aufgabe für die Funkhilfe oder für die Skipistenüberwachung auf unsern Wintersportplätzen. Zu diesem Zwecke muss das Hauptinteresse dem Funkstandort der Netzleitstation gewidmet sein. Für Aktionen mit längerer Einsatzdauer sollte unbedingt die Ordonnanz-Fernantenne verwendet werden, und für die Bedienungsmannschaft müsste eine geeignete Unterkunft bereitstehen.

Für die Festlegung der Messpunkte gibt es vor allem drei wichtige Gesichtspunkte:

- Es werden alle Orte, die durch die Gangbarkeit des Geländes bedingt oder im Hinblick auf eine spezifisch vorherrschende Aufgabe für Funkverbindungen wichtig werden könnten, ausgemessen.
- In einem Geländeabschnitt, der nicht wesentliche Funkprobleme zu bieten scheint, wird man sich darauf beschränken, nur jene Orte abzuklären, die zu Schwierigkeiten führen werden (sogenannte Feldstärke-Löcher).
- Andererseits wird man in einem schwierigen Funkgelände darauf bedacht sein, alle Orte im engern und im weitern Sinn, die eine genügende Verbindungsqualität mit der Netzleitstation zulassen werden, eingehend abzuklären. Wie es sich namentlich in den Alpen immer wieder zeigt, ist oft bei extremen Verbindungen für jeden Funkstandort eine Beschreibung mit Kroki unerlässlich.

Die auf diese Weise erhaltenen Resultate wird man alsdann am besten auf die Karte übertragen, sofern es nicht am Platze erscheint, hierüber einen geeigneten Plan anzufertigen. In vielen Fällen kann auch die Zusammenstellung in Tabellenform zweckmässig sein.

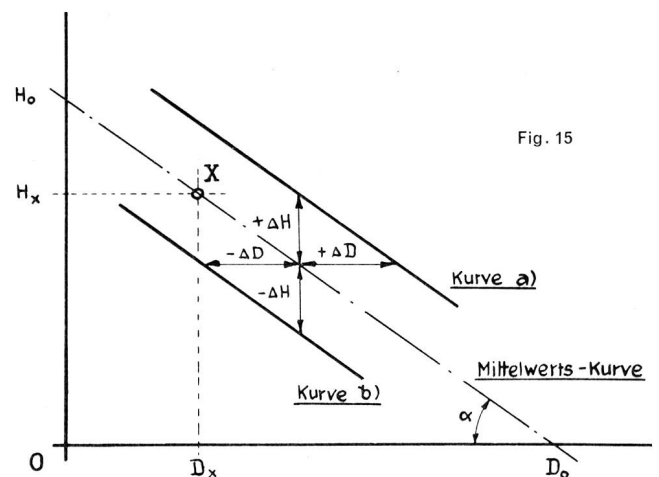
6. Verfahren für die Funkprognose

Nachdem wir aus unserer Arbeit bereits recht viele Lehren gezogen haben, müssen wir diese in Zukunft auch rich-

tig in Anwendung bringen. Für die Bedienungsmannschaften heisst das nichts anderes, als dass sie an jedem Funkstandort von selbst stets die optimalen Ausbreitungsverhältnisse herzustellen sucht (Standortverlegungen, Gerät stehend zum Einsatz bringen, Antenne stets möglichst freistehend und überhöht). Diese guten Bemühungen sind aber fruchtlos, wenn nicht bereits der Organisator das Netz so dimensioniert hat, dass überall mit einer brauchbaren Verbindung gerechnet werden kann.

Es gilt somit für uns, dass wir nun zur Umkehroperation schreiten und die gemachten Erfahrungen für die Funkprognose anwenden lernen. Zunächst ist auch hier die dringendste Voraussetzung, dass sich ein jeder in der Gelände-Beurteilung solange schult, bis die vorherrschende Kategorie einer bestimmten Verbindungsstrecke ohne weiteres direkt aus der Karte angegeben werden kann. In diesem Moment wird es möglich sein, unter Beizug der entsprechenden Diagramme bereits eine zutreffende Voraussage zu machen. Da ein solches Verfahren jedoch mit zunehmenden Unterlagen recht umständlich werden könnte, empfiehlt es sich, die in den Graphics niedergelegten Informationen erneut zusammenzufassen.

Die Charakteristik unserer Kurven ist in Fig. 15 dargestellt. Wir haben es demnach überall mit zwei annähernd parallelen, negativ geneigten Geraden zu tun. Nach früherer Definition werden damit für jede Verbindungs-Kategorie die Grenzen zwischen guten und schlechten Verhältnissen bezeichnet. Es liegt nun nahe, eine weitere Kurve einzuführen,



die, in die Mitte der beiden bestehenden gelegt, damit den normalen Verbindungsverhältnissen entsprechen wird. Wie aus der graphischen Darstellung hervorgeht, lassen sich die geländebedingten oder auf Streuung beruhenden Abweichungen durch die Angabe der Hörbarkeits-Schwankung $\pm \Delta H$ eindeutig angeben. Wir können nun unsere Ergebnisse in einer Tabelle zusammenfassen, welche uns in Zukunft alle zur Prognose notwendigen Angaben liefert (vgl. Fig. 16a und b).

Kategorie	Bemerkungen	Tab. 16a) Einzelresul.			Tab. 16b) Mittelwerte				
		H ₀	D ₀	H D (tgα)	H ₀	± ΔH	D ₀	± ΔD	H D (tgα)
I, h ₁ = 60 m	a) Pieter- lenmoos	7,4	18,2	0,407	7,2	0,8	15,6	1,8	0,44
	a) Grosses Moos	7,35	15,4	0,485					
	b)	6,75	13,4	0,505					
I, h ₁ = 50 m	a)	6,5	37,2	0,175	5,9	0,6	34,1	3,3	0,173
	b)	5,25	31	0,17					
I, h ₁ = 30 m	a)	6	67	0,09	5,4	0,7	54,6	7	0,098
	b)	4,75	42,2	0,113					
II, h ₁ = 60 m	a)	8,2	29	0,283	7,6	0,7	26,4	2,3	0,288
	b)	7	23,8	0,294					
II, h ₁ = 50 m	a)	7,35	30,2	0,243	10	1,3	3,55	4,5	0,283
	b+)	6,75	23	0,293					
	b) mit Hin- dernissen	6	17,7	0,34					
III	a) Pieter- lenmoos	5,4	19,4	0,278	4,15	0,8	18,9	3,5	0,22
	b) Grosses Moos	2,9	18,4	0,158					
IV	a)	11,75	16,1	0,73	10,2	1,3	14,25	1,9	0,72
	b)	8,7	12,4	0,7					
V	a)	6,3	18,8	0,335	5,9	0,4	17,8	1,2	0,33
	b)	5,45	16,7	0,326					

Fig. 16

Messergebnisse vom 29. Juni 1957. Dadurch, dass zu diesem Zeitpunkt noch jegliche Bewachung in starkem Saft stand, dürfte mit obigen Ergebnissen die stärkste im Verlaufe eines Jahres auftretende Absorption, und damit auch der schlimmste Betriebsfall, erfasst worden sei; somit ist diese Tabelle für die Funkprognose geeignet.

Wie schon im «Pionier» Nr. 12/1956 eingehend dargelegt wurde, handelt es sich bei jeglicher Funkprognose um die Lösung der einen von zwei allgemeinen Fundamentalaufgaben. Im Falle der Absorption ist es nun möglich, diese Fragen jeweils mit einer einfachen Kontrollrechnung zu beantworten; man hat lediglich die Art des Zwischengeländes richtig einzuschätzen und dementsprechend aus der Tabelle nach Fig. 16b die zutreffenden Daten abzulesen. Da unsere Berechnungen auf dem Mittelwert zweier Kennlinien basieren, sollen diese Vorarbeiten bereits den Schluss zulassen, ob jeweils eher mit dem besseren oder mit dem schlechteren Resultat zu rechnen sei. Im weitern gilt dann:

Fall a. Funkstrecke gegeben durch zwei fest bestimmte Stationsstandorte, Verbindungsqualität gesucht:

$$H_x = (D_0 - D_x) \cdot \text{tg } \alpha \pm \Delta H \quad (\text{Formel VIII})$$

Fall b. Minimale Verbindungsqualität gegeben, Übertragungsweg gesucht:

$$D_x = (H_0 - H_x) \cdot \text{ctg } \alpha \pm \Delta D \quad (\text{Formel IX})$$

Selbstverständlich wird man diese Resultate in einigen Fällen anhand des Diagramms nach Fig. 15 deuten müssen, wenn z. B. D oder H ein negatives Vorzeichen erhalten, oder aber eine Hörbarkeit von über 5⁺ berechnet wird, was in der Praxis illusorisch ist.

7. Schlussbetrachtungen

Ursprünglich hatte ich vorgesehen, die Verbindungsqualität nicht nur nach den QSA-, sondern parallel dazu auch nach dem RSM-System melden zu lassen. Es zeigte sich aber bald, dass diese genaue Methode leider nur bei den Amateuren richtig bekannt ist, so dass ich sofort von der Auswertung derselben absehen musste. Trotzdem scheint mir das RSM-System für solche Arbeiten geeigneter zu sein, weil es erlaubt, Verständlichkeit und Feldstärke voneinander getrennt und in sehr feinen Abstufungen anzugeben. Erst diese Methode wird es somit gestatten, den Einfluss von Störfeldern und Feldverzerrungen genauer zu erfassen. Es wird uns somit nichts anderes übrig bleiben, als vor einer nächsten ähnlichen Übung alle Mitarbeiter dementsprechend zu «eichen».

Nachdem die wirksame Antennenhöhe für alle Ausbreitungsfragen von entscheidender Bedeutung ist und sich andererseits eine konstante Arbeitsweise aufdrängte, hatte ich zum vornherein befohlen, die Stationen seien nur stehend einzusetzen. Mit diesem Anliegen scheint man jedoch nicht alle Leute zu überzeugen, und namentlich die Bedienungsmannschaften von fixen Stationen sind gerne versucht, sich hierin eine Ausnahme zu gestatten. Wenn nun in unserer Übung diesbezügliche Unregelmässigkeiten vorgekommen sind, so hat das zweifellos zu einer Vergrösserung der Streuungen beigetragen.

Im gleichen Zusammenhang sei auch auf eine grosse Gefahr hingewiesen, die nur allzugerne übersehen wird. Sobald nämlich ein SE-101-Gerät ohne schützende Unterlage direkt in den Schnee gestellt wird, so kann dies, wie ich es im Hochgebirge immer wieder beobachtet habe, durch die Unterkühlung der Batterien zu einem sofortigen vorübergehenden Ausfall der Station führen. Die dabei festgestellten Symptome lassen dann gerne den Trugschluss zu, es würde sich um Sender- oder Empfängerdefekte handeln.

8. Verzeichnis der Symbole

- ℰ Feldstärke in mV/m
- N_s Strahlungsleistung in kW
- D Funkdistanz in km
- H Hörbarkeit in QSA
- e Basis der natürlichen Logarithmen
- α Absorptionskoeffizient
- λ Wellenlänge in km
- c₁, c₂ Hilfskonstante
- h₁, h₂ Überhöhung eines Funkstandortes gegenüber ebener Erde
- K₁, K₂ Feldkomponenten in QSA
- H̄, H̄ maximale und minimale Hörbarkeit in QSA
- H₀, D₀ Achsenabschnitte der Kurve (ℰ = f(D))
- H_x, D_x Hörbarkeit und Distanz für den betrachteten Punkt X (z. B. bei Funkprognose)
- ΔH, ΔD = entweder: Seitenlängen des Stützdreiecks an die Kurve (Formel V, Fig. 14); oder allgemein: Toleranzen für Hörbarkeit und Distanz beim rechnerischen Verfahren nach der Mittelwerts-Kennlinie (Formeln VIII und IX, Fig. 15).