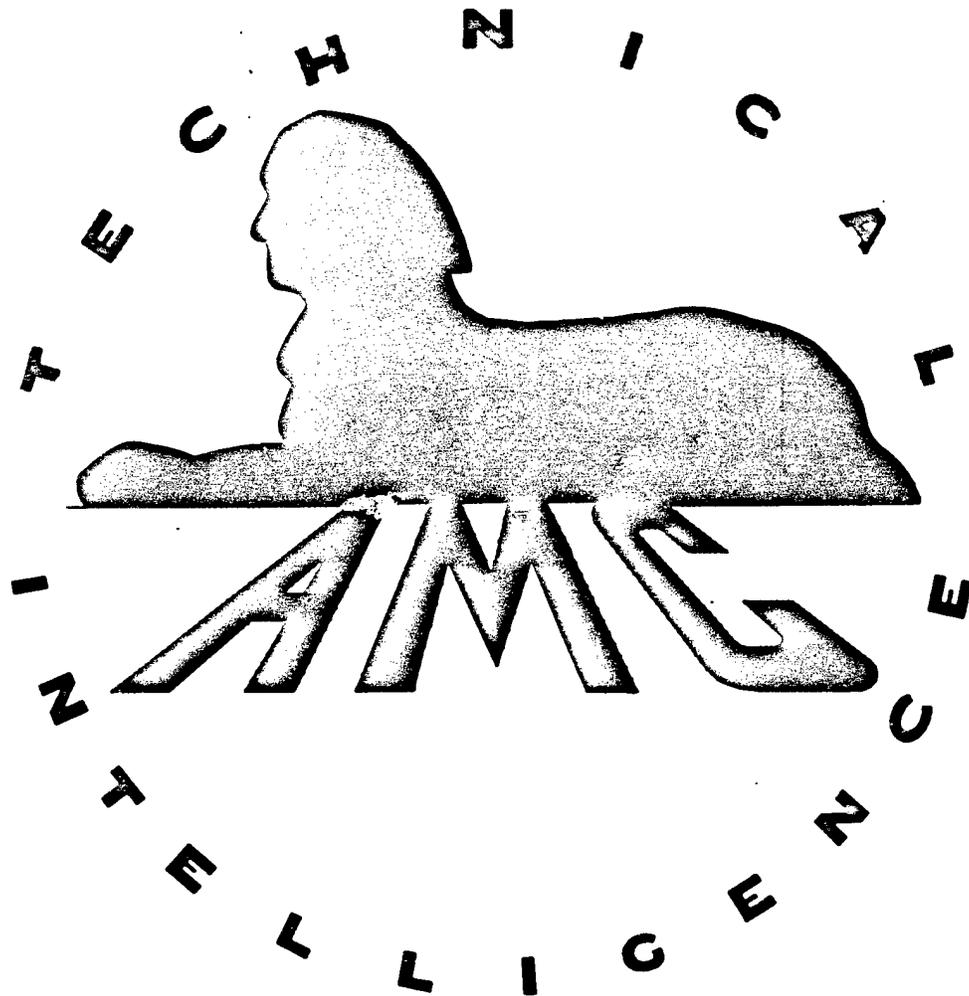


TITLE: Examination of Lines Variously Shielded to Avoid Radio Interferences					ATI-7120	
AUTHOR(S): Viehmann, H.; Schaeffer, H.					REVISION (None)	
ORIGINATING AGENCY: Deutsche Versuchsanstalt fuer Luftfahrt, Berlin-Adlershof					ORIG. AGENCY NO. FB-187	
PUBLISHED BY: Zentrale fuer technich-wissenschaftliches Berichtwesen, Berlin-Adlershof					PUBLISHING AGENCY NO.	
DATE Dec '34	DOC. CLASS. Unclass.	COUNTRY Germ.	LANGUAGE Germ.	PAGES 5	ILLUSTRATIONS diagrs, graphs	
FOREIGN TITLE: Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung von FT-Stoerungen abgeschirmter Leitungen (Zwischenbericht)						
TRANSLATION BY: Air Materiel Command, Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, O. Feb '46						
ABSTRACT: A field measuring method was devised whereby tests could be made under simulated conditions of an airplane in flight and measurements were taken of the shielding effect of cable sheaths to study the radio interferences which make the reception in the airplane more difficult. The cable to be examined was charged with a definite frequency, and the antenna was extended parallel to it and 50 cm away. The lines were measured as single pole and as dipole lines, and with an open and shortcircuited end. It was found that line shielding of special quality would be superfluous and that the type of shielding used was essentially dependent on mechanical conditions.						
NOTE: Previously cataloged as Captured Document: ZWB/FB/187/1 ZWB 4089 (R-2436 F-16)						
DISTRIBUTION: Copies of this report obtainable from Air Documents Division; Attn: MCIDXD						
DIVISION: Electronics (3)				SUBJECT HEADINGS: Cables, Coaxial (19705); Radio interference - Elimination (79104.5)		
SECTION: Communications (1)						
ATI SHEET NO.: R-3-1-34						
Air Documents Division, Intelligence Department Air Materiel Command			AIR TECHNICAL INDEX		Wright-Patterson Air Force Base Dayton, Ohio	

Reproduced by  
AIR DOCUMENTS DIVISION



19970508 095

"DTIC USERS ONLY"

HEADQUARTERS AIR MATERIEL COMMAND

WRIGHT FIELD, DAYTON, OHIO

DTIC QUALITY INSPECTED 3

Demanded by

*The*  
**U.S. GOVERNMENT**

**IS ABSOLVED**

FROM ANY LITIGATION WHICH MAY  
ENSUE FROM THE CONTRACTORS IN -  
FRINGING ON THE FOREIGN PATENT  
RIGHTS WHICH MAY BE INVOLVED.

Examination of Lines Variously Shielded to Avoid Radio Interferences

7120

Viehmann, H. Schaeffer, H.

(None)

Deutsche Versuchsanstalt fuer Luftfahrt, Berlin-Adlershof

FB-187

Zentrale fuer technisch-wissenschaftliches Berichtswesen, Berlin-Adlershof

ec '34 Unclass. Germ. Germ. 5 diagrs, graphs

Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung von FT-Stoerungen abgeschirmter Leitungen (Zwischenbericht)

Air Materiel Command, Wright-Patterson Air Force Base, Dayton, O. Feb '46

A field measuring method was devised whereby tests could be made under simulated conditions of an airplane in flight, and measurements were taken of the shielding effect of cable sheaths to study the radio interferences which make the reception in the airplane more difficult. The cable to be examined was charged with a definite frequency, and the antenna was extended parallel to it and 50 cm away. The lines were measured as single pole and as dipole lines, and with an open and shortcircuited end. It was found that line shielding of special quality would be superfluous and that the type of shielding used was essentially dependent on mechanical conditions.

TE: Previously cataloged as Captured Document: ZWB/FB/187/1 ZWB 4089 (R-2436 F-16)

Copies of this report obtainable from Air Documents Division; Attn: MCIDXD

Electronics (3)

Cables, Coaxial (19705); Radio

Communications (1)

Interference - Elimination (79104.5)

R-3-1

1056 7120

**THIS DOCUMENT  
TRANSLATED  
AS FOLLOWS**

---

AAF TRANSLATION

REF No. 7120

NO. 519

English Title:

F-TS519-1

**EXAMINATION OF LINES VARIOUSLY  
SHIELDED TO AVOID RADIO  
INTERFERENCES**

German Title:

**UNTERSUCHUNG VON VERSCHIEDENARTIG  
ZUR VERMEIDUNG VON FT STÖRUNGEN  
ABGESCHIRMTER LEITUNGEN  
(I. ZWISCHENBERICHT)**

Author: H. Viehmann, H. Schäffer

Date Prepared:  
15 February 1946

Release Date:  
22 April 1946



**HEADQUARTERS AIR TECHNICAL SERVICE COMMAND  
WRIGHT FIELD, DAYTON, OHIO**

**NOTE**

When drawings, specifications, and other data prepared by the War Department are furnished to manufacturers and others for use in the manufacture or purchase of supplies, or for any other purpose, the Government assumes no responsibility nor obligation whatever; and the furnishing of said data by the War Department is not to be regarded by implication or otherwise, or in any manner licensing the holder, or conveying any rights or permission to manufacture, use, or sell any patented inventions that may in any way be related thereto.

The information furnished herewith is made available for study upon the understanding that the Government's proprietary interests in and relating thereto shall not be impaired. It is desired that the Patent & Royalties Section, Office of the Judge Advocate, Air Materiel Command, Wright Field, Dayton, Ohio, be promptly notified of any apparent conflict between the Government's proprietary interests and those of others.

**Espionage Act**

Notice: This document contains information affecting the national defense of the United States within the meaning of the Espionage Act (U. S. C. 50:31, 32). The transmission of this document or the revelation of its contents in any manner to an unauthorized person is prohibited by law. (AR 380-5, paragraph 17 b.)

INTELLIGENCE (T-2)  
AIR DOCUMENTS DIVISION  
TRANSLATION

HEADQUARTERS  
AIR TECHNICAL SERVICE COMMAND  
WRIGHT FIELD, DAYTON, OHIO

SUBJECT: Translation of Captured Enemy Document

TO: Distribution Listed

1. Attached translation is forwarded for your information and retention.

2. Recipients are invited to forward copies of translations made by them for filing in Reference Library (TSRNF), Air Documents Division, Intelligence (T-2), Hq. ATSC, Wright Field, Dayton, Ohio.

DONALD L. PUTT  
Colonel, Air Corps  
Deputy Commanding General  
Intelligence (T-2)

Incl.

DISTRIBUTION:

- 1 Original Manuscript (German) - Foreign Documents
- 1 Master Copy - Publ. Br., Technical Servs. Section (TSRNS-4)
- 1 Foreign Documents
- 1 Special Documents
- 1 TSKTR
- 1 TSNTS - Analysis Section (T-2)
- 1 TSILI - Liaison Section, Collection Division
- 1 Publ. Br., Technical Servs. Section (TSRNS-4)
- 2 AC/AS-2, AFBAL-1L, Attn: Maj. Towle
- 1 N.A.C.A., 1500 New Hampshire Avenue, Washington, D.C.
- 2 N.A.C.A., Langley Memorial Aero Lab., Langley Field, Va.  
Attn: Maj. D. R. Estman, Jr.
- 1 N.A.C.A., Ames Aeronautical Lab., Moffett Field, California
- 1 N.A.C.A., AERL, Cleveland Municipal Airport, Cleveland, Ohio
- 1 Library of Congress (Division of Aeronautics), Washington, D.C.
- 1 Institute of Aeronautical Sciences, 1505 RCA Bldg., New York, N.Y.
- 3 BAGR, BuAer, Gen. Representative, Centr. Dist., Wright Fld., Dayton, Ohio.
- 1 Society of Automotive Engineers, Aero Div., 29 W. 39th St., New York, N.Y.
- 1 Commanding General, AAF Center, Orlando, Florida. Attn: AAF School Library.
- 1 President, AAF Board, Orlando, Florida
- 1 AAF Scientific Advisory Group, Ch/AS, Hq AAF, Washington 25, D.C.  
Attn: Dr. Von Karman
- 1 Chief, Naval Intelligence, OP-23 F-2, Rm. 4524, Navy Bldg., Washington, D.C. Attn: J. H. Alberti.
- 2 Unit Initiating Request TSELS-6 Capt. H. W. Pike

EXAMINATION OF LINES VARIOUSLY SHIELDED TO AVOID  
RADIO INTERFERENCES

(First Intermediate Report)

By H. Viehmann, H. Schäffer

PURPOSE

The interferences which render the reception in the airplane more difficult reach the receiver partly by means of a conducted current over the power lines, partly by means of radiation from the sources of interferences and their connecting electrical lines through the antenna into the receiver. In order to reduce the interferences transmitted by radiation, it is necessary to shield the lines. For a comparison of the quality of the shielding effect of different cable sheaths, a test field measuring method corresponding to the conditions in the airplane was developed. The results here obtained with various cables and with different types of connections depending upon the frequency will be given below.

MEASURING ARRANGEMENT

For the measurement of the shielding effect of cable sheaths, a test specimen, 12 m long, of the cable to be examined was charged with a voltage of definite frequency. Parallel to the test specimen was extended the antenna of the measuring receiver, which likewise was 12 m long. The distance between the antenna and the cable was 50 cm. A Siemens' measuring transmitter of 150 kc to 2000 kc, set up in a doubly shielded cage, served as a voltage source. A Siemens' superheterodyne receiver reconstructed as a measuring instrument with a frequency range of 150 kc to 350 kc and 550 kc to 1500 kc, was used as a receiver.

The lines to be examined were measured as single pole (the sheath being used as a return line) and as dipole lines. In both cases the sheath lay on the common ground of the transmitter and receiver. Furthermore, the test lines were measured with an open and shortcircuited end.

MEASURING RESULTS

In the first testing measurements, it was shown that it is very essential to shield the end of the cable completely in order to obtain unequivocally reproducible values. Thus, for example, when measuring the single pole Jordan ALZ line (alloy AW 15) with open shielded lead end the coupling factor was found to be  $1/11000$ . If the shielding was removed so that the lead end protruded about 4 mm, the coupling increased to  $1/3000$ . On lengthening the lead end with a terminal 2 cm long, the factor changes to  $1/350$  and on lengthening it by attaching a wire, 20 cm long, the factor changes to  $1/68$ . Therefore, in the case of all measurements, attention was paid to a careful shielding of the lead end.

Subject: Examination of Lines Shielded to Avoid Radio Interferences

Figures 1 and 2 give the results of the different types of lines. Fundamentally, it is shown that the open line radiates less than the short-circuited. This difference is greater in the case of single pole than in double pole lines. But it disappears when the frequencies are greater than 1500 kc.

Dipole lines seem better than single pole lines. The differences lie, however, within the limits of measuring accuracy, so that this result is to be used only with caution.

If the measuring results are compared with the effect of the shielding of the lead end ascertained in the preliminary experiments, then it is shown that the difference between the various shielding sheaths is negligibly slight compared to the radiating effect of unshielded lead ends and devices connected to the lines such as appear in the aircraft wiring system, for example, in incandescent lamps, portable lamps with a coiled connecting line, heated wires, etc.

SUMMARY

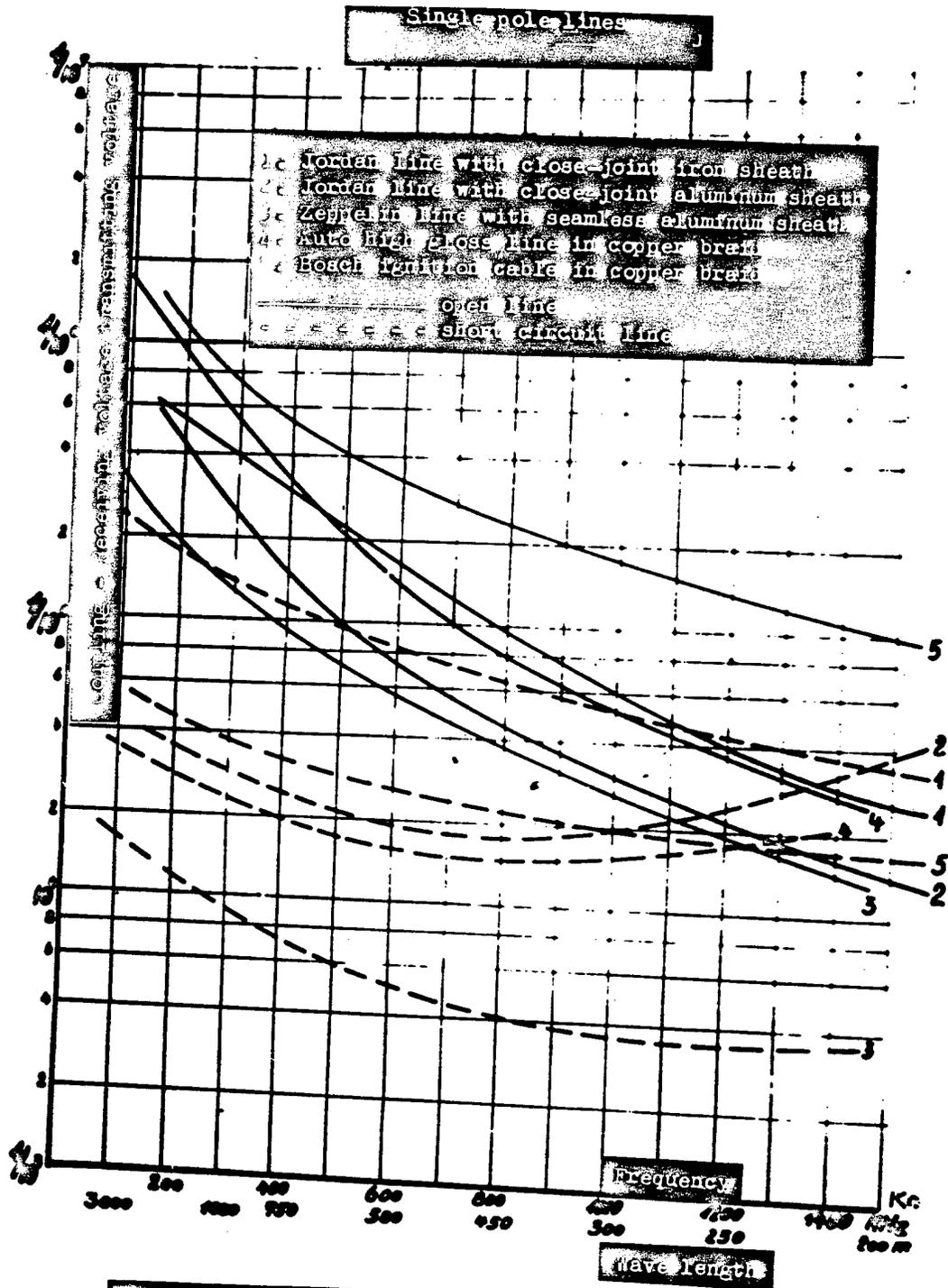
The line shields which have been examined can be considered as almost equivalent in view of the slight measuring accuracy attainable; it is like the true of the single pole as well as the dipole installation.

On the basis of the accumulated experiences in flight operation, it is shown that the shielding of the airplane wiring system does not need to be of great excellence. For example, junction boxes, switches, and similar parts can dispense with shielding covers. Therefore, on the basis of the results of the experiments at hand, line shielding of special quality is superfluous, so that the type of shielding is essentially dependent on technical conditions.

BY VIERHORN  
SO 12/28

Untersuchung von verschiedenartig  
zur Vermeidung von FT - Störungen  
abgeschirmter Leitungen  
(1. Zwischenbericht) ✓  
Zentrale für technischwissenschaftliches Berichtswesen über  
Luftfahrtforschung, Film NFB 187  
5 pp. 2 illus.

Translated by Dr. Julius Lieberman  
and by Dr. L. W. Bosart  
Translation Section, Air Documents Div.  
Intelligence (T-2), Wright Field, Dayton, Ohio  
This is an AAF translation  
February 1946



**Fig. 1 - Coupling depending upon the frequency in single pole lines.**

Figure 21

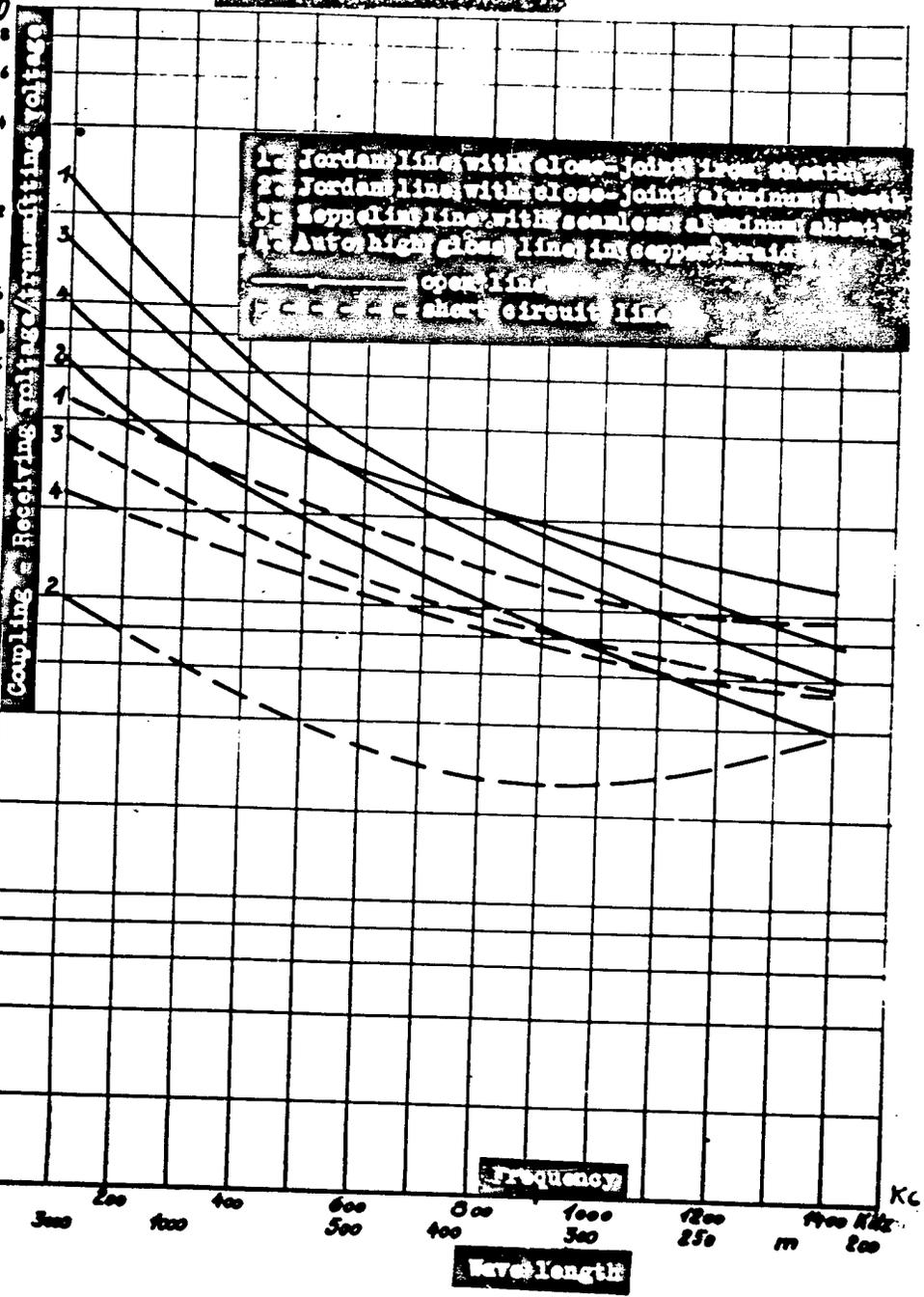


FIG. 21 - Coupling depending upon the frequency in dipole lines

Nur zum Gebrauch  
im Geschäftsbereich des Empfängers

ATI No. 7120

# Zentrale für technisch-wissenschaftliches Berichtswesen über Luftfahrtforschung

Anschrift: Zentrale für technisch-wissenschaftliches Berichtswesen bei der Deutschen  
Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof / Fernruf F 3, Adlershof 8011

*Handwritten signature*

*III*

4. 8. 1945 . L. F.

*Examination of Electric Lines pro-  
tected against FT-Disturbances*

*Heidelberg 7th Army Zone E*

## Forschungsbericht FB187

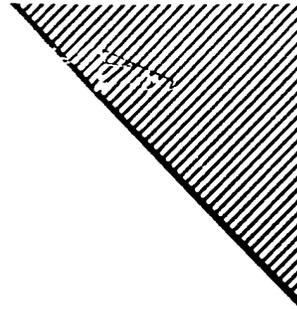
*Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung  
von FT-Störungen abgeschirmten Leitungen*

- 4089
- 4091
- 4092
- 4093

Air Documents Division, T-2  
AAG, Wright Field  
Microfilm No.

*187/1-2-3-4*

Nur zum Gebrauch  
im Geschäftsbereich des Empfängers



1540

# Zentrale für technisch-wissenschaftliches Berichtswesen über Luftfahrtforschung

Anschrift: Zentrale für technisch-wissenschaftliches Berichtswesen bei der Deutschen  
Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof / Fernruf F 3, Adlershof 8011

## Forschungsbericht FB187/1

*Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung  
von FT-Störungen abgeschirmten Leitungen*

*(1. Zwischenbericht)  
H. Viehmann H. Schäffer*

Untersuchung von verschiedenartig zur Ver-  
meidung von FT-Störungen abgeschirmten Lei-  
tungen.

(1. Zwischenbericht).

Zielsetzung. Die den Empfang im Flugzeug erschwerenden Störungen gelangen teils auf galvanischem Wege über die Heizleitungen, teils durch Strahlung der Störer und der mit ihnen verbundenen elektrischen Leitungen über die Antenne in den Empfänger. Zur Herabsetzung der durch Strahlung übertragenen Störungen ist es erforderlich, die Leitungen abzuschirmen. Zum Vergleich der Güte der Abschirmwirkung von verschiedenen Kabelmänteln wurde ein den Verhältnissen im Flugzeug entsprechendes Prüffeld-Meßverfahren entwickelt. Die hiermit an verschiedenen Kabeln und verschiedenen Schaltungsarten in Abhängigkeit von der Frequenz erhaltenen Ergebnisse werden nachfolgend mitgeteilt.

Meßanordnung. Zur Messung der Abschirmwirkung von Kabelmänteln wurde an ein 12 m langes Probestück des zu untersuchenden Kabels eine Spannung bestimmter Frequenz gelegt. Parallel zum Probestück führte die ebenfalls 12 m lange Antenne des Meßempfängers. Der Abstand der Antenne vom Kabel betrug 50 cm. Als Spannungsquelle diente ein in einem doppelabgeschirmten Käfig aufgestellter Siemens-Meßsender für 150 bis 2000 kHz. Als Empfänger wurde ein zu einem Meßgerät umgebauter Siemens-Superhetempfänger mit einem Frequenzbereich von 150 bis 350 und 550 bis 1500 kHz benutzt.

Die zu untersuchenden Leitungen wurden als einpolige (Mantel als Rückleitung) und als doppelpolige Leitungen durchgemessen. In beiden Fällen lag der Mantel an der gemeinsamen Sender- und Empfänger-Erde. Ferner wurden die Probeleitungen mit offenem und kurzgeschlossenem Ende durchgemessen.

Meßergebnisse. Bei den ersten Probemessungen zeigte sich, daß es sehr wesentlich ist, das Kabelende restlos abzuschirmen, um eindeutig wiedermeßbare Werte zu erreichen.

So wurde z.B. bei der Messung an der einpolig geschalteten Jordan-Al $\lambda$ -Leitung (Legierung AW 15) mit offenem abgeschirmtem Leitungsende der Koppelfaktor zu 1/11 000 gemessen. Nahm man die Abschirmung weg, sodaß das Leitungsende etwa 4 mm frei herausragte, so stieg die Kopplung auf 1/3000. Durch Verlängerung des Leitungsendes durch eine 2 cm lange Klemme ändert sich der Faktor auf 1/350 und bei Verlängerung durch einen angehängten Draht von 20 cm auf 1/68. Es wurde deshalb bei allen Messungen auf eine sorgfältige Abschirmung des Leitungsendes geachtet.

In Abb. 1 und 2 sind die Ergebnisse an verschiedenen Leitungsarten wiedergegeben. Grundsätzlich ergibt sich, daß die offene Leitung weniger strahlt als die kurzgeschlossene. Dieser Unterschied ist bei einpoligen Leitungen größer als bei Doppelleitungen. Er verschwindet aber bei Frequenzen, die größer als 1500 bis 2000 kHz sind.

Doppelpolige Leitungen erscheinen besser als einpolige. Die Unterschiede liegen jedoch innerhalb der Meßgenauigkeit, sodaß dies Ergebnis nur mit Vorsicht zu gebrauchen ist.

Vergleicht man die Meßergebnisse mit dem bei den Vorversuchen festgestellten Einfluß der Abschirmung des Leitungsendes, so ergibt sich, daß der Unterschied der verschiedenen Abschirmmäntel vernachlässigbar klein gegenüber der Strahlwirkung von nicht abgeschirmten Leitungsenden- und anzapfungen, wie sie im Bordnetz z.B. bei Glühlampen, Handlampen mit aufrollbarer Anschlußleitung, Heizbekleidungen usw. auftreten.

Zusammenfassung. Die untersuchten Leitungsabschirmungen sind mit Rücksicht auf die geringe erzielbare Meßgenauigkeit als ungefähr gleichwertig zu bezeichnen, ebenso die einpolige und doppelpolige Verlegung.

Auf Grund der im Flugbetrieb gesammelten Erfahrungen ergibt sich, daß die Abschirmung des Flugzeugbordnetzes nicht sehr hochwertig zu sein braucht. So können z.B. Verteilungsdosen, Schalter und ähnliche Kleinteile

Abschirmhauben entbehren. Es erübrigt sich daher, auf Grund der vorliegenden Versuchsergebnisse eine Leitungsabschirmung von besonderer Güte, sodaß die Ausführung der Abschirmung im wesentlichen durch mechanische Bedingungen gegeben sind.

Anlagen: 2 Abbildungen

DEUTSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT, E.V.

Der Leiter der Abteilung für  
Elektrotechnik und Funkwesen.

Die Bearbeiter

*Fassbender*

Fassbender

*Viehmann Schäffer*

Viehmann

Schäffer

Berlin-Adlershof, den 17. Dezember 1934

Lf 504/9.

### Einpolige Leitungen.

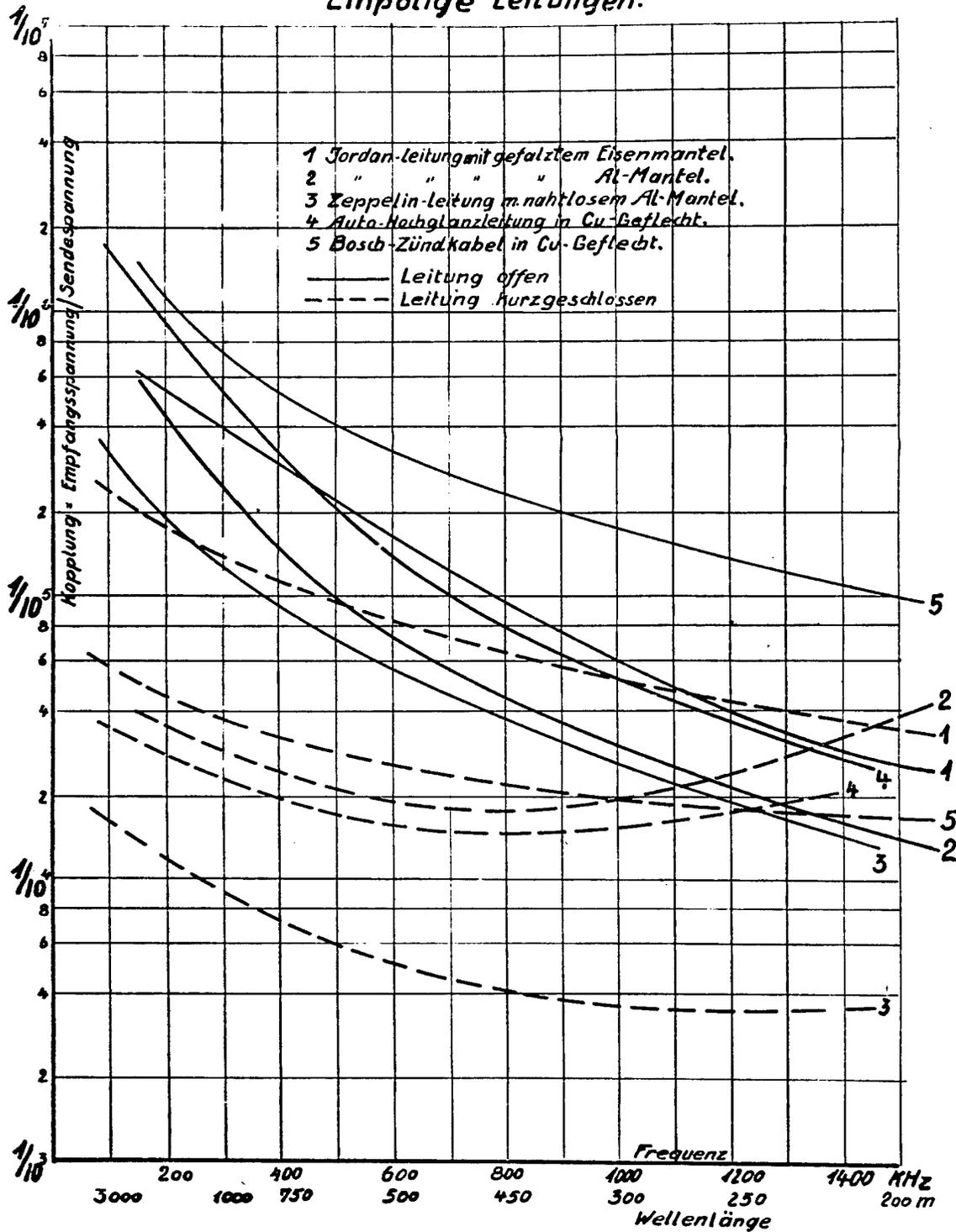


Abb.1 Kopplung in Abhängigkeit von der Frequenz bei einpoligen Leitungen.

### Zweipolige Leitungen.

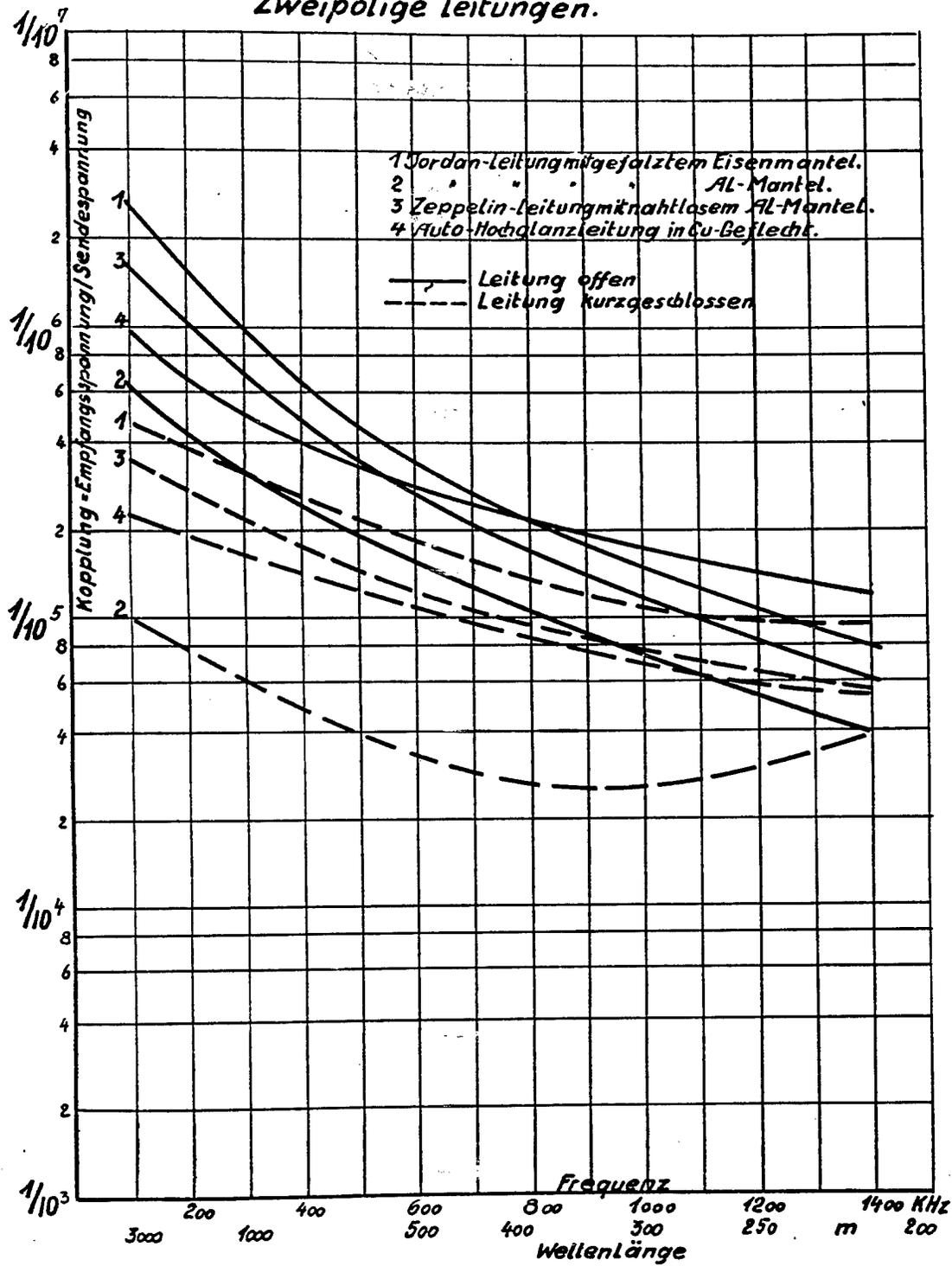


Abb.2 Kopplung in Abhängigkeit von der Frequenz bei zweipoligen Leitungen.

Nu  
im

FB/187/2  
R F

Neubauer, A

Report on various types of shielding which are used on conductors to avoid telecommunication interferences (Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung von FT-Störungen abgeschirmten Leitungen) by A. Neubauer and H. Viehmann Berlin-Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt e. V., Dec. 1934 Gern.  
Unclass. 5p of diagrs, graphs

ABSTRACT

Second interim report: It is to be determined whether the zinc spray which is used at present on the covering of conductors has sufficient shielding effect or whether entirely new coverings (such as metal) have to be used. It was found that the zinc spray and other methods of shielding used at present, are sufficient.

- (6) (1) Radio - Shielding (2) Airplanes - Electric equipment  
I. Viehmann, Heinrich, 1905-, joint author - II. FB 187/2  
III. T

ZWB 4091

AIR DOCUMENT INDEX. (T-CH)

(GERMAN) T-2 Hq AMC USAAF

Air Documents Division, T-2  
AMC, Wright Field  
Microfilm No.

R 2436 F 29

## Forschungsbericht FB187/2

*Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung  
von FT-Störungen abgeschirmten Leitungen  
(2. Zwischenbericht)*

*A. Neubauer H. Viehmann*

Untersuchung von verschiedenartig zur Vermeidung  
der FT-Störungen abgeschirmten Leitungen.

(2. Zwischenbericht).

Anlaß: Die heute verwendeten elektrischen Einbauteile (z.B. Schalter, Verteilungsdosen) haben vielfach Isolierstoffgehäuse. Für den Fall, daß das Ergebnis der laufenden Untersuchungen ihre metallische Kapselung zur Vermeidung von FT-Störungen erfordern sollte, ist zu prüfen, ob die ohne große Änderung des Bestehenden ausführbare Spritzverzinkung des Isolierstoffgehäuses genügt, oder ob die wesentlich schwerere Ummantelung der Einbauteile mit Blech oder gar die Ausführung der Gehäuse aus Metall notwendig ist. Um eine Vergleichsmöglichkeit mit Leitungsabschirmungen zu erhalten, wurde die Spritzverzinkung auf ein 1 m langes Bakelitpapierrohr aufgebracht und die Abschirmwirkung auf eine im Inneren des Rohres liegende Leitung beobachtet.

Meßanordnung. Zur Bestimmung des Hochfrequenzwiderstandes der Abschirmung wurde ein bekannter Strom von einem Sender über das zu prüfende Kabel geschickt und der Spannungsabfall längs des Außenmantels in Abhängigkeit von der Frequenz gemessen (Abb.1). Die Meßgeräte, ein geeichter Allwellenempfänger bzw. ein Siemensstörsuchgerät in Verbindung mit einem Störmeßgerät, befanden sich im Inneren einer geerdeten Abschirmzelle, während der Sender außerhalb der Zelle zur Vermeidung einer unmittelbaren Einwirkung auf den Empfänger angeordnet war. Aus dem Sendestrom und dem Spannungsabfall längs des Außenmantels wurde der Widerstand des Prüflings in Ohm/m bestimmt.

Um die Abschirmwirkung der verschiedenen Metallmäntel (Kopplungsfaktor) miteinander vergleichen zu können, wurde eine Antenne mit dem Prüfling gekoppelt (Abb.2). Diesmal befand sich im Inneren der zu prüfenden Abschirmung eine Schleife, an deren Ende außerhalb der Zelle bekannte Spannungen verschiedener Frequenz gelegt wurden. Mit der Antenne war im Inneren der Zelle wieder ein geeichter Meßempfänger verbunden, der die auf die Antenne induzierte Spannung zu messen gestattete. Aus dem Ver-

hältnis: Sendespannung zu induzierter Spannung ergibt sich die Abschirmwirkung (Schirmfaktor) in Abhängigkeit von der Frequenz. In Abb.2 ist der Kopplungsfaktor aufgetragen der dem reziproken Wert des Schirmfaktors entspricht.

Meßergebnisse: Gemessen wurden folgende Prüflinge:

- 1) Bakelitpapierrohr mit 0,08 mm Zinkbespritzung,  
Ø 22x1 mm, Gleichstromwiderstand:

$$R = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Ohm/m}$$

- 2) "Vauelfa" Beleuchtungskabel 2x1,5<sup>2</sup>, Duralbeflechtung,  
Gleichstromwiderstand:

$$R = 1,07 \cdot 10^{-2} \text{ Ohm/m}$$

- 3) "Vauelfa" Beleuchtungskabel 2x4<sup>2</sup>, Aluminiumbeflechtung,  
Gleichstromwiderstand:

$$R = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm/m}$$

- 4) Messingrohr, Ø 22x1 mm,  
Gleichstromwiderstand:

$$R = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm/m}$$

Der Hochfrequenzwiderstand (Abb.1) nimmt mit wachsender Frequenz zu. Die Meßwerte sind leider nur als Relativwerte anzusehen, da beim Messingrohr aus bisher nicht geklärten Gründen der Hochfrequenzwiderstand teilweise niedriger als der Gleichstromwiderstand ist; aus diesem Grunde sind auch die übrigen Werte mit Vorsicht zu gebrauchen. Mit Sicherheit kann man lediglich aussagen, daß bei den untersuchten Prüflingen der Hochfrequenzwiderstand ungefähr in der Größenordnung des Gleichstromwiderstandes liegt.

Die Kopplungsfaktoren zeigen die kleinste Kopplung (d.h. die beste Abschirmung) bei mittleren Wellen um 300 m (1000 kHz). Das Messingrohr ist entsprechend seiner besseren Hochfrequenz- und Gleichstromleitfähigkeit etwa eine Dekade besser als die übrigen drei Prüflinge, die, wie auch die Widerstandswerte zeigen, ungefähr gleichwertig sind. Die bewährte Abschirmung der Hochspannungszündleitung aus 0,2 mm dicken, verzinnenden Kupferdrähten hat einen Gleichstromwiderstand von  $4 \cdot 10^{-3}$  Ohm/m, ist also in der Schirmwirkung etwa doppelt so gut wie die Aluminiumgeflechte und das Bakelitrohr. Da für die Zündkabelabschirmung das Kupfergeflecht weitaus genügt, sind auch die Aluminiumgeflechte und die Zinkbespritzung

als hinreichende Abschirmungen anzusehen. Den Zusammenhang mit der gesamten Entstörungsfrage schildert der Rahmenbericht: "Entstörung des Flugzeug FT-Empfang" vom 4. Dezember 1934.

Anlagen: 2 Abbildungen

DEUTSCHE VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT, E.V.

Der Leiter der Abteilung für  
Elektrotechnik und Funkwesen

Die Bearbeiter

*Fassbender*

Fassbender

*Neubauer*

Neubauer

*Viehmann*

Viehmann

Berlin-Adlershof, den 28.12.1934  
Lf 504/9.

He/K.

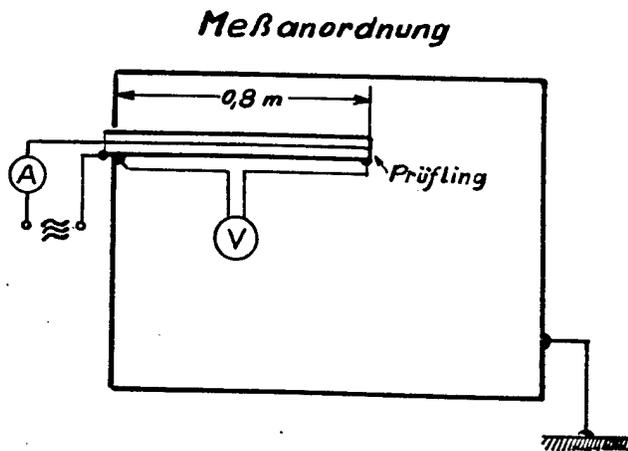
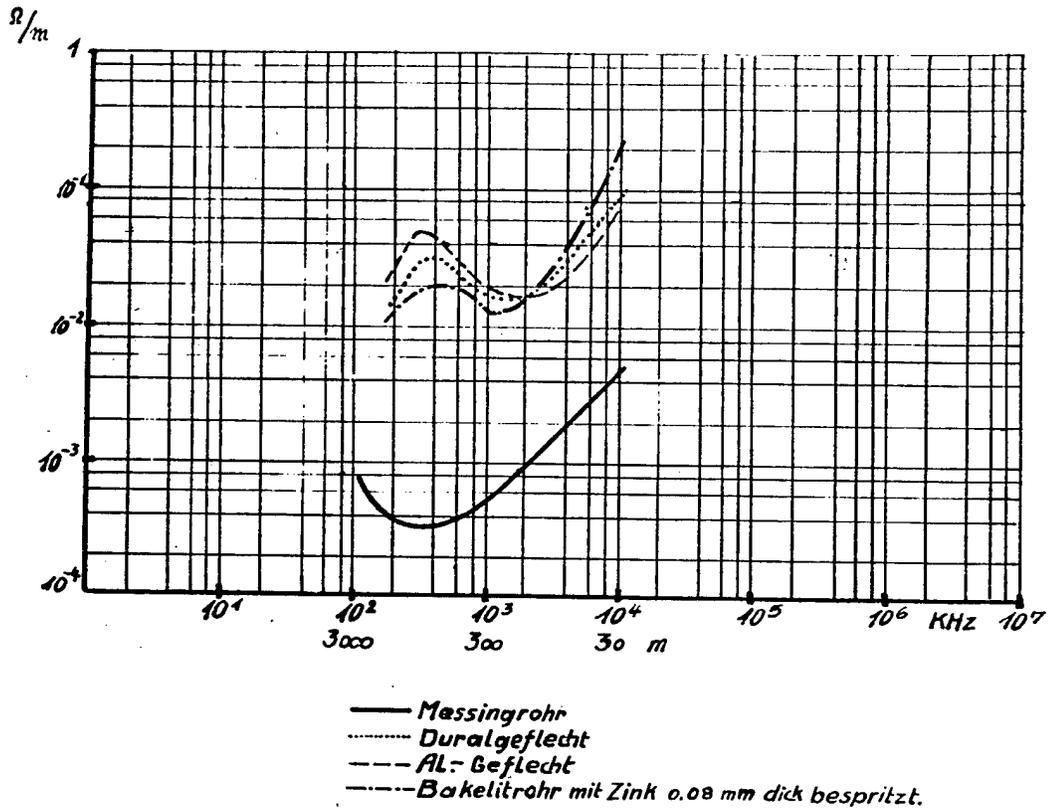
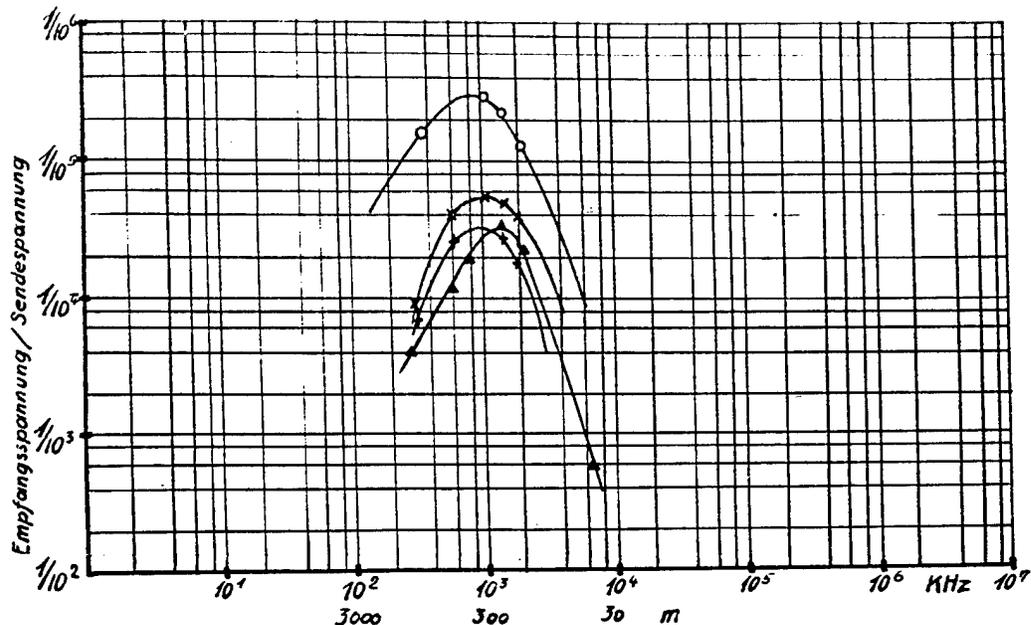


Abb.1 Hochfrequenzwiderstand verschiedener Abschirmungen.



- Messing-Rohr
- × Dural-Beflecht
- + AL-Beflecht
- ▲ Bakelitrohr mit Zink 0,08 mm dick bespritzt.

### Meßanordnung.

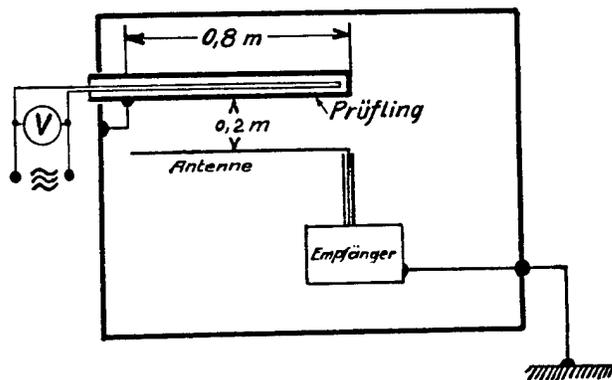


Abb. 2 Kopplungsfaktor verschiedener Abschirmmäntel.

1.5

Research work on electric coupling between aircraft wiring systems and cables (Erschließung von Flugzeug-Systemen mit dem Bordnetz ...)

by A. Neubauer, H. Schäffer and H. Viehmann

Technische Versuchsberichte für Luftfahrt, Nr. 107

1943

12. Luftwaffenamt  
 612, Wiesbaden  
 2436/40

Forschungsbericht Nr. 107

Kopplung von Flugzeug-Systemen mit dem Bordnetz und Wirkung von verschiedenen Bordnetz-Anschlüssen

A. Neubauer H. Schäffer H. Viehmann

Kopplung von Flugzeug-Antennen mit dem Bordnetz und  
Wirkung von verschiedenen Bordnetz-Abschirmungen.

Übersicht: Um den vom Bordnetz durch Strahlung auf die Antenne übertragenen Störanteil bestimmen zu können, wurde die Kopplung zwischen Bordnetz und einer über die Flügel verspannten (Fest-) Antenne bei 7 Flugzeugmustern und bei Wellenlängen zwischen 20 und 2 000 m (15 000 bis 150 kHz) gemessen. Die Wirksamkeit von verschiedenen Abschirmbaustoffen und Abschirmausführungen wurde bei ein- und zweipoliger Verlegung ermittelt und der Einfluß von Lücken in der Abschirmung festgestellt.

Gliederung: I. Ausgeführte Messungen.

1. Kopplungsmessungen zwischen Bordnetz und Festantenne.
2. Untersuchung von Abschirmmänteln.
3. Untersuchung von zinkbespritzten Isolierstoffgehäusen.
4. Einfluß von Abschirmlücken und ungeschirmten elektrischen Zusatzgeräten auf die Kopplung.

II. Meßverfahren.

1. Kopplungsmessungen zwischen Bordnetz und Festantenne.
2. Untersuchung von Abschirmmänteln.
3. Untersuchung eines zinkbespritzten Hartpapierrohres.
4. Messung des Einflusses von Abschirmlücken und eines Heizanzuges auf die Kopplung.

III. Meßergebnisse.

1. Kopplungsmessungen zwischen Bordnetz und Festantenne.
2. Leitungsabschirmungen.
3. Zinkbespritztes Hartpapierrohr.
4. Leitungen mit Abschirmlücken und Heizanzug.

IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Der Bericht umfaßt:

26 Seiten mit  
15 Abbildungen.

DEUTSCHE VERSUCHSTANSTALT FÜR LUFTFAHRT, E.V.

Der Leiter der Abteilung für  
Elektrotechnik und Funkwesen

*Fassbender*

Fassbender.

Die Bearbeiter

*Neubauer Schäffer Viehmann*

Neubauer, Schäffer, Viehmann.

Berlin-Adlershof, den 3. Mai 1935  
Lf 504/7 und Lf 504/9  
Zu X 34/3231.

## I. Ausgeführte Messungen.

### 1. Kopplungsmessungen zwischen Bordnetz und Festantenne.

Um rechnerische Unterlagen für die Übertragung von Hochfrequenzstörungen aus dem Bordnetz auf die Flugzeugantenne zu haben, wurden im Sommer 1934 von der DVL gemeinsam mit Siemens Kopplungsmessungen an Flugzeugen ausgeführt, die in drei SAM-Berichten (Siemens-Apparate und Maschinen G.m.b.H.) "Über Entstörungsarbeiten an Flugzeugen" niedergelegt sind. Diese Versuche sollten zunächst nur einen Überblick geben. Sie wurden lediglich bei etwa 90 m (3500 kHz) durchgeführt. Nach Klärung der grundlegenden Fragen und Schaffung geeigneter Meßgeräte sind diese Messungen von der DVL auf den Wellenbereich 20 bis 2000 m (15 000 bis 150 kHz) und auf folgende Flugzeuge ausgedehnt worden:

Flugzeuge der Ganzmetallbauweise:

Ju 52, Ju 52 mit Sondereinbauten, Boeing, W33;

Flugzeuge der Gemischtbauweise:

Do 11 Focke-Wulf-Moewe, He 45, He 46.

Die Antenne war stets in der üblichen Form über die Flügel gespannt und besaß eine abgeschirmte Niederführung (T-Antenne). Die Klärung der Verhältnisse bei Verwendung einer Schleppantenne muß aus Mangel an geeigneten Meßgeräten einer späteren Untersuchung überlassen werden.

### 2. Untersuchung von Abschirmmänteln.

Zur genaueren Erforschung der Kopplungsverhältnisse bei verschiedenen Abschirmmänteln wurden im Laboratorium die gleichen Messungen an verschiedenartig abgeschirmten Leitungen in konzentrischer und symmetrischer (ein- und zweepoliger) Verlegung durchgeführt.

### 3. Untersuchung von zinkbespritzten Isolierstoffgehäusen.

Da in die heutigen Bordnetze vielfach elektrische Einbauteile wie Schalter, Verteiler- und Steckdosen mit Isolierstoffgehäuse, also ungeschirmt eingebaut sind, war zu prüfen, ob eine Zinkbespritzung der Isolierstoffgehäuse als Abschirm-

mantel genügt, oder ob die wesentlich schwerere Ummantelung mit Blech oder gar die Ausführung der Gehäuse in Metall sich als nötig erweist. Um eine Vergleichsmöglichkeit mit der üblichen Leitungsabschirmung zu erhalten, wurde die Spritzverzinkung auf ein 1 m langes Hartpapierrohr aufgebracht, die Abschirmwirkung auf eine im Inneren des Rohres liegende Leitung beobachtet und mit normalen Abschirmmänteln verglichen.

#### 4. Einfluß von Abschirmlücken und ungeschirmten elektrischen Zusatzgeräten auf die Kopplung.

Außer der reinen Abschirmwirkung wurde auch der Einfluß von Abschirmlücken im Bordnetz, sowie der Anstieg der Kopplung durch ein- und zweipoligen Anschluß von unabgeschirmten Zusatzgeräten (z.B. Heizanzug) untersucht. Auch diese Messungen sind an einem nachgebildeten Bordnetz im Laboratorium vorgenommen worden.

## II. Meßverfahren.

### 1. Kopplungsmessungen zwischen Bordnetz und Festantenne.

Eine bekannte Hochfrequenzspannung wurde als Ersatz der Störspannung in das Bordnetz hineingesendet und die von ihr erzeugte Eingangsspannung eines geeichten Empfängers, der an einer über die Flügel verspannten T-Antenne lag, gemessen. Das Verhältnis: Empfängereingangsspannung zu Senderspannung ist im folgenden mit Kopplung zwischen Bordnetz und Antenne bezeichnet. Dies ist zulässig, wenn im praktischen Betrieb wie bei diesen Messungen der Empfängereingangswiderstand hochohmig gegenüber dem Antennenwiderstand ist.

Die T-Antenne wurde willkürlich aus den verschiedenen gebräuchlichen Antennenformen als Vergleichsantenne herausgegriffen. Die Verhältnisse bei Verwendung von anderen Antennen wurden (bis auf die Schleppantenne) durch Vergleichsversuche festgestellt. Die Messungen mit Schleppantenne müssen im Flug vorgenommen werden und konnten daher wegen Mangel an hierfür geeigneten Meßgeräten bis jetzt noch nicht in Angriff genommen werden.

Die Niederführung war, wenn nicht anders angegeben, abgeschirmt in Hochfrequenzkabel verlegt, die Antenne selbst unabgestimmt. Bei abgestimmten Antennen wären engere Kopplungen zu erwarten. Dieser Fall wurde aber nicht untersucht, da die im Flugbetrieb gebräuchlichen Empfänger mit Rücksicht auf die Erschütterungsstörungen<sup>1)</sup> ohne Antennenabstimmung arbeiten. Die Meßempfänger waren wie die meisten Flugzeugempfänger aperiodisch mit der Antenne gekoppelt. Die ungefähren Antennenlängen betragen bei einer mittleren Höhe von 50 cm über den Flügeln bei den Flugzeugen:

Ju 52	26 m,
Boeing	25 m,
Do 11	25 m,
Moewe	18 m,
W 33	15 m,
He 45	11 m,
He 46	11 m.

Als Meßempfänger diente ein von S&H umgebauter Allwelleempfänger mit einer Eingangskapazität von 50 pF, der im Gegensatz zu früher mit unmodulierter Hochfrequenz geeicht war. Sein Audion wurde durch Anziehen der Rückkopplung zum Schwingen und zur Interferenz mit der einfallenden Hochfrequenz gebracht. Die Batterien und Zuleitungen waren sorgfältig abgeschirmt. Als Kriterium für die richtige Einstellung der Rückkopplung und der Abstimmung diente der maximale Ausschlag eines Siemens-Geräuschwertanzeigers (ST.M.G.33) bei einem Schwebungston von 1000 Hz, der Geräuschwertanzeiger lag hierbei parallel zum Kopfhörer im Ausgang. Die Einstellung der Empfängerempfindlichkeit erfolgte stets auf dieselbe Ausgangsspannung durch Regelung der Gittervorspannung, die auf die Hochfrequenzröhren wirkte. Die Verstärkung des Empfängers war dauernden Schwankungen unterworfen, sodaß er etwa alle 8 Tage nachgeiecht werden mußte. Im Bereich von 200 bis 2000 m (1500 bis 150 kHz) wurden die Meßwerte mit einem später ge-

1) Brintzinger, v. Handel, Viehmann: Erschütterungsstörungen bei ortsbeweglichen Empfängern. Z.f. Hochfr. u. Elektroak. Bd. 38, 1931, S. 1/14. DVL-Bericht Lf 71/1.

lieferten Siemens-Meßsuperhet nachgeprüft, der einen stabilisierten Netzanschlußteil und eine auch über längere Zeiträume gültige Eichung besitzt. Sein Eingangswiderstand beträgt 1000 bis 7000 Ohm je nach der Wellenlänge.

Der Sender hat eine Steuer- und eine Leistungsstufe und umfaßt einen Wellenbereich von 15 bis 2000 m (20 000 bis 150 kHz). Als Spannungsmesser wurde senderseitig ein Hochfrequenz-Thermoelement mit Vorschaltwiderstand benutzt. Der Sender mit seinen Meßgeräten war durch Einbau in einen doppelwandigen Käfig vollständig geschirmt, die Netz- und Speiseleitungen durch besondere Abschirmung und Verdrosselung entstört, um unerwünschte Kopplungen auf das zu untersuchende Bordnetz zu vermeiden.

## 2. Untersuchung von Abschirmmänteln.

Zur Messung der Abschirmwirkung von Kabelmänteln wurde an ein 12 m langes Probestück des zu untersuchenden Kabels eine Spannung bestimmter Frequenz gelegt (Spannungsquelle wie unter 1). Parallel zum Probestück lag die ebenfalls 12 m lange Antenne des Meßempfängers. Der Abstand der Antenne vom Kabel betrug 50 cm. Als Meßempfänger wurde ein von S&H entliehener Meßsuperhet benutzt.

Die zu untersuchenden Leitungen wurden sowohl einpolig (Mantel als Rückleitung) als auch doppelpolig mit offenem und kurzgeschlossenem Ende durchgemessen. (Schaltung ähnlich Abb. 12). Der Mantel lag immer an der gemeinsamen Empfänger- und Sendererde.

## 3. Untersuchung eines zinkbespritzten Hartpapierrohres.

Da für die Untersuchung des zinkbespritzten Hartpapierrohres nur Längen von 1 m zur Verfügung standen, wurden die Vergleichsmessungen ähnlich wie oben, aber im verkleinerten Maßstab in einer Abschirmzelle durchgeführt. Die Meßanordnung und die näheren Angaben sind aus Abb. 11 zu ersehen.

## 4. Messung des Einflusses von Abschirmlücken und eines Heizanzuges auf die Kopplung.

Zur Bestimmung des Einflusses von Abschirmlücken bzw.

der Kopplungsvergrößerung durch Anschalten von ungeschirmten Zusatzgeräten diene eine wahlweise auf einpolige und zweipolige Verlegung umschaltbare, abgeschirmte, lackierte Niederspannungsleitung. Ihre Kopplung wurde in der oben dargestellten Weise auf eine Parallelantenne mit angeschlossenen Meßsuperhet bei vollständiger und lückenhafter Abschirmung bestimmt. Alle wichtigen Maße gehen aus Abb. 12 hervor.

Abb. 12  
S. 5. 23

### III. Meßergebnisse.

#### 1. Kopplungsmessungen zwischen Bordnetz und Festantenne.

Allgemein gilt, daß schlechte Verbindungen der Abschirmhüllen untereinander zu vagabundierenden Störströmen Anlaß geben können, die sich auf einem bequemeren, zum Teil kapazitiven Weg ausgleichen. Sie bilden dabei Stromschleifen, die in der Antenne Störspannungen hervorrufen. Die Güte einer Abschirmung ist also wesentlich von der Sorgfalt bei der Verlegung abhängig.

Bei der Betrachtung von Kopplungen zwischen Bordnetz und Antenne ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen der Ganzmetall- und der Gemischtbauweise.

Ganzmetallflugzeuge haben durch ihre Bauart schon einen natürlichen Schutz gegen allzu starke Kopplungen, obwohl nicht außer acht gelassen werden darf, daß durch schlechte Masseverbindungen und Wackelkontakte zwischen der Bordnetzabschirmung und der Metallhaut zusätzliche Störquellen entstehen können. Allzu groß ist die Abschirmwirkung der Metallhaut nicht, da die Bleche vor dem Zusammenbau zum Schutz gegen Korrosion lackiert und dann erst durch Nieten verbunden werden. Die elektrischen Verbindungen sind also sehr unsicher.

Die an vier verschiedenen Ganzmetallflugzeugen gemessenen Kopplungen zeigen die Abb. 1 bis 4. Die Kopplungswerte liegen hauptsächlich zwischen  $10^{-3}$  und  $10^{-5}$ . Ein wesentlicher Unterschied zwischen der einpoligen (Boeing D-AKIN) und der in Deutschland gebräuchlichen zweipoligen Verlegung (Ju 52 und W 33) konnte nicht festgestellt werden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, daß kleine Abschirmrücken, die in

Ab 1/4  
S. 5. 12/15

Abb. 2  
S.S. 13

beiden Fällen die Abschirmung um einiges verschlechtern, die Unterschiede verwischen, während sie im Laboratorium bei einwandfrei ausgeführter Abschirmung gut meßbar sind (siehe Abschnitt III 2 und 4). Woher die außergewöhnlich feste Kopplung der Heckleitung bei der Ju 52 D-ALEF (Abb. 2) kommt ist schwer zu sagen, kann aber aus Meßfehlern allein nicht befriedigend erklärt werden. Ob sie auf die zusätzlichen Einbauten (ungeschirmte SO-Geräteleitungen, Siemens-Bordverständigungsanlage) zurückzuführen ist, muß noch untersucht werden. Weiter bleibt festzustellen, ob das eine besondere Eigenschaft dieses Flugzeuges oder eine gemeinsame Eigenschaft von allen Flugzeugen mit dieser Ausrüstung ist.

Abb. 5  
S.S. 16

Abb. 6  
S.S. 17

Abb. 7  
S.S. 18

Abb. 8  
S.S. 19

Bei den Maschinen der Gemischtbauweise sind die Kopplungen in den meisten Fällen enger. Am besten ist die Do 11 D-ABOL, deren Meßwerte in die Größenordnung der Ganzmetallmaschinen fallen (Abb. 5). Bei der Moewe D-UNOX, deren Bordnetz von der DVL in Jordanleitung mit Aluminium- und Eisenmantel verlegt wurde, sind die Werte um eine Dekade schlechter, trotzdem die Abzweigdosen gekapselt waren (Abb. 6). Die He 45 D-IFIP zeigt ähnliche Meßwerte, wobei erwähnt werden muß, daß die etwa 2 m lange Leitung zum Bildgerät nicht abgeschirmt war (Abb. 7). Die Messung an der He 46 D-IHIX ergab sehr hohe Kopplungen:  $10^{-1}$  bis  $10^{-3}$  für das Backbordpositionslicht, für die Batterieanschlusklemmen sind die Werte unwahrscheinlich hoch (Abb. 8). Das Bordnetz war in Rohr verlegt, die Abschirmung hatte aber eine 20 cm breite Lücke zwischen Rumpf und Flügel; außerdem verlief an dieser Stelle ein Teil der festeingebauten ungeschirmten Antennenzuleitung über eine große Strecke parallel mit dem Bordnetz, sodaß hieraus die sehr feste Kopplung zum Teil erklärt werden kann.

Vergleichsmessungen mit anderen Festantennen bei etwa 90 m Wellenlänge (3500 kHz) ergaben, daß über die Flügel gespannte Dipole bis zu 10 mal geringere Kopplungen aufwiesen als die T-Antenne. Eine vom Bug zu den Leitwerksenden gespannte V-Antenne zeigte bei der Focke-Wulf-Moewe (bei abgeschirmtem Bordnetz) etwa dieselbe Kopplung wie die T-Antenne. Bei der Do 11 D-AJOL war die Kopplung der V-Antenne

ausgewertet ist mit großer Genauigkeit der 1-Intensität.

Der Verlauf der Abschirmung der Antenneneinführung war bei keinem Messwert festzustellen.

Für die Hochspannung sind geringere Kopplungen als für die Festspannung zu erwarten, da sie sich sehr rasch vom Flugzeug entfernt. Eine Nachprüfung dieser Aussage muß verschoben werden, bis die hierfür erforderlichen Geräte (für die Messung im Flug) fertiggestellt sind.

## 2. Leitungsabschirmungen.

Die Untersuchung von verschiedenartig abgeschirmten Leitungen ergab die in Abb. 9 und 10 wiedergegebenen Kurven bei folgenden Abschirmmänteln:

1. Jordanleitung  $2 \times 1,5^2$  mit gefalztem Eisenmantel, Gleichstromwiderstand des Mantels  $R = 1,7 \cdot 10^{-2}$  Ohm/m.
2. Jordanleitung  $2 \times 1,5^2$  mit gefalztem Aluminiummantel, Gleichstromwiderstand  $R = 6,7 \cdot 10^{-3}$  Ohm/m.
3. Zeppelinleitung  $2 \times 0,75^2$  mit nahtlosem Aluminiummantel, Gleichstromwiderstand  $R = 3,9 \cdot 10^{-3}$  Ohm/m.
4. Lackierte Niederspannungsleitung  $2 \times 1,5^2$  in Kupfergeflecht, Gleichstromwiderstand  $R = 4,7 \cdot 10^{-3}$  Ohm/m.
5. Bosch-Hochspannung-Zündleitung  $1,5^2$  in Kupfergeflecht, Gleichstromwiderstand  $R = 4,1 \cdot 10^{-3}$  Ohm/m.

Grundsätzlich ergibt sich, daß die am Ende offene Leitung weniger strahlt als die kurzgeschlossene. Dieser Unterschied ist bei einpoligen Leitungen größer als bei Doppelleitungen. Er erklärt sich aus dem bei Kurzschluss fließenden größeren Strom. Die Störstrahlstärke ist gleich diesem Strom mal einem Festwert, den man sich als effektive Höhe denken kann. Der Unterschied verschwindet bei Frequenzen, die größer als 1000 bis 2000 MHz sind. Die Kopplung der verschiedenen Abschirmmäntel liegt innerhalb einer Größenordnung und deckt sich mit den Vergleichswerten von Abb. 11.

## 3. Zinkbeschichteten Hartpapierrohr.

Die Gleichstromwiderstände der verschiedenen Prüflinge waren:

1. Hartpapierrohr mit 0,05 mm Zinkbeschichtung, Außendurchmesser 22 mm, Gleichstromwiderstand  $R = 1,1 \cdot 10^{-2}$  Ohm/m.
2. Vauelfa Beschichtungsmantel  $2 \times 1,5^2$  mit Zinkbeschichtung, Gleichstromwiderstand der Beschichtung  $R = 1,7 \cdot 10^{-3}$  Ohm/m.

3. Vauelfa Beleuchtungskabel  $2 \times 4 \text{ mm}^2$  mit Aluminiumbeflechtung, Gleichstromwiderstand der Beflechtung  
 $R = 8,4 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm/m.}$
4. Messingrohr, Durchmesser  $22 \times 1 \text{ mm}$ , Gleichstromwiderstand  
 $R = 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ Ohm/m.}$

Abb. 11  
S.S. 22 Die Versuchsergebnisse zeigt Abb. 11. Allgemein gilt, daß die Abschirmwirkung umso besser wird, je kleiner der Gleichstromwiderstand des Abschirmmantels ist. Ergänzende Messungen ergaben, daß Gleichstrom- und Hochfrequenzwiderstand bei den oben aufgeführten Leitungen ungefähr verhältnisgleich sind.

#### 4. Leitungen mit Abschirmrücken und Heizanzug.

Schon bei der Untersuchung der Abschirmmäntel zeigte sich, welche großen Einfluß Lücken in der Abschirmung haben. So wurde z.B. an der einpolig geschalteten Jordan-AL-Leitung (Legierung AW 15) mit offenem, abgeschirmten Leitungsende eine Kopplung von  $10^{-4}$  gemessen (Abb. 9). Nahm man die Abschirmung weg, sodaß das Leitungsende etwa 4 mm frei herausragte, so stieg die Kopplung auf  $3 \times 10^{-4}$ . Durch Verlängerung des Leitungsendes durch eine 2 cm lange Klemme änderte sich die Kopplung auf  $3 \times 10^{-3}$  und bei Verlängerung durch einen angehängten Draht von 20 cm Länge auf  $1,5 \times 10^{-2}$ . Zur weiteren Klärung des Einflusses von Abschirmrücken wurde die Versuchsanordnung Abb. 12 benutzt. Die mit den Zahlen 1 bis 6 bezeichneten Stellen der Leitung sind Unterbrechungen der Abschirmung. Die Unterbrechungsstellen waren mit einem Kupferdraht leitend überbrückt; mit einem Abschirmschlauch von größerem Durchmesser konnten sie vollständig eingehüllt werden. In der Abszisse der Abb. 13 bis 15 gibt die Zahl 0 die Meßwerte an, bei denen alle Lücken vollständig geschlossen waren, die Zahlen 1 bis 6 die Meßwerte, bei denen eine dieser Stellen geöffnet, bzw. der Heizanzug ein- oder zweipolig mit der Hochfrequenz führenden Leitung ungeschirmt verbunden war. Beim einpoligen Anschluß des Heizanzuges an die konzentrische Leitung lag der Anzug am spannungsführenden Pol<sup>2)</sup>.

2) Dieser Fall hat praktisch keine Bedeutung, da man bei konzentrischer Leitung stets den Spannungspol abschalten wird. Der andere Pol des Heizanzuges liegt dann an Masse und übt keinen merklichen Einfluß auf die Kopplung aus.

Abb. 13/15  
s. S. 24/26

Der Heizanzug war auf einem Stuhl befestigt. Er befand sich jeweils unterhalb der Anschlußstelle. Sein Gleichstromwiderstand betrug ungefähr 1,2 Ohm. Die Kurven der Abb. 13 bis 15 zeigen deutlich den Vorteil der doppelpoligen Verlegung auf die Abschirmwirkung. Eine Lücke verschlechtert die Abschirmung um etwa eine Größenordnung; der 2-polige Anschluß des Heizanzuges um etwa 2 und der einpolige Anschluß des Heizanzuges um etwa 3 Größenordnungen. Im Flugzeug brachte der doppelpolig angeschlossene Heizanzug bei verschiedenen Messungen auch in Gemischtbaumaschinen keine so große Verschlechterung der Abschirmung, da dort einige unabgeschirmte Stellen bereits vorhanden waren (z.B. Verteiler und Steckdosen, Leitungen hinter den Gerätebrettern usw.). Eine Beschaltung der Heizanzugeingangsklemmen mit einem Kondensator von 1,5 uF ergab in dem untersuchten Wellenbereich keine wesentliche Besserung (1 : 1,7), da der kapazitive Widerstand des Kondensators nur wenig kleiner ist als der Widerstand des Heizanzuges.

Es muß ausdrücklich betont werden, daß die unter 2,3 und 4 angegebenen Ergebnisse reine Vergleichswerte sind. Sie gelten also absolut nur für die bei den Versuchen vorhanden gewesene Anordnung.

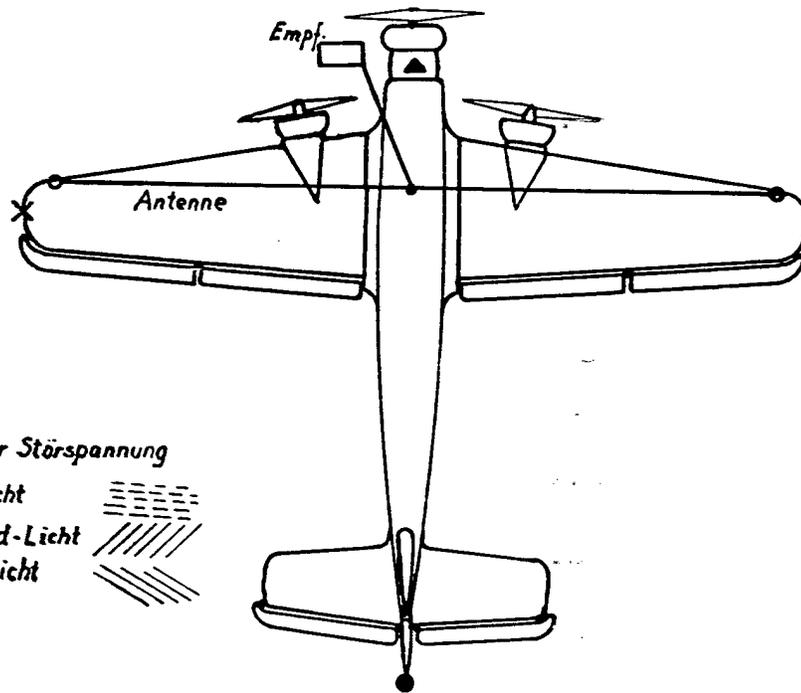
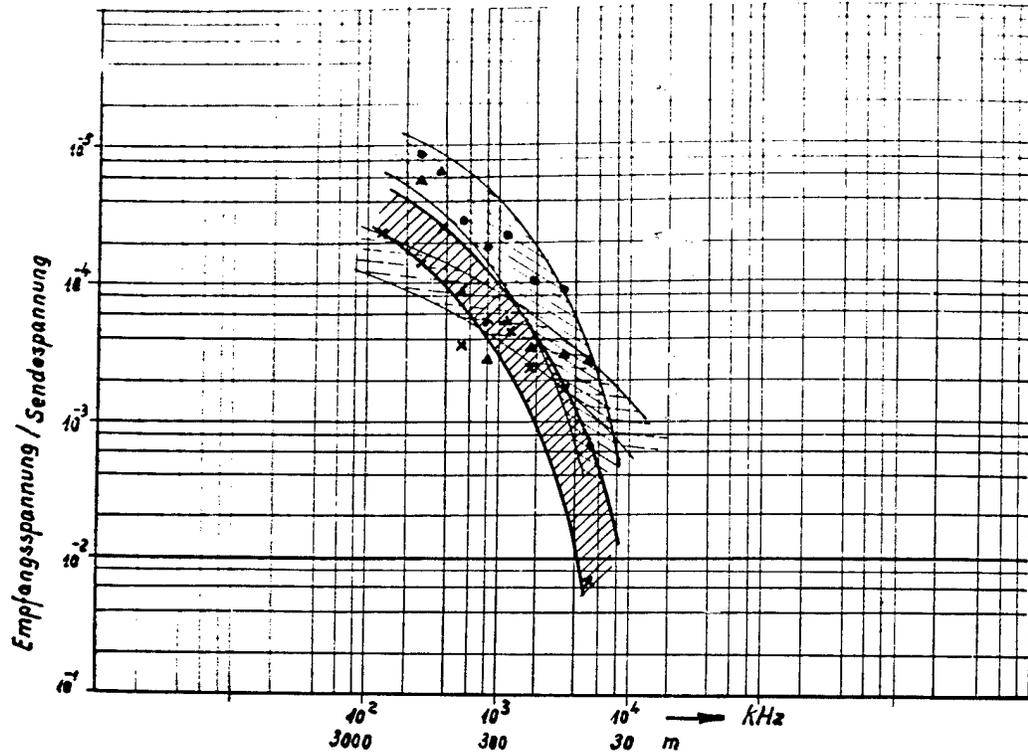
#### IV. Zusammenfassung der Ergebnisse.

Die Messung der Kopplung zwischen Flugzeugbordnetzen und Empfängern mit Festantenne ergab im Wellenbereich von 20 bis 2000 m (15000 bis 150 kHz) bei Ganzmetallflugzeugen Werte zwischen  $10^{-3}$  und  $10^{-5}$ , bei Flugzeugen der Gemischtbauweise solche von  $10^{-1}$  bis  $10^{-5}$ .

Kopplungsmessungen im Laboratorium ließen Vergleiche an verschiedenen Abschirmbaustoffen zu und ergaben, daß die Kopplung mit steigendem Gleichstromwiderstand der Abschirmung zunimmt. Der Hochfrequenzwiderstand wächst proportional mit dem Gleichstromwiderstand. Eine 7 cm große Lücke in der Abschirmung einer 10 m langen Leitung erhöht die Kopplung von  $10^{-6}$  auf  $10^{-5}$  bei zweipoliger- und von  $10^{-5}$  auf  $10^{-4}$  bei einpoliger Verlegung. Solche Lücken verwischen den Unter-

schied zwischen der zweipoligen und der abschirmtechnisch ungünstigeren einpoligen Verlegung. Zweipolig angeschlossene ungeschirmte Zusatzgeräte (Heizanzug, Handlampe) bringen eine Verschlechterung von 2 Größenordnungen, bei einpoligem Anschluß erhöhen sie die Kopplung um etwa 3 Größenordnungen. Es wird deshalb bei zweipoliger Verlegung vorgeschlagen, Zusatzgeräte (Heizanzug, Handlampe) statt wie bisher einpolig zweipolig vom Netz abzuschalten. Bei einpoliger Verlegung genügt einpolige Abschaltung vom Spannungspol.

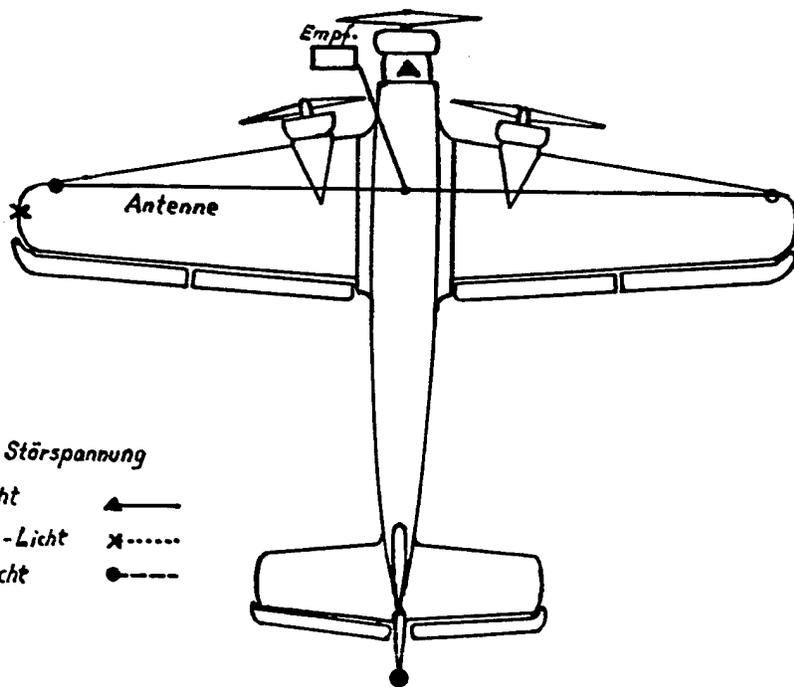
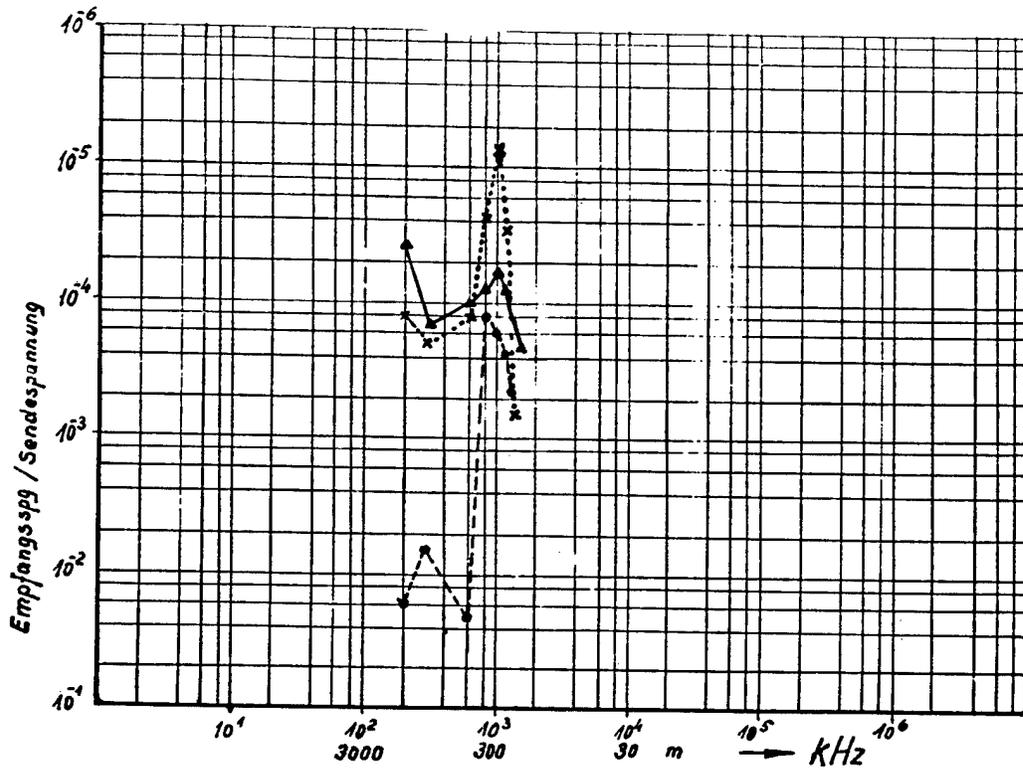
Durch Bespritzen von Isolierstoffhüllen mit Zink läßt sich eine hinreichende Abschirmung erzielen.



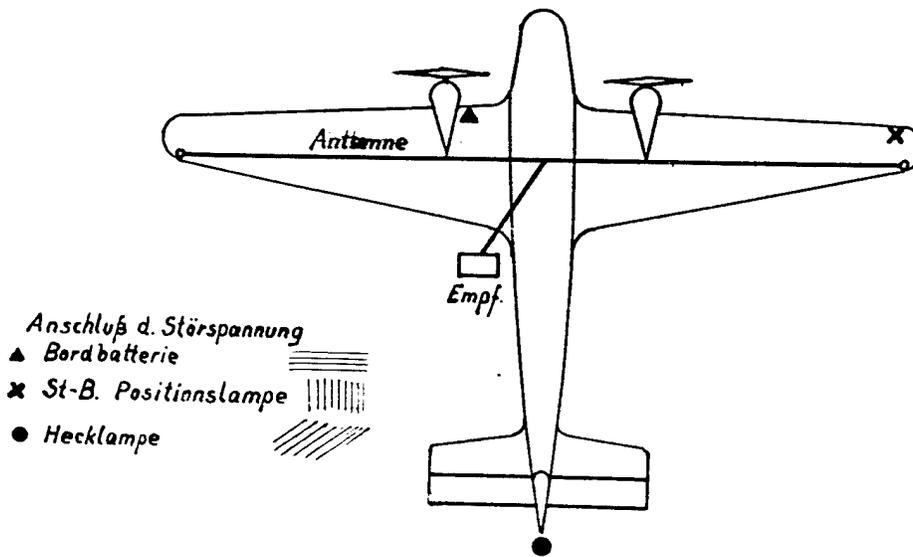
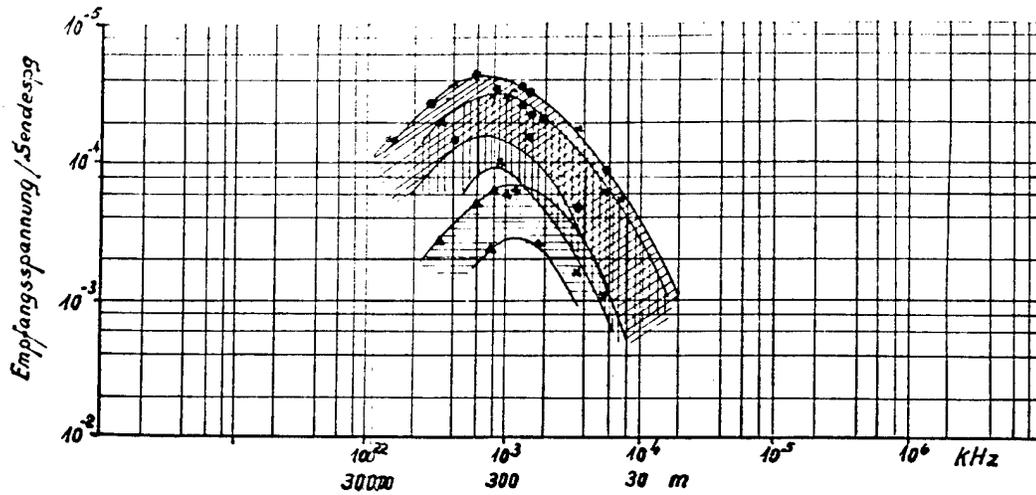
Anschluß der Störspannung

- ▲ Bug-Licht
- x Backbord-Licht
- Heck-Licht

**Abb.1** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der Ju 52 D-ANAH, gemessen mit dem Allwellenempfänger.



**Abb.2** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der Ju 52 D-ALEF, gemessen mit dem Superhet.



**Abb.3** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der Boeing D-AKIN, gemessen mit dem Allwellenempfänger.

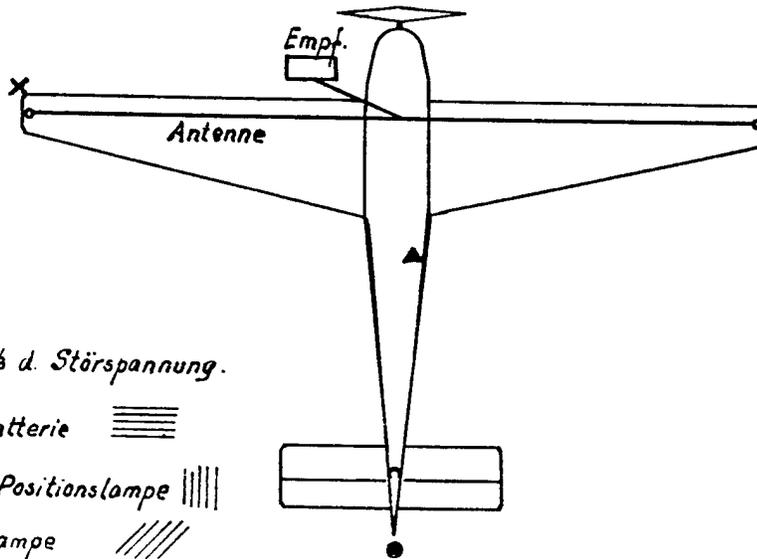
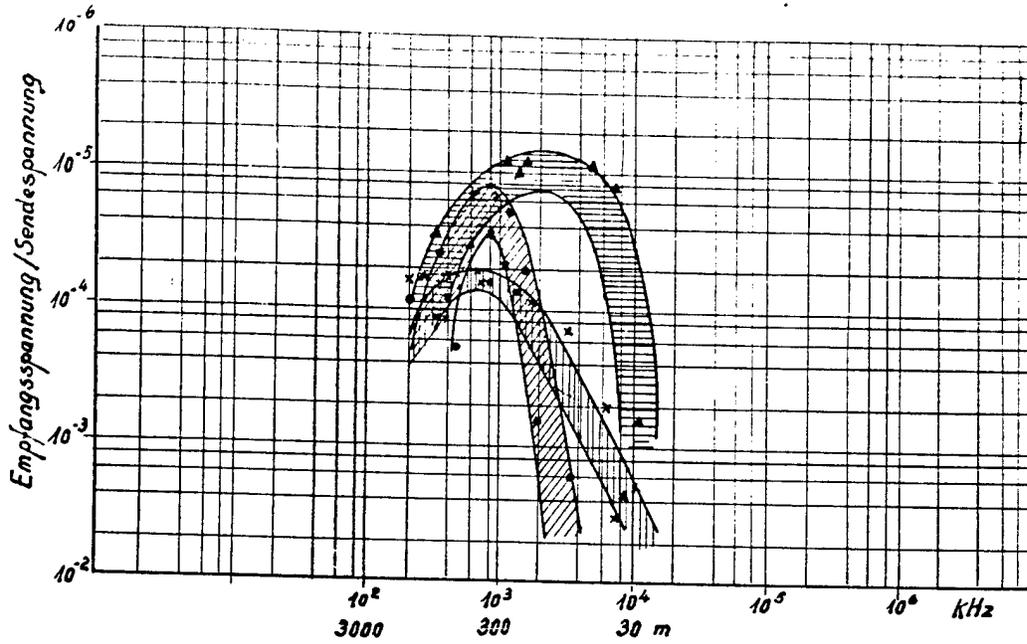
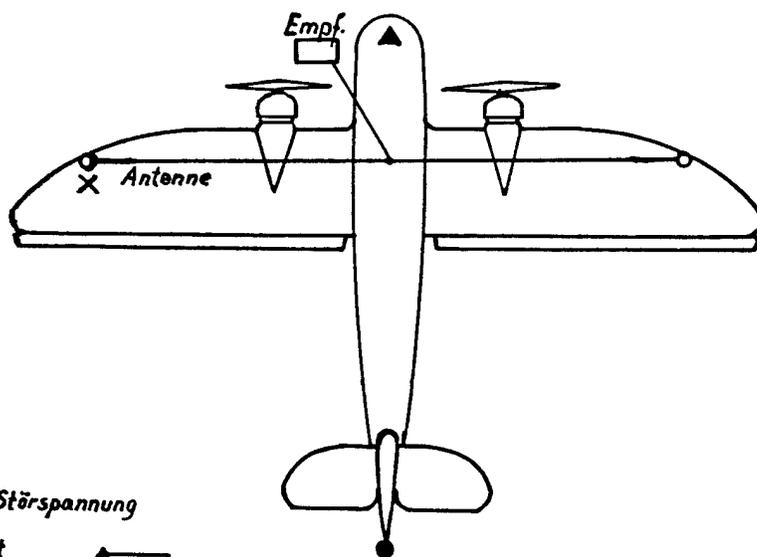
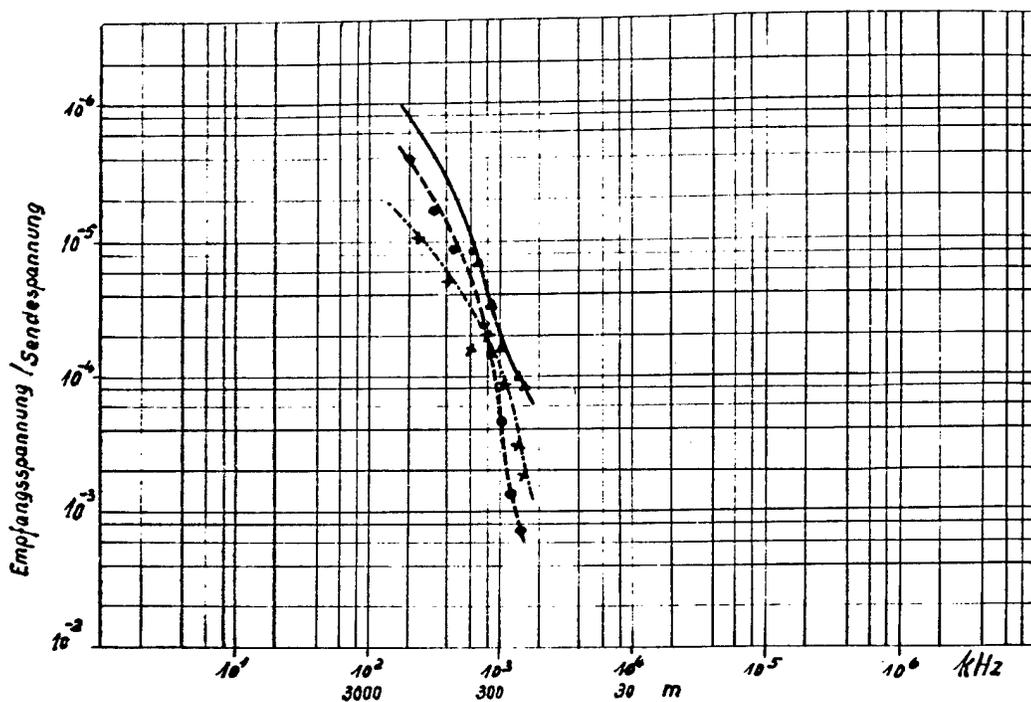


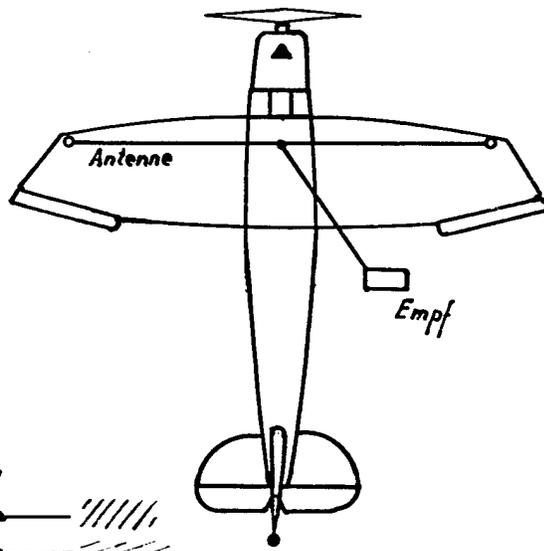
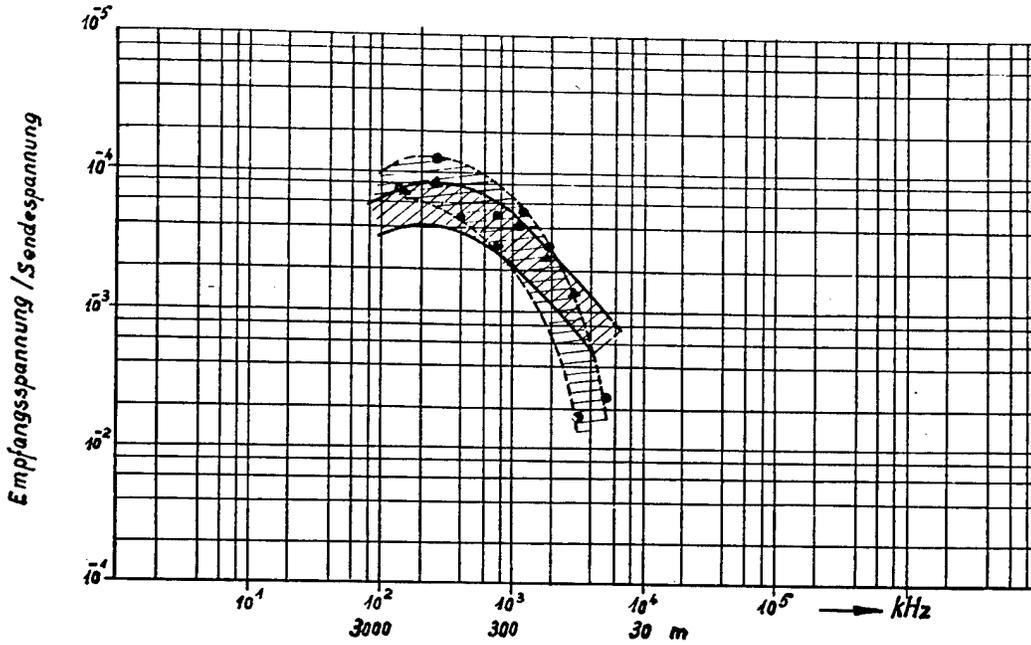
Abb. 4 Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der W 33 D-ODIN, gemessen mit dem Allwellenempfänger. Bordnetz von der DVL nachträglich einge-



Anschluß der Störspannung

- ▲ Bug-Licht      ———
- × Backbord-Licht      - - - - -
- Heck-Licht      ·····

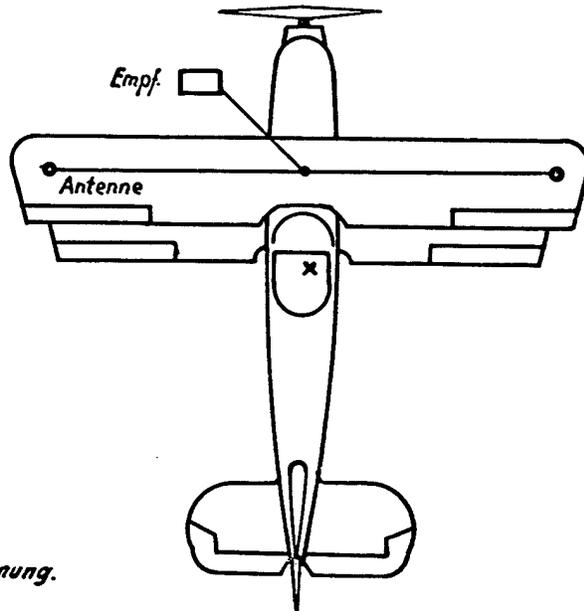
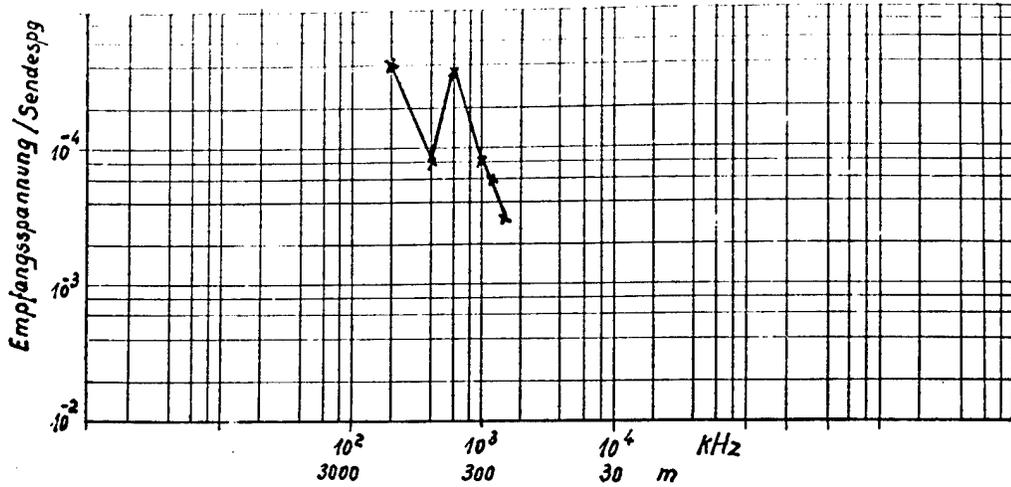
**Abb.5** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der Do 11 D-ABOL, gemessen mit dem Superhet.



Anschluß der Störspannung

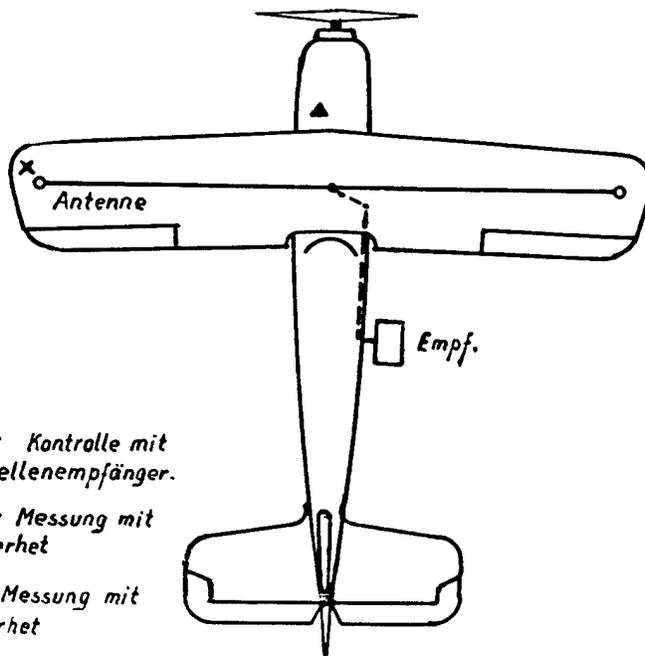
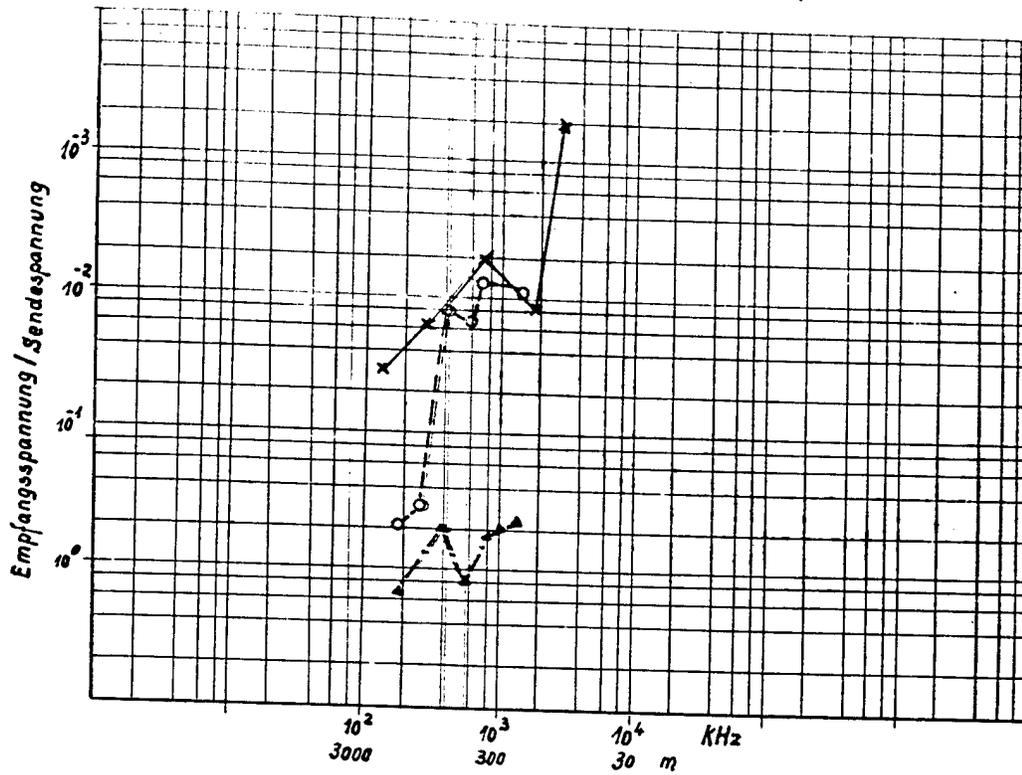
- ▲ Bug-Licht
- Heck-Licht

**Abb. 6** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der Focke-Wulf Möwe D-UNOX, gemessen mit dem Allwellenempfänger.



x Anschluss d. Störspannung.

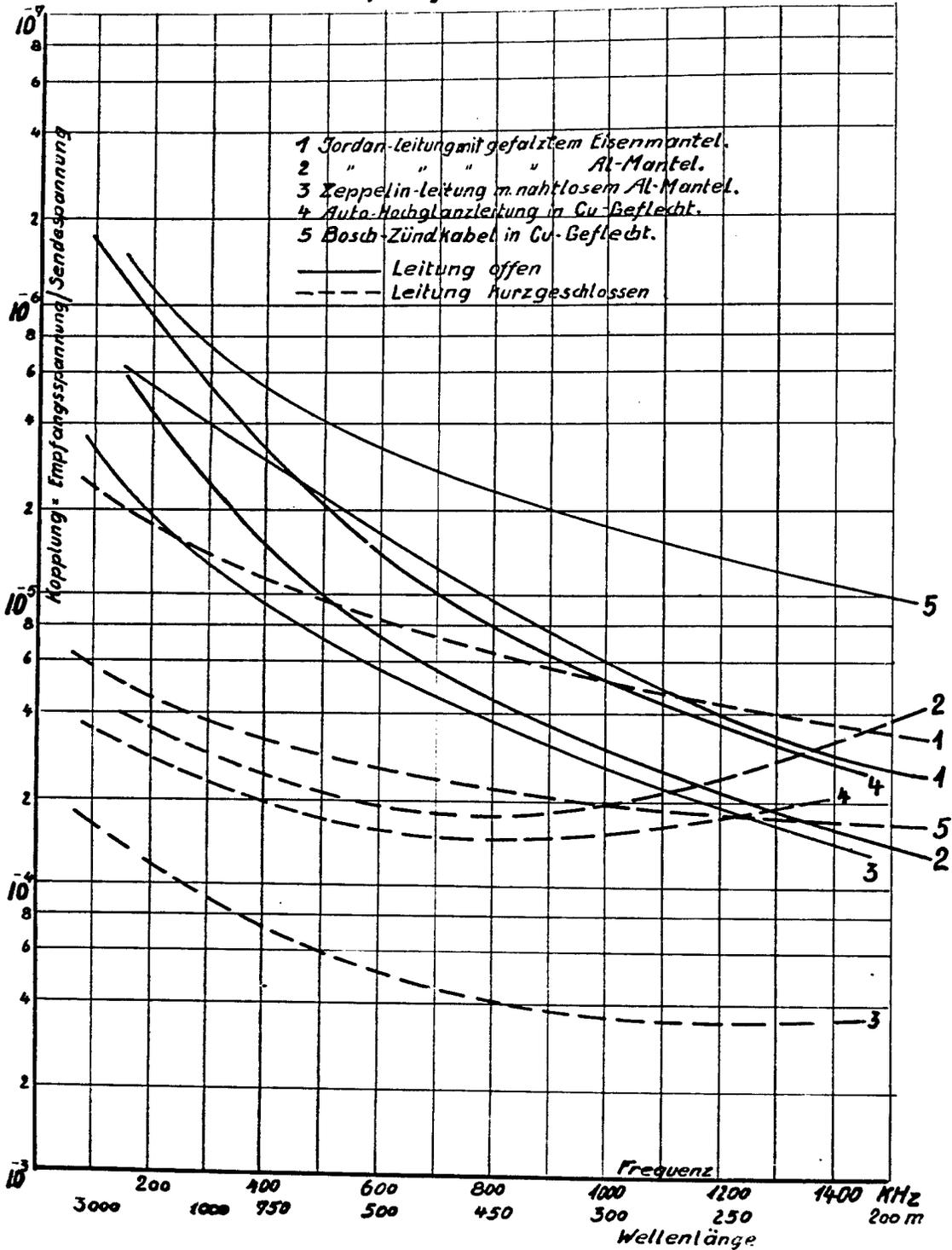
**Abb. 7** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der He 45 D-IFIP, gemessen mit dem Superhet. Das Flugzeug hat keine Positionslichter.



- x — Backbordlicht Kontrolle mit Allwellenempfänger.
- o — Backbordlicht Messung mit Superhet
- ▲ — Batterie Messung mit Superhet

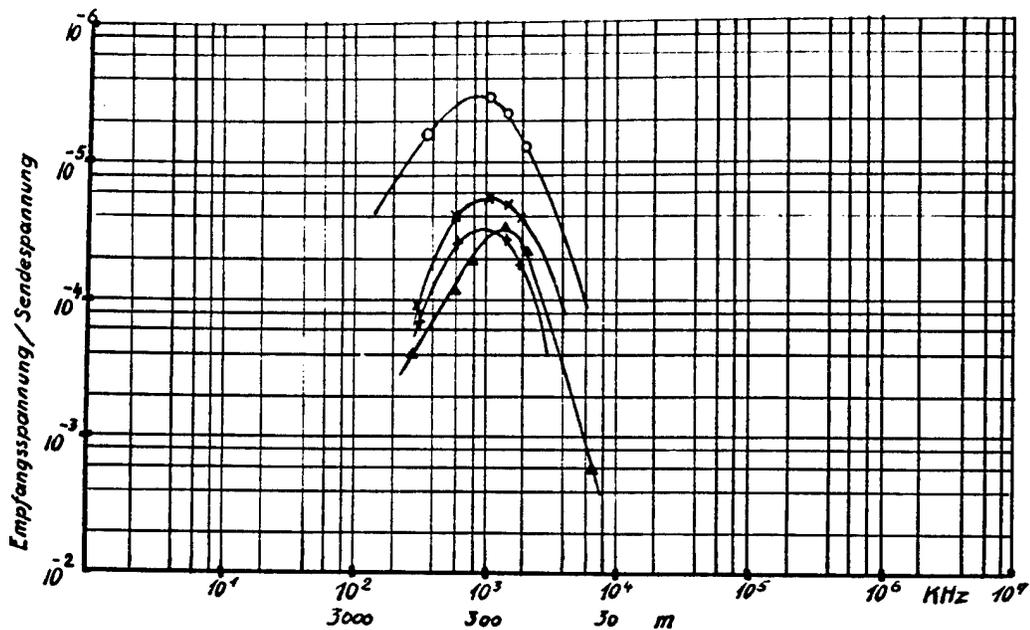
**Abb. 8** Kopplung zwischen Bordnetz und Flügelantenne bei der He 46 D-IIIK, gemessen mit dem Superhet und dem Allwellenempfänger.

# Einpolige Leitungen.



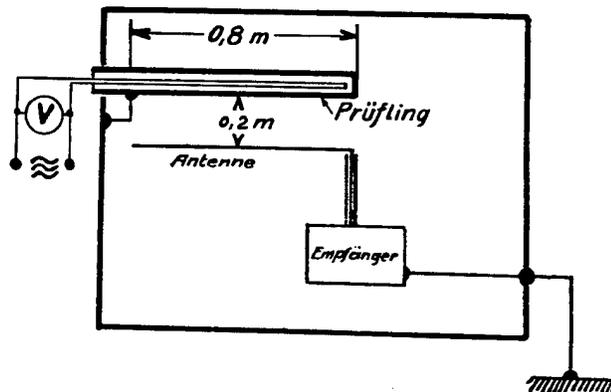
**Abb.9** Kopplung zwischen verschieden abgeschirmten, einpoligen Leitungen und einer parallel dazu geführten Antenne.





- Messing-Rohr
- × Dural-Beflecht
- + AL-Beflecht
- ▲ Hartpapierrohr mit Zink 0,03 mm dick bespritzt.

**Meßanordnung.**



**Abb.11** Kopplung zwischen verschieden abgeschirmten zwei-poligen Leitungen und einer parallel dazu geführten Antenne.

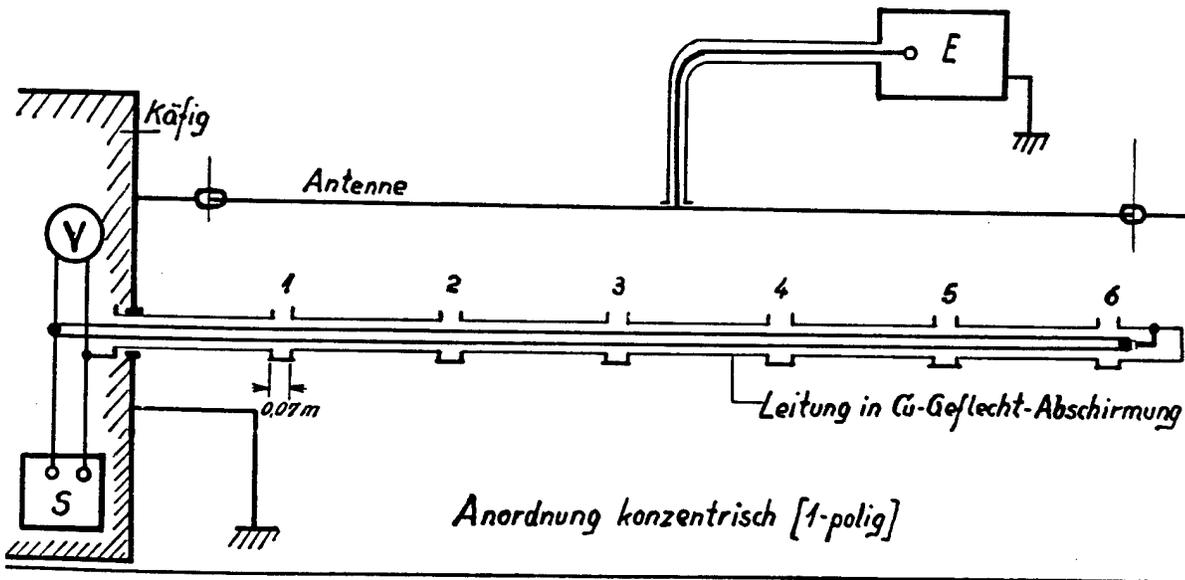
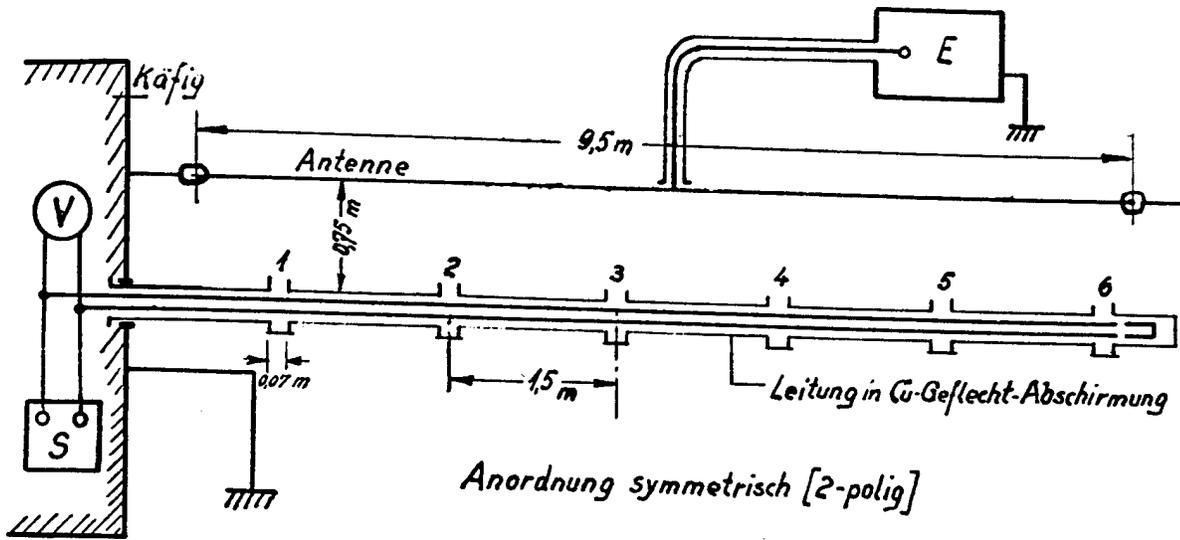


Abb.12 Anordnung zur Untersuchung des Einflusses von Abschirmrücken bei ein- und zweipoliger Verlegung.

$f = 500 \text{ kHz}$

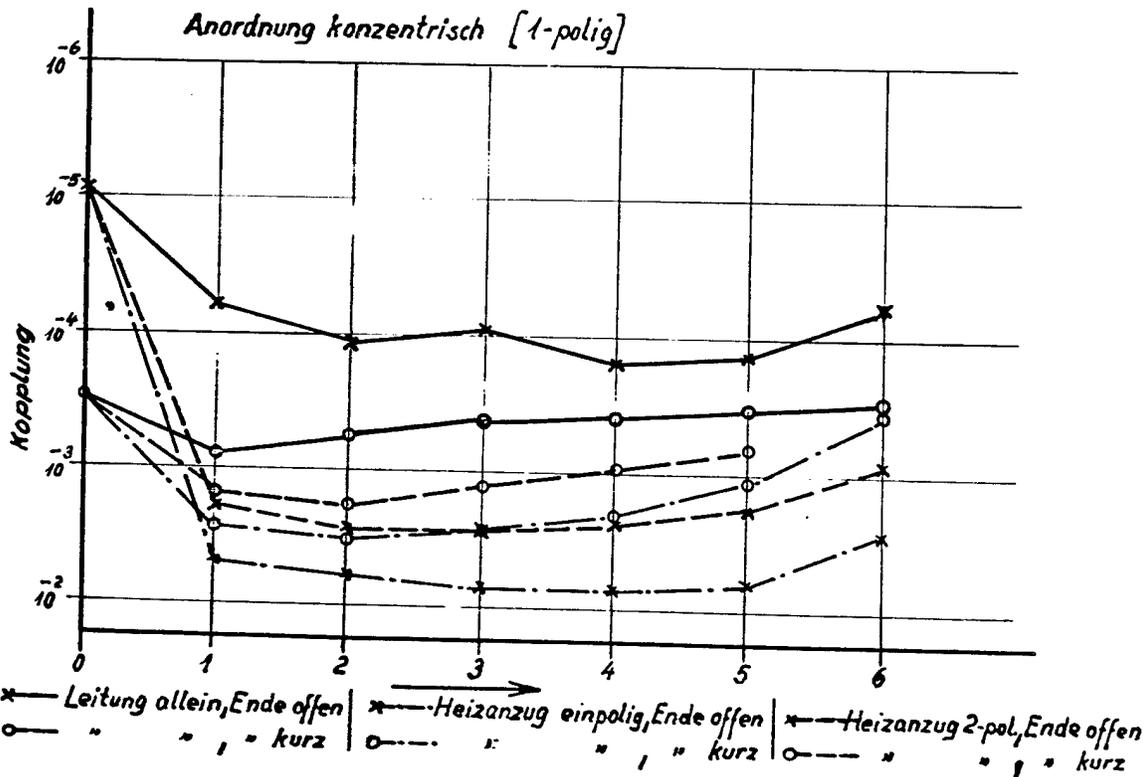
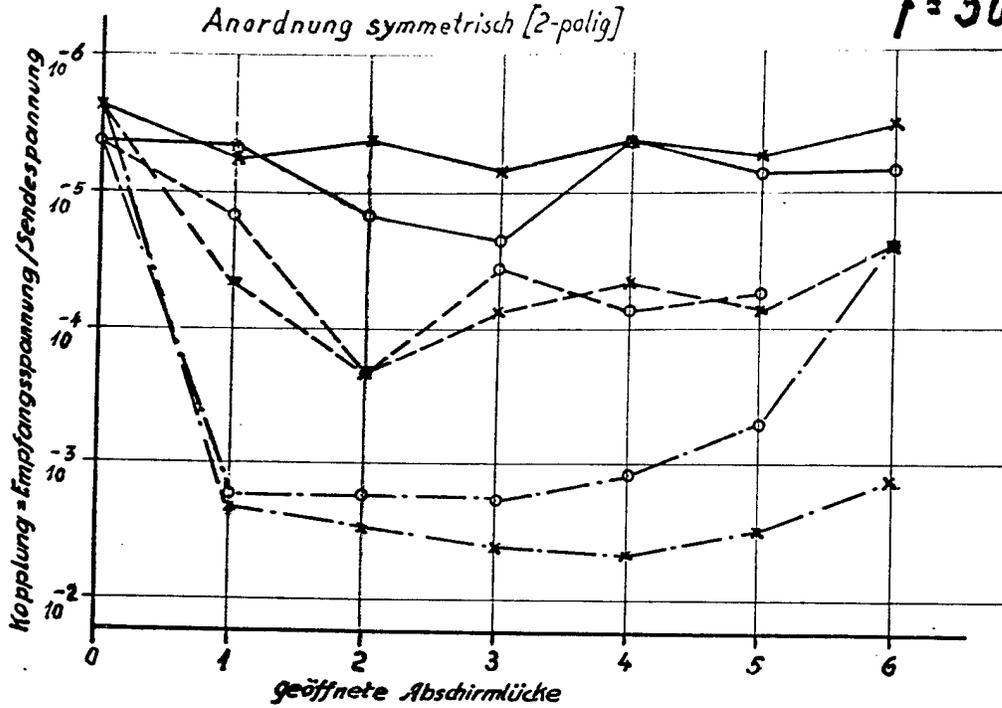


Abb.13 Kopplung zwischen einer Leitung mit Abschirm-  
 lücken und einer Antenne bei 500 kHz.

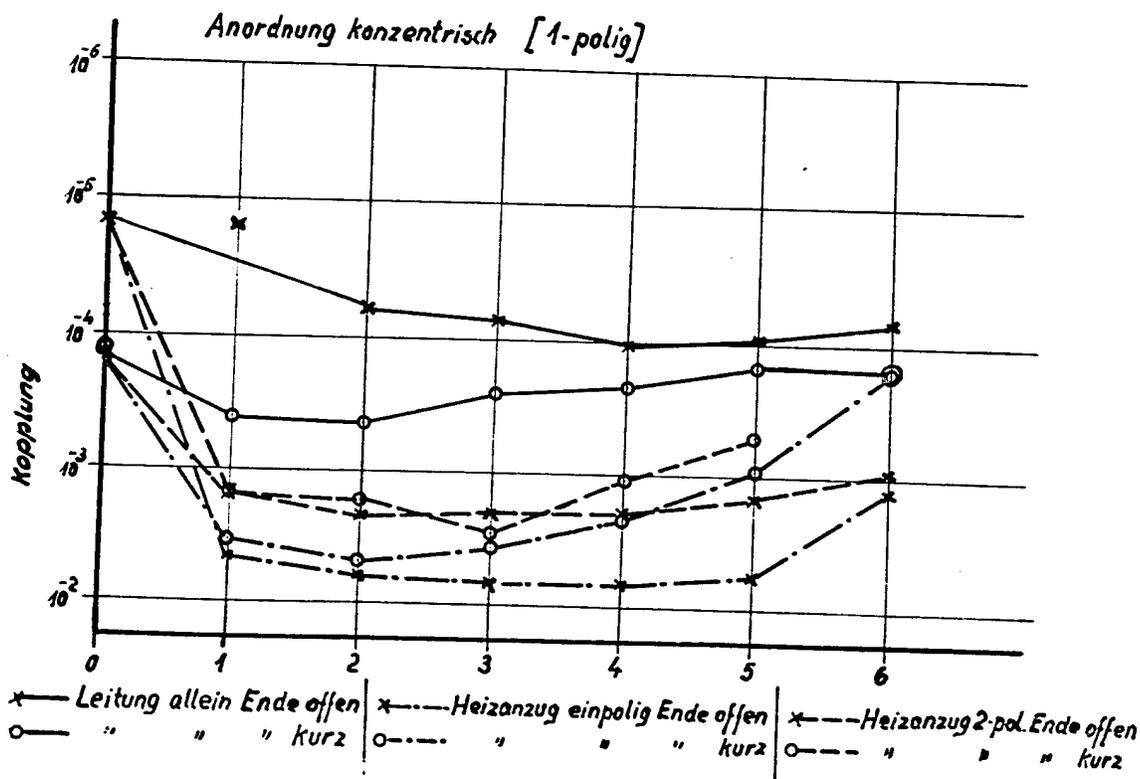
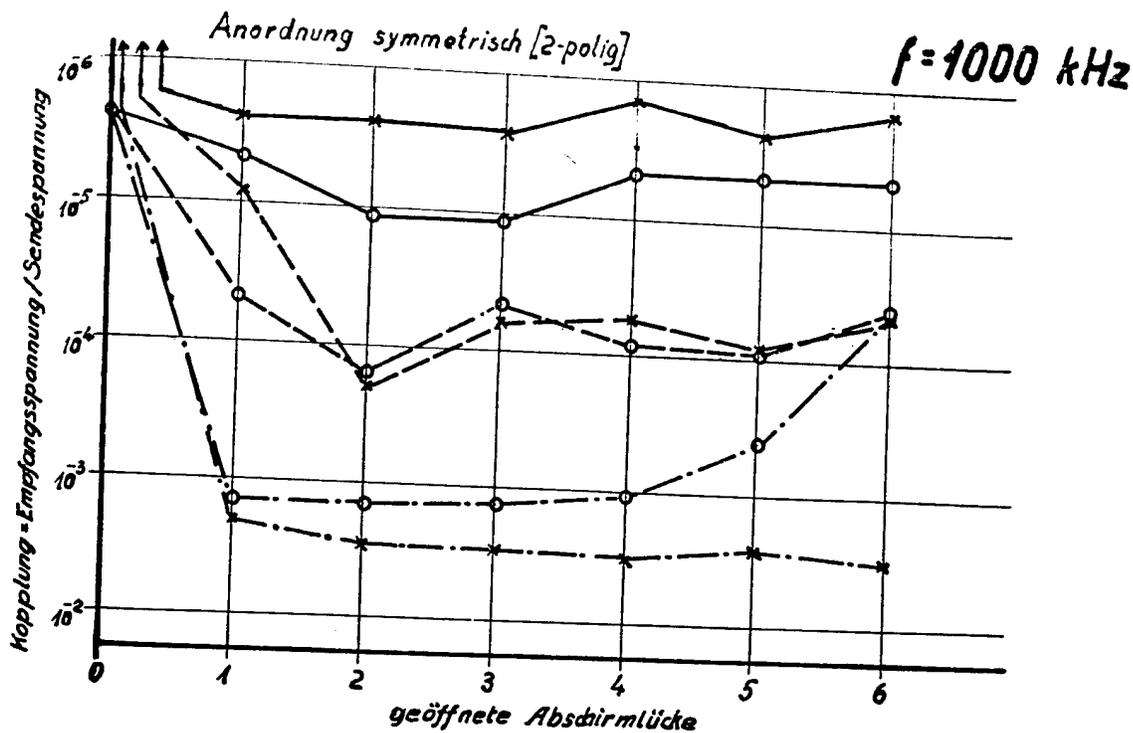


Abb.14 Kopplung zwischen einer Leitung mit Abschirm-  
 lücken und einer Antenne bei 1000 kHz.

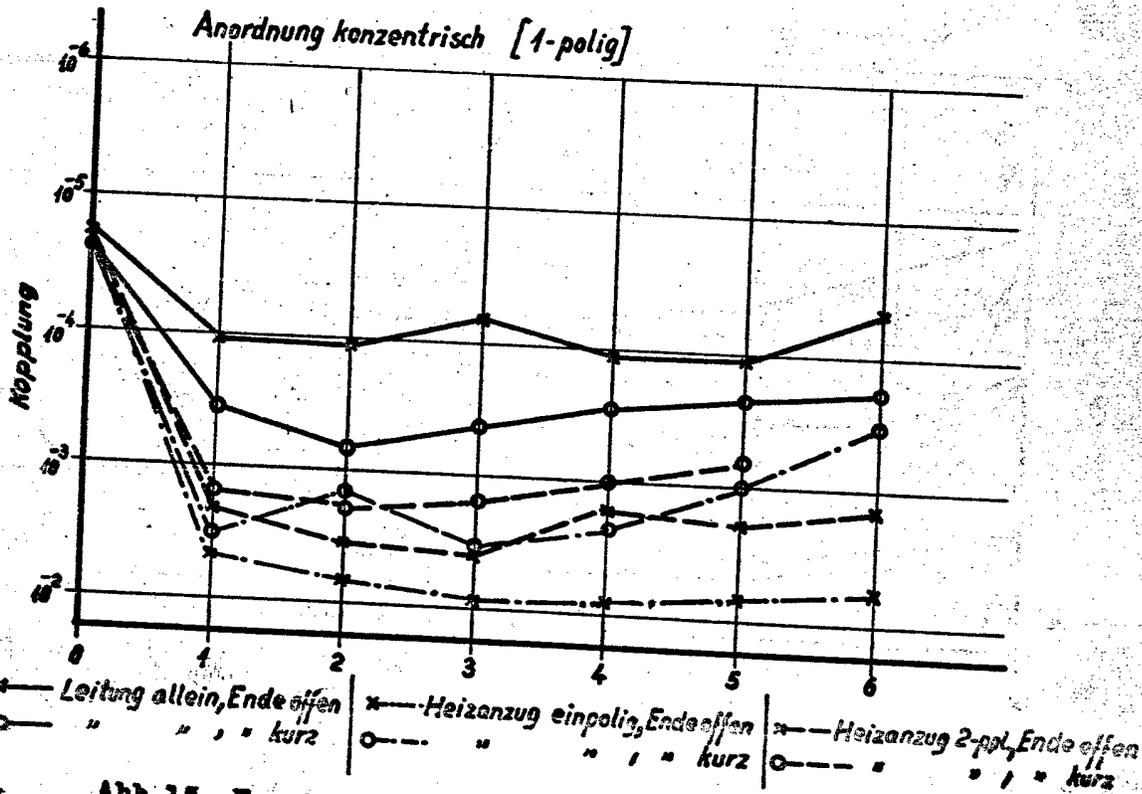
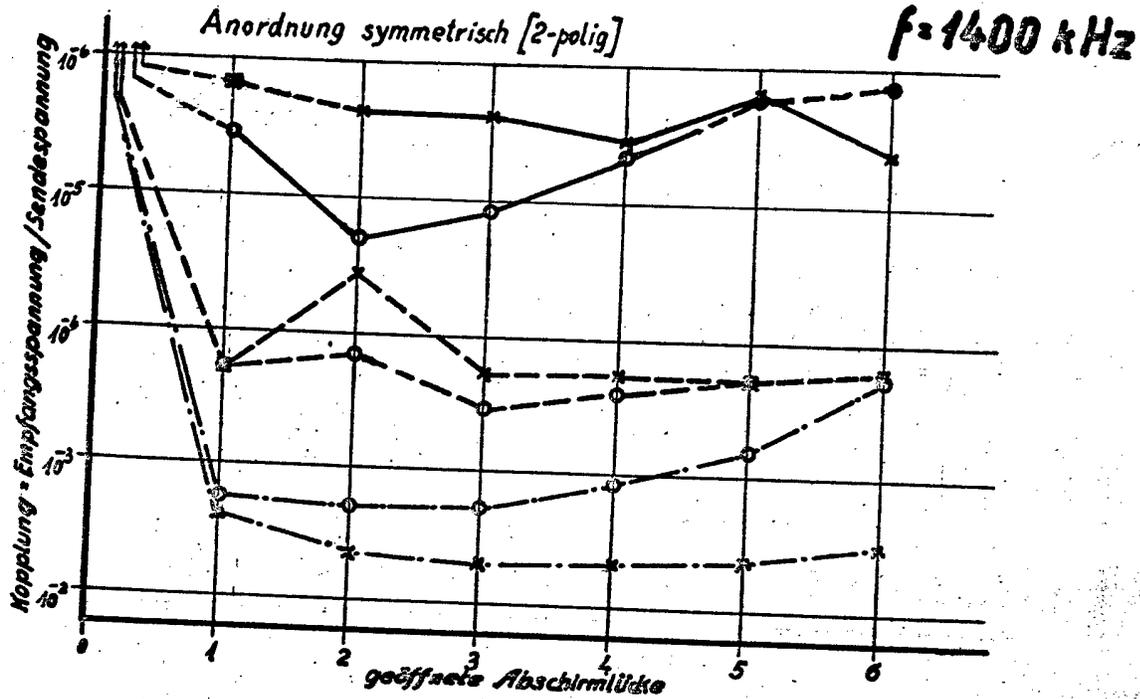


Abb. 15 Kopplung zwischen einer Leitung mit Abschirm-  
lücken und einer Antenne bei 1 400 kHz.

Nur zu  
im Ges

15

Be

ZWB/AQ/187/4  
R F

Viehmann, Heinrich, 1905-

High frequency shielding effects and stress durability of various types of electric conductors (Hochfrequenz-Abschirmwirkung und Dauerbiegefestigkeit von verschiedenen Leitungsarten) by H. Viehmann Berlin-Adlershof, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt, Aug. 1936 Gern. Unclass. 21p dia rs, graphs

ABSTRACT

The effects of the following shielding methods is determined: Tabs made of wire and fabric, leaf metal, joined and solid material coverings, rubber etc. The results of the investigation are given on a chart.

(5) (1) Shielding - Radio (2) Airplanes - Electric equipment  
I. FB 187/4 II. T

ZWB 4093

AIR DOCUMENT INDEX (TECH)

(GERMAN) T-2 Hq AMC USAAF

Air Documents Division, T-2  
AMC, Wright Field  
Microfilm No.

R 1436 F 62

## Forschungsbericht FB 187/4

*Hochfrequenz-Abschirmwirkung und Dauerbiegefestigkeit  
von verschiedenen elektrischen Leitungsarten.*

*H. Viehmann*

4. Zwischenbericht: 21 Seiten mit 12 Abbildungen  
und 1 Tabellenfeld.

Hochfrequenz-Abschirmwirkung und Dauerbiegefestigkeit von verschiedenen elektrischen Leitungsarten<sup>x)</sup>

Übersicht : Die Wirkung von folgenden Abschirmarten wurde in einem Wellenbereich von 15 bis 2000 m untersucht: Beflechtungen aus Draht und Gespinsten, gewickelte Metallfolien, gefaltete und geschlossene Blechmäntel, leitender Gummi und doppelte Abschirmungen.

Von einigen Leitungen, die an elastisch aufgehängte Flugzeugempfänger angeschlossen werden sollen, und die daher besonders biegsam sein müssen, wurde die Dauerbiegefestigkeit festgestellt. Sie liegt bei 2 Leitungen ( mit befriedigender Abschirmung ) um 1 bis 2 Größenordnungen höher, als die der seither für diesen Zweck mit schlechtem Erfolg eingesetzten Leitungen mit verzinnter Kupferbeflechtung.

- Gliederung:
- I. Anlaß.
  - II. Untersuchte Leitungen.
  - III. Abschirmwirkung - Meßverfahren.
  - IV. Abschirmwirkung - Meßergebnisse.
  - V. Dauerbiegefestigkeit - Meßverfahren.
  - VI. Dauerbiegefestigkeit - Meßergebnisse.
  - VII. Gesamt Ergebnis.

Der Bericht umfaßt:

21 Seiten mit  
12 Abbildungen und  
1 Übersichtstafel.

Institut für Elektrophysik  
der  
DEUTSCHEN VERSUCHSANSTALT FÜR LUFTFAHRT E. V.

Der Bearbeiter :

*Siehmann*  
Viehmann

ges.

*Krüger*

Berlin-Adlershof, den 28.8.36  
Lf 219/2  
X 34/3231

x) Die DVL-Zwischenberichte FB 187/1 und FB 187/2 sind durch diesen Bericht überholt und ungültig.

### I. Anlaß.

Von verschiedenartigen, für die Luftfahrt neu entwickelten abgeschirmten elektrischen Leitungen sollte die Hochfrequenz-Abschirmwirkung festgestellt werden. Ferner sollten ähnliche, früher ausgeführte Messungen <sup>1)</sup> nach dem Kurzwellengebiet zu ausgedehnt werden. Da man von den neuen Leitungen eine größere Biegsamkeit erhoffte, als von den seither verwendeten, die in dieser Beziehung ungenügend waren, wurde außerdem die Dauerbiegefestigkeit der neuen Leitungen mit der der alten verglichen.

Bei dieser Gelegenheit wurde auch die Abschirmwirkung von einfach- und doppelabgeschirmten Hausinstallationsleitungen ermittelt, die für FT - Empfangshäuser Verwendung finden sollten.

### II. Untersuchte Leitungen.

Die untersuchten Leitungen sind in Tafel 1 zusammengestellt. Die ungeschirmten Leitungen 1 bis 3 dienen nur zum Vergleich ( der Kopplung ) mit geschirmten Leitungen. Bei Leitung 4 sollte die Abschirmgüte von leitendem Gummi festgestellt werden.

Die Leitungen 5 bis 11 ( außer 7 ) sind u.a. als Zuführkabel zu Flugempfängern gedacht, die in Gummischnüren elastisch aufgehängt sind. Sie werden also während des Fluges dauernd hin- und her gebogen. Seither versuchte man für diesen Zweck Leitungen nach Art der Leitung 19 zu verwenden. Das Abschirmgeflecht hielt aber die durch Erschütterungen auftretenden Biegebeanspruchungen nur kurze Zeit aus und ging zu Bruch. Man mußte daher gerade an dieser wichtigen Stelle ( unmittelbar vor dem Empfänger ) auf eine Abschirmung verzichten, was natürlich eine gewisse Erhöhung des FT - Störspiegels zur Folge hatte.

---

1) DVL-Bericht FB 186/2 vom 3.5.1935, Kopplung von Flugzeugantennen mit dem Bordnetz und Wirkung von verschiedenen Bordnetzabschirmungen.

Mit den oben aufgezählten Neukonstruktionen ( Leitung 5 bis 11 außer 7 ) sollte nun versucht werden, diesem Notstand abzuhefen. Zu diesem Zweck haben die Leitungen ein biegsameres Abschirmgeflecht und über das Abschirmgeflecht zur Vergleichmäßigung der mechanischen Beanspruchung noch eine Hülle aus Gummi oder aus Pflanzenfasern erhalten. Es war also festzustellen, ob die neuen Leitungen hinreichend abgeschirmt sind, und ob sie eine höhere Dauerbiegefestigkeit haben als die mit Mißerfolg früher eingebaute Leitungsart ( ähnlich Leitung 19 ). Einige der neuen Leitungen ( 9, 10 und 11 ) tragen zur Ersparnis von Kupfer versuchsweise eine Aluminiumabschirmung.

Die Leitungen 7 und 12 sind für feste Verlegung gedacht. Bei ihnen wurde die Abschirmwirkung einer um die Leitung gewickelten Blei- oder Zinnfolie ermittelt. Der Dauerbiegeversuch ist für sie ohne besondere Bedeutung.

Die übrigen Leitungen ( 13 bis 22 außer 19 ), die für die Verlegungen in FT - Empfangshäusern in Frage kommen, haben teilweise eine doppelte Abschirmung ( Leitung 20, 21 und 22 ), deren Wirksamkeit mit der der einfach abgeschirmten Leitungen ( 13 bis 19 ) zu vergleichen war.

### III. Abschirmwirkung - Meßverfahren.

Abbildung 1 zeigt die benutzte Meßanordnung. Die bekannte Spannung eines Meßsenders ( MS ) lag zwischen den Innenleitern ( als dem einen Pol ) und der Abschirmung ( als dem anderen Pol ). Die Abschirmung war mit der Schirmung des Senders und des Käfigs verbunden ( geerdet ). Innenleiter und Abschirmung waren am anderen Ende der Leitung nicht miteinander verbunden, das Leitungsende war also offen. In einer abgeschirmten Zelle lag parallel zu der Leitung in immer demselben Abstand eine Antenne ( A ). Die von der abgeschirmten Leitung auf die Antenne übertragene Spannung wurde mit einem Empfänger ( E ) gemessen, an dessen Ausgang ein Endleistungsmesser ( Outputmeter ) angeschlossen war. Der Empfänger wurde unmittelbar nach jeder Messung mit dem Prüfsender ( PS ) nachgeeicht. Die Kopplung zwischen der abgeschirmten Leitung und der Antenne ist dann

gegeben durch das Verhältnis: Antennenspannung zu Senderspannung ( Abb. 3 bis 6 ).

Das Ergebnis gilt nur für diese ( willkürlich ) gewählte Anordnung und erlaubt lediglich einen Vergleich der hier durchgemessenen Leitungen untereinander.

Um die Wirkung der Abschirmung feststellen zu können, wurden die abgeschirmten Leitungen mit unabgeschirmten verglichen. Das Verhältnis: Kopplung der unabgeschirmten Leitung zur Kopplung der abgeschirmten Leitung ist dann ein Maß für die Abschirmgüte ( Abb. 7 und 8 ).

Die Genauigkeit ist bei derartigen Messungen leider gering. Die Ergebnisse liegen nur in der Größenordnung fest. Für die Zahlenwerte muß mindestens eine Unsicherheit von 1 : 2 angenommen werden.

Die Leitungen wurden mit Absicht nur einpolig ( unsymmetrisch zur Erde ) an den Sender angeschlossen. Bei zweipoligem also symmetrischen Anschluß <sup>2)</sup> ist die Symmetrie praktisch nur im Meßsender zu erreichen. Auf der Leitung geht die Symmetrie innerhalb ganz kurzer Strecken ( wegen der unvermeidlichen Unsymmetrien im Aufbau ) verloren, so daß die Meßergebnisse zusätzliche Unsicherheiten in sich bergen. Da es außerdem nur auf einen Vergleich ankommt, wurde auf die Messungen mit zweipoligem Anschluß der Leitungen ganz verzichtet und nur die mit einpoligem, vollkommen unsymmetrischem- durchgeführt.

Ebenfalls mit Rücksicht darauf, daß es sich hier um reine Vergleichsmessungen handelt, wurde auf Messungen mit kurzgeschlossenem Leitungsende ( Leiter und Abschirmung am Leitungsende miteinander verbunden ) verzichtet.

Bei Leitungen mit doppelter Abschirmung wurden beide Abschirmungen an nur einem Punkt und zwar am Eingang zum Meßkäfig miteinander verbunden

---

2) Beide Innenleiter liegen an Spannung; die Abschirmung ist mit Masse ( Erde ) verbunden, deren Potential in der Mitte zwischen den Potentialen der beiden Leiter liegen muß, wenn vollkommene Symmetrie vorhanden sein soll.

#### IV. Abschirmwirkung - Meßergebnisse.

Abb. 3 zeigt die Meßergebnisse an Leitung 1. Unterhalb 50 m ( 6 MHz ) streuen die Meßpunkte stark. Da eine Streuung dieser Art auch bei den anderen Leitungen immer wiederkehrte, wurde vermutet, daß es sich hier nicht um Meßungenauigkeiten handelt, sondern um eine Erscheinung, die mit dem Aufbau der Meßanordnung ( und zwar mit der Meßleitungslänge ) zwangsläufig verknüpft ist. Zur Klärung wurden Versuche mit verschiedenen Meßleitungslängen ausgeführt ( Abb. 4 ). Aus ihnen geht hervor, daß die Kopplungswerte umsomehr schwanken, je größer die Meßleitungslänge ist. Die Schwankungen selbst beginnen bei allen untersuchten Leitungslängen bei Unterschreitung einer Wellenlänge von 50 m. Die einzige zuverlässige Aussage, die sich auf Grund dieses Ergebnisses machen läßt ist, daß die reinen Kopplungswerte unterhalb 50 m Wellenlänge mit der benutzten Anordnung nicht mehr zuverlässig festzustellen sind.

Die Meßergebnisse an den übrigen Leitungen sind in Abb. 4, und 5 wiedergegeben. In diesen Abbildungen sind unterhalb 50 m Wellenlänge wegen der oben besprochenen Unsicherheiten die Meßpunkte nicht mehr miteinander verbunden worden ( wie z.B. in Abb. 3 durch eine gestrichelte Linie ) sondern es wurde nur die ungünstigste Kurve ( mit den engsten Kopplungswerten ) gezeichnet, die der ausgezogenen Kurve in Abb. 3 entspricht.

Die Ergebnisse der Leitungen 1, 2 und 3 fallen zusammen . Es ist also ohne merklichen Einfluß auf die Kopplung, ob die beiden Leiter verdrillt sind oder ob der vordere oder hintere der beiden parallel geführten Leiter an Erde liegt. Die Leitung 4 mit dem leitendem Gummi ist in der Abschirmwirkung noch schlechter als die ungeschirmten Leitungen 1,2 und 3. Jedenfalls scheint leitender Gummi von der bei Leitung 4 vorhandenen geringen Leitfähigkeit als Abschirmwirkung wirkungslos zu sein. Nach § 32 der „Grundsätzlichen Vorschriften für elektrische Flugzeug-Einbauteile“ (herausgegeben vom RLM, letztmalig am 1.4.1936) darf der Widerstand der Abschirmung höchstens 1 Ohm für einen 1 m langen und 1 mm breiten Streifen betragen. Für die hier durchgemessenen Leitungen würde dies bedeuten, daß der Gleichstromwiderstand der

Abschirmung höchstens 0,03 Ohm/m sein dürfte. Dieser Richtwert wird von der leitenden Gummiabschirmung der Leitung 4 um 5 Größenordnungen überschritten ( s. Tafel 1 ) !

Die Leitung 5 fällt mit ihren Kopplungswerten aus dem Rahmen der übrigen, mit Metall abgeschirmten Leitungen heraus. Bei dieser Leitung scheint ein Meßfehler oder ein Fehler bei der Umrechnung der Meßwerte vorzuliegen. Leider ließen sich die Messungen nicht wiederholen, da dieses Leitungsmuster durch die übrigen Messungen inzwischen verbraucht war. Die Meßergebnisse mit der Leitung 5 sind daher unsicher und in den Abbildungen mit einem Fragezeichen versehen worden.

Die Leitungen 6 bis 22 zeigen Kopplungswerte, die ( bei gleicher Dichte des Abschirmgeflechtes ) ungefähr dem ohmschen Widerstand ihrer Abschirmung <sup>3)</sup> verhältnisgleich sind, d.h. je größer der ohmsche Widerstand der Abschirmung ist, desto größer bzw. enger ist die Kopplung ( s. Abb. 9 ).

Den Einfluß der Geflechtdichte zeigen deutlich die Leitungen 9, 10 und 11. Je dichter das Geflecht, desto kleiner ist die Kopplung, desto besser ist die Abschirmwirkung bei praktisch gleichem ohmschen Widerstand der Abschirmung ( s. Abb. 5 und 9 ).

Die Leitungen mit Folienumwicklung als Abschirmung ( 7 und 12 ) liegen etwa 1 Größenordnung schlechter, als Leitungen mit dichter Umflechtung und gleichem ohmschen Widerstand ( s. Abb. 5 und 9 ).

Ein Unterschied zwischen Aluminium und Kupfer als Abschirmstoff besteht bezgl. der Abschirmwirkung nicht, wohl aber hinsichtlich einer guten Klemmverbindung. Hier ist das Kupfer dem Aluminium heute noch überlegen.

---

3) Genaugenommen ist die Kopplung abhängig von dem ohmschen Widerstand je Meter Leitungslänge und je mm Umfang des Abschirmmantels. Da hier alle Leitungen einen ähnlichen Umfang haben, genügt für diese Betrachtungen als Vergleichseinheit der ohmsche Widerstand je m Leitungslänge

Die doppelt abgeschirmten Leitungen 20, 21 und 22 zeigen keinen besonderen Einfluß der doppelten Abschirmung. Sie sind einfach abgeschirmten Leitungen nicht sichtbar überlegen. Es dürfte außerdem schwer sein, in der Praxis eine doppelte Abschirmung folgerichtig durchzuführen, denn die zweite Abschirmung ist nur dann voll wirksam, wenn sie nur an einem Punkt mit der ersten Abschirmung verbunden ist. Dies wird bei einer praktischen Verlegung wohl kaum zuverlässig zu erreichen sein.

In Abb. 10 sind die Kopplungswerte der verschiedenen Leitungen über der Kapazität ( sämtlicher Leiter einer Leitung gegen den Abschirmmantel ) aufgetragen. Irgendeine Verbindung zwischen Kopplung und Kapazität läßt sich daraus nicht ableiten.

In Abb. 7 und 8 ist die Abschirmwirkung der verschiedenen Leitungen ( verglichen mit der ungeschirmten Leitungen 1 bis 3 ) über der Frequenz aufgetragen. Die Abschirmungen verringern demnach bis zu 100 m Wellenlänge herab die Kopplung um  $2\frac{1}{2}$  bis 5 Größenordnungen.

Bei Verlegung der Leitungen in Flugzeugen werden diese hohen Abschirmwerte wohl kaum zu erreichen sein, da hier immer mit schlechten Kontaktstellen und unter Umständen auch mit kleineren Lücken in der Abschirmung zu rechnen ist. Es lohnt sich daher nicht, die Abschirmung einer Leitung etwa durch einen besonders dicken Metallmantel sehr hoch zu treiben, und den in den „ Grundsätzlichen Vorschriften für elektrische Einbauteile “ angegebenen Höchstwert ( 1 Ohm/m und mm ) wesentlich zu unterschreiten. Die Leitungen, deren Abschirmmäntel Widerstandswerte in der Nähe dieses Höchstwertes haben, sind bereits sehr gut abgeschirmt ( z.B. Leitungen 10, 11, 12 und 17 ).

Die Abb. 5 bis 8 zeigen ferner, daß die Abschirmwirkung mit abnehmender Wellenlänge ( zunehmender Frequenz ) schlechter wird. In praktischen Fällen wird diese Verschlechterung erfreulicher Weise mehr oder weniger ausgeglichen durch die bei höherer Frequenzen stärkere Verminderung der Hochfrequenz-Störspannung bei deren Ausbreitung im Leitungsnetz durch die als Nebenschluß wirkende Leitungskapazität und durch den Energieverlust in der Leitungsisolation ( Dielektrikum ).

#### V. Dauerbiegefestigkeit - Meßverfahren.

Die Versuchseinrichtung zur Feststellung der Dauerbiegefestigkeit zeigt Abb. 2. Das zu untersuchende Leitungsstück wurde zentrisch mit einer Motorwelle verbunden, dann um einen Halbmesser vom 10 oder 15-fachen Leitungsdurchmesser gebogen und am anderen Ende durch ein Kugellager gefaßt. Das Biegen erfolgte durch drehen der Leitung in ihrer eigenen Achse mit etwa 120 U/min. Die Drehzahl war nach oben durch die Erwärmung der Leitung begrenzt. Die Ergebnisse sind dann jeweils denen der Vergleichsleitung 19 gegenüber zu stellen, die zu diesem Zweck sowohl um einen 10-fachen als auch um einen 15-fachen Halbmesser gebogen wurden.

#### VI. Dauerbiegefestigkeit - Meßergebnisse.

Aus Abb. 11 geht hervor, daß die Leitung 8 ( mit Stahl- draht- und Kupferdrahtgeflecht als Abschirmung ) etwa 1 Größen- ordnung besser ist ( etwa 10 x solange hält ), wie die seither mit Mißerfolg verwendete Leitung ( ähnlich Leitung 19 ). Die Leitung 6 ( mit Kupfergespinst als Abschirmung ) übertrifft die Leitung 19 um etwa 2 Größenordnungen ( etwa 100-fache Halt- barkeit. )

Nach Abb. 12 stellt die Leitung 5 ( mit Kupferdrahtge- flecht ) keinen Fortschritt gegenüber Leitung 19 dar, die Lei- tungen 9, 10 und 11 ( mit Geflecht aus Aluminiumgespinst ) sind nicht viel besser als Leitung 19. Die Leitung 4 hingegen ( mit leitendem Gummi ) ist mindestens eine Größenordnung besser als Leitung 19.

Die Leitungen 7 und 12 ( mit Folienabschirmung ), die für feste Verlegung gedacht sind, haben, wie zu erwarten ist, eine noch geringere Dauerbiegefestigkeit als die Leitung 19 ( siehe Tafel 1 ). Für feste Verlegung ist ihre Dauerbiegefestigkeit voll ausreichend.

## VII. Gesamt Ergebnis.

Die Wirkung von Abschirmmänteln ist umso größer, je höher die elektrische Leitfähigkeit des Mantels ist, und je dichter bei Beflechtungen das Geflecht ist. Die Abschirmung der Leitung 4 aus leitendem Gummi ist z.B. praktisch unwirksam, da die Leitfähigkeit dieses Gummis zu gering ist. Die Leitfähigkeit liegt 5 Größenordnungen unter dem vorgeschriebenen Grenzwert. Die gute Dauerbiegefestigkeit der Leitung 4 ist damit wertlos.

Die Leitungen 5, 9, 10 und 11 haben keine oder eine nur wenig größere Dauerbiegefestigkeit, als die in dieser Hinsicht unbefriedigende Leitung 19. Der guten Abschirmwirkung der Leitungen 10 und 11 steht also keine genügende Dauerbiegefestigkeit gegenüber.

Die Leitung 8 übertrifft die Dauerbiegefestigkeit der Leitung 19 um etwa eine Größenordnung. Die Leitung 6 verspricht beim Hin- und Herbiegen sogar mindestens 2 Größenordnungen länger zu halten, als Leitung 19. Da die Abschirmung der beiden Leitungen ( 6 und 8 ) zudem befriedigend ist, wird empfohlen, diese Leitungen als Empfängerzuführungsleitungen zu erproben.

Die Abschirmwirkung einer Umwicklung mit Metallfolie ist ( besonders nach den kürzeren Wellen zu ) merklich schlechter, als die einer Leitung mit durchgehendem Metallmantel von gleicher Leitfähigkeit.

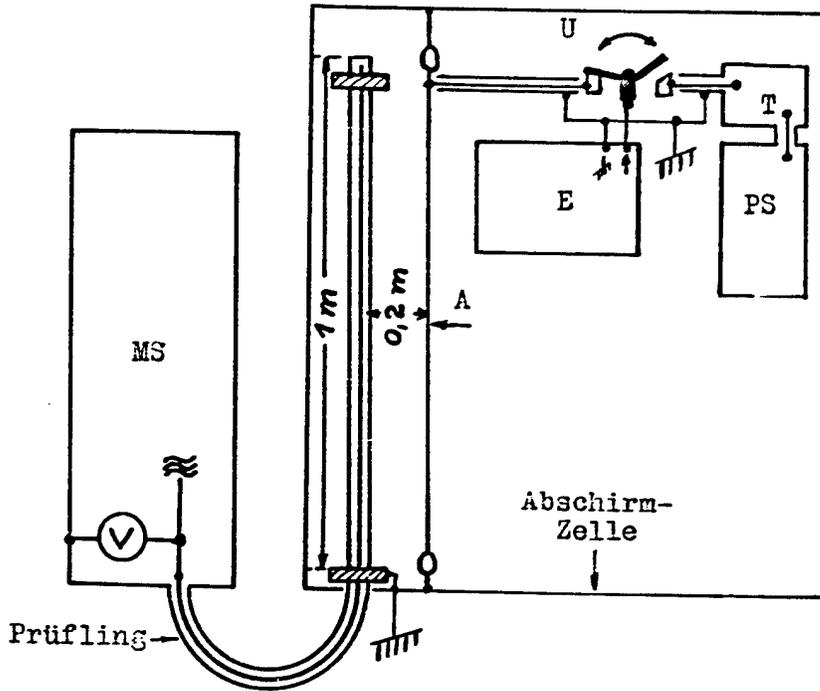
Doppelt abgeschirmte Leitungen nach Art der Leitungen 20, 21 und 22 zeigen gegenüber einfach abgeschirmten keine wesentliche Verbesserung der Abschirmung.

Zum Schluß sei ausdrücklich betont, daß es sich hier nur um einen Vergleich von verschiedenen Arten von Leitungen handelt, die teilweise auf Grund von äußeren Vorschlägen entwickelt wurden, und nicht um einen Gütever-

gleich der Erzeugnisse verschiedener Hersteller. Die Frage nach dem Hersteller tritt daher bei den vorliegenden Ergebnissen vollkommen in den Hintergrund. Die Hersteller wurden deshalb auch in Tafel 1 mit voller Offenheit genannt.

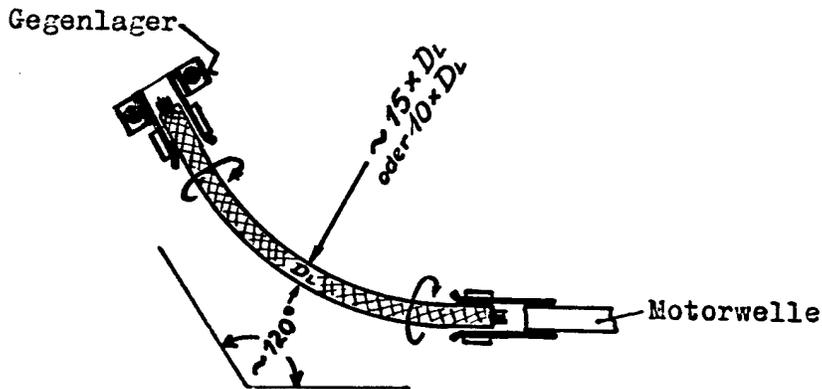
---

Die Untersuchungen wurden von dem inzwischen aus der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. ausgeschiedenen Herrn Dr. Neubauer und dem Herrn Ing. Schmidt ausgeführt.



- |                |                                 |
|----------------|---------------------------------|
| A = Meßantenne | MS = Meßsender                  |
| E = Empfänger  | PS = Prüfsender (Rel. send. 7a) |
| U = Umschalter | T = Zusätzlicher Teiler 1:1000  |

Abb.1. Aufbau der Meßanordnung (schematisch)



$D_{I_1}$  = Außendurchmesser des Prüflings

Abb.2. Dauerbiegeversuch an Geflechtabschirmungen (schematisch)

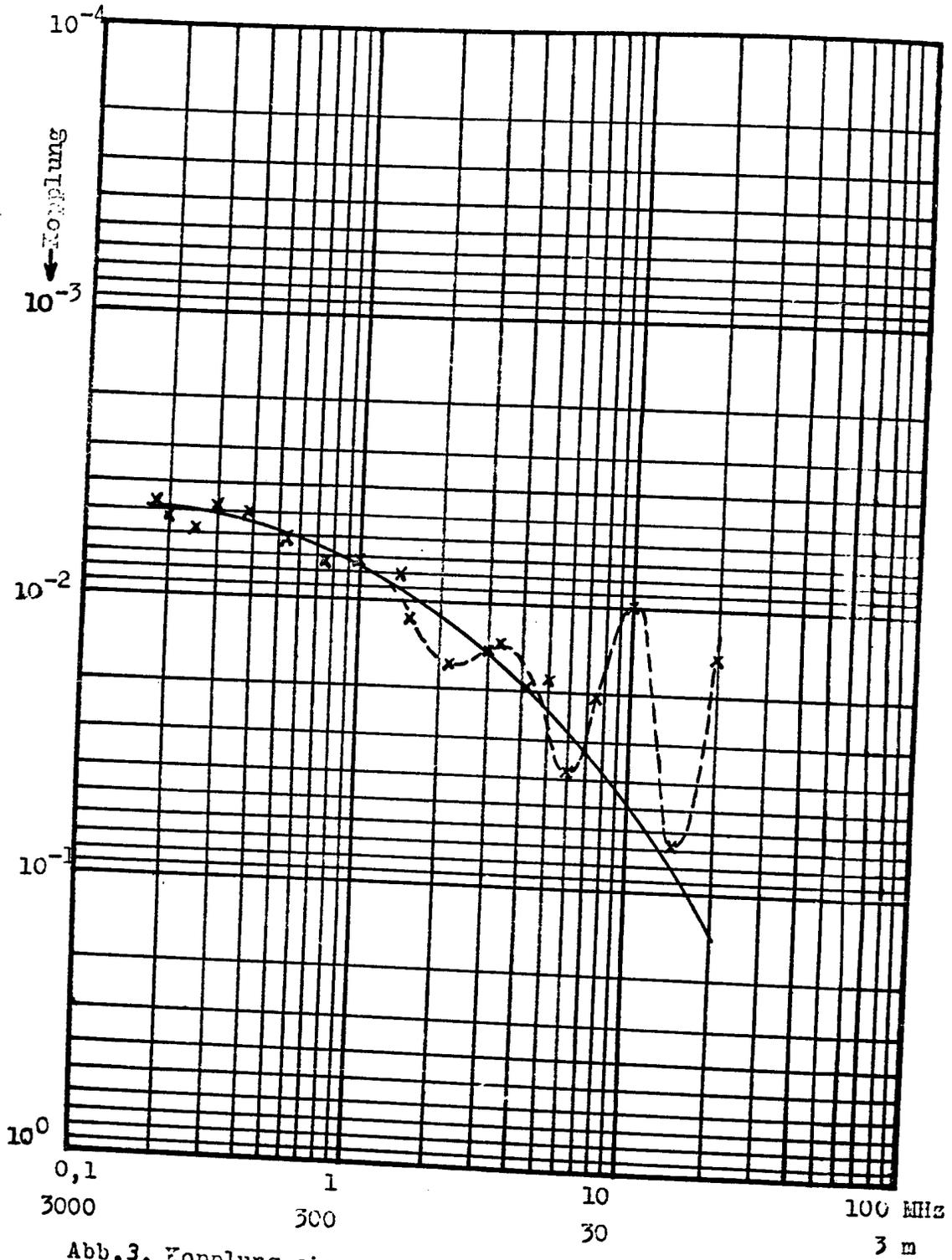


Abb.3. Kopplung einer verdrehten ungeschirmten Leitung (Lfd.Nr.1), ein Leiter geerdet.

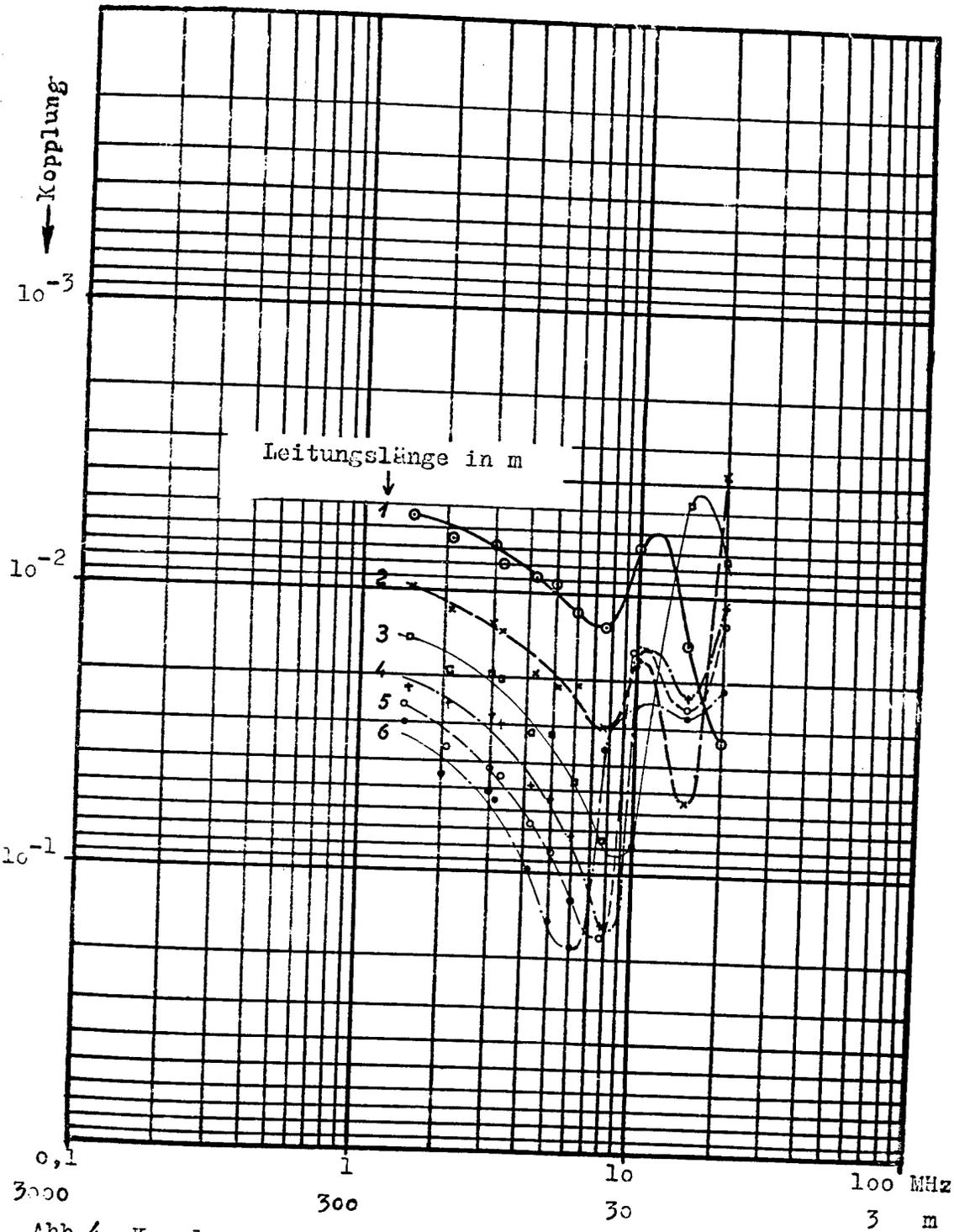
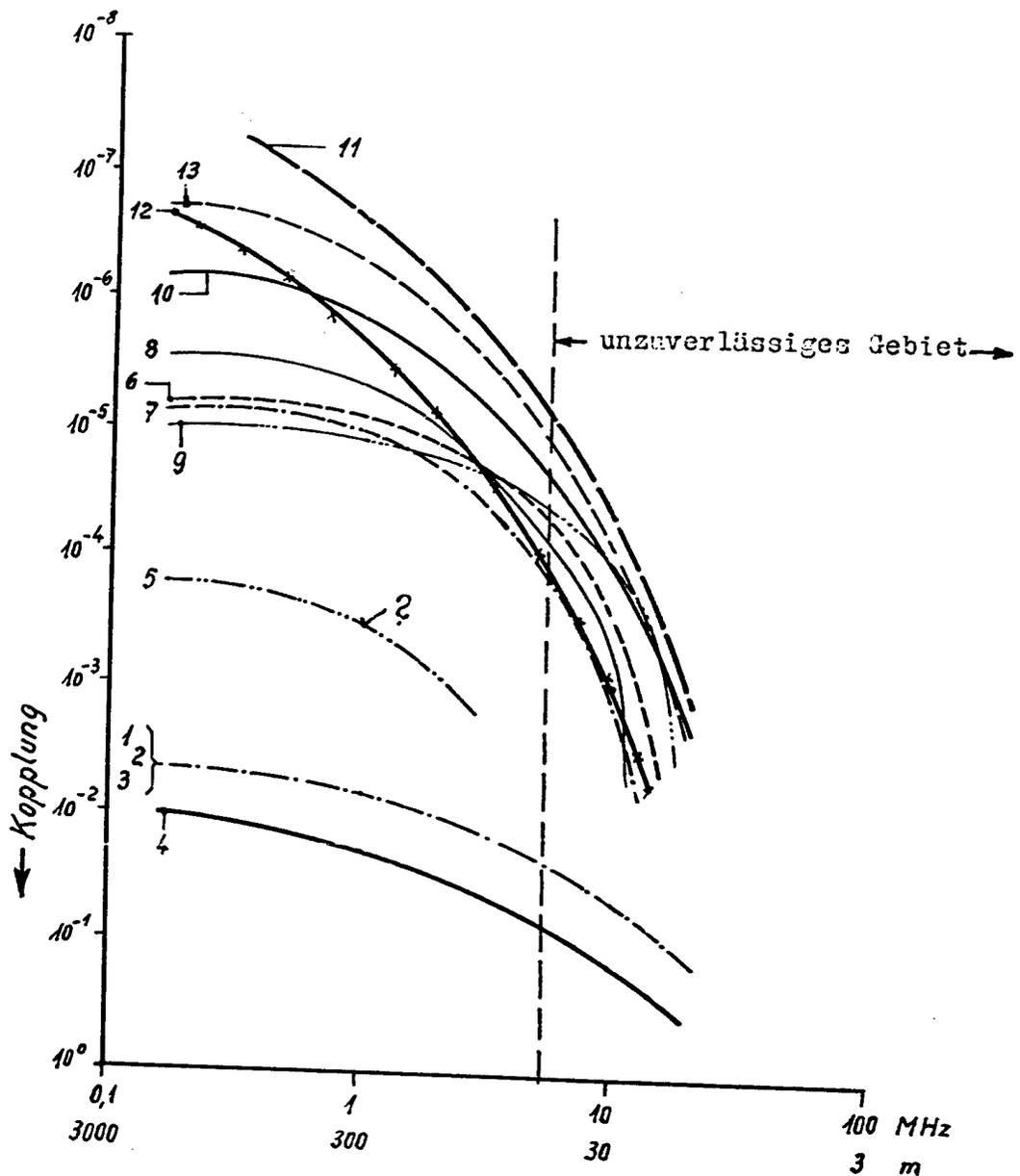


Abb.4. Kopplung einer ungeschirmten Leitung in Abhängigkeit von der Leitungslänge und der Meßfrequenz.



**Abb.5.** Kopplung der Leitungen 1 bis 13 in Abhängigkeit von der Frequenz.

Die Ziffern geben die laufende Kabelnummer der Tafel 1 an.

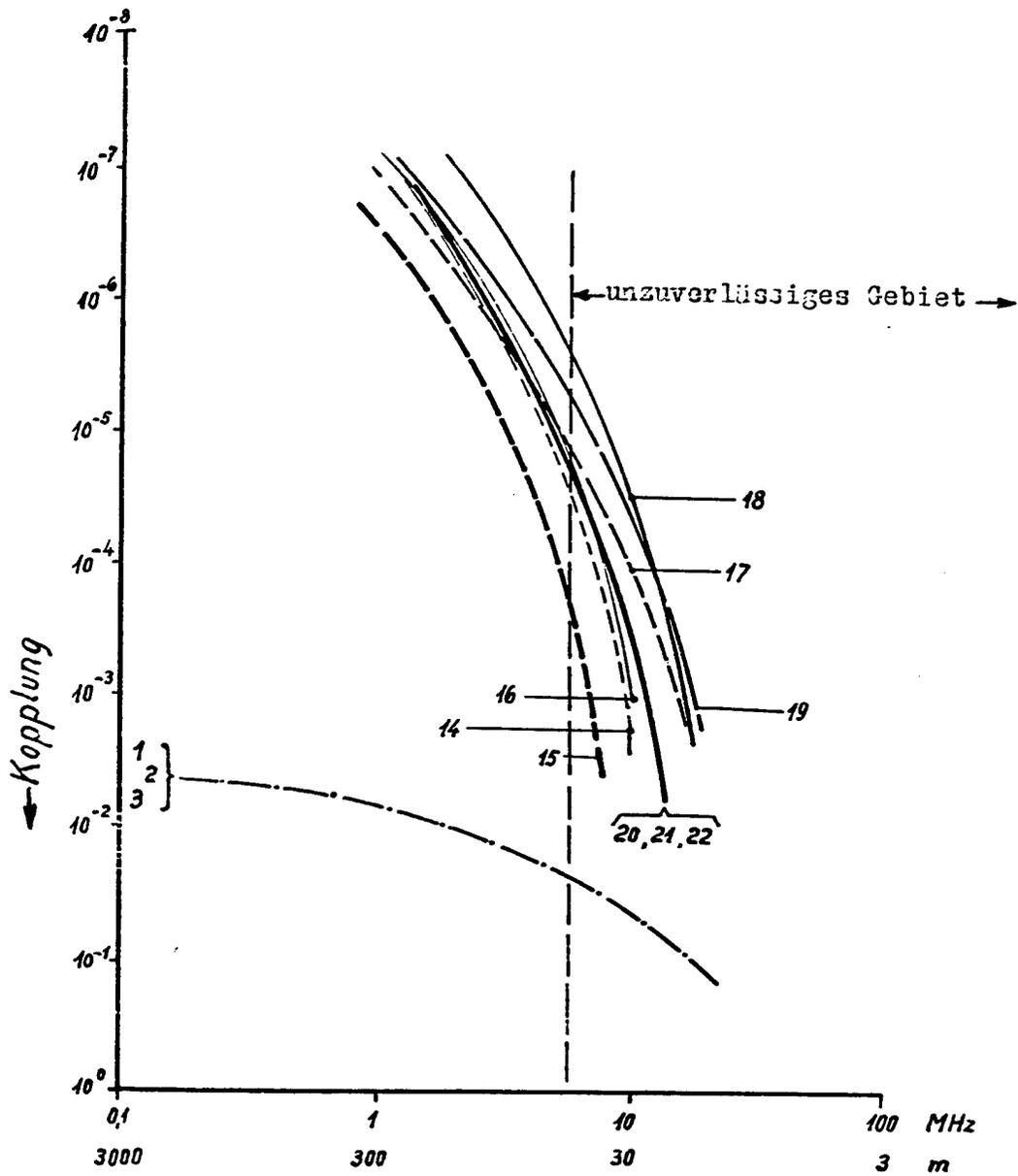


Abb.6 Kopplungen der Leitungen 14 bis 22 in Abhängigkeit von der Frequenz.

Die Ziffern geben die laufende Kabelnummer der Tafel 1 an.

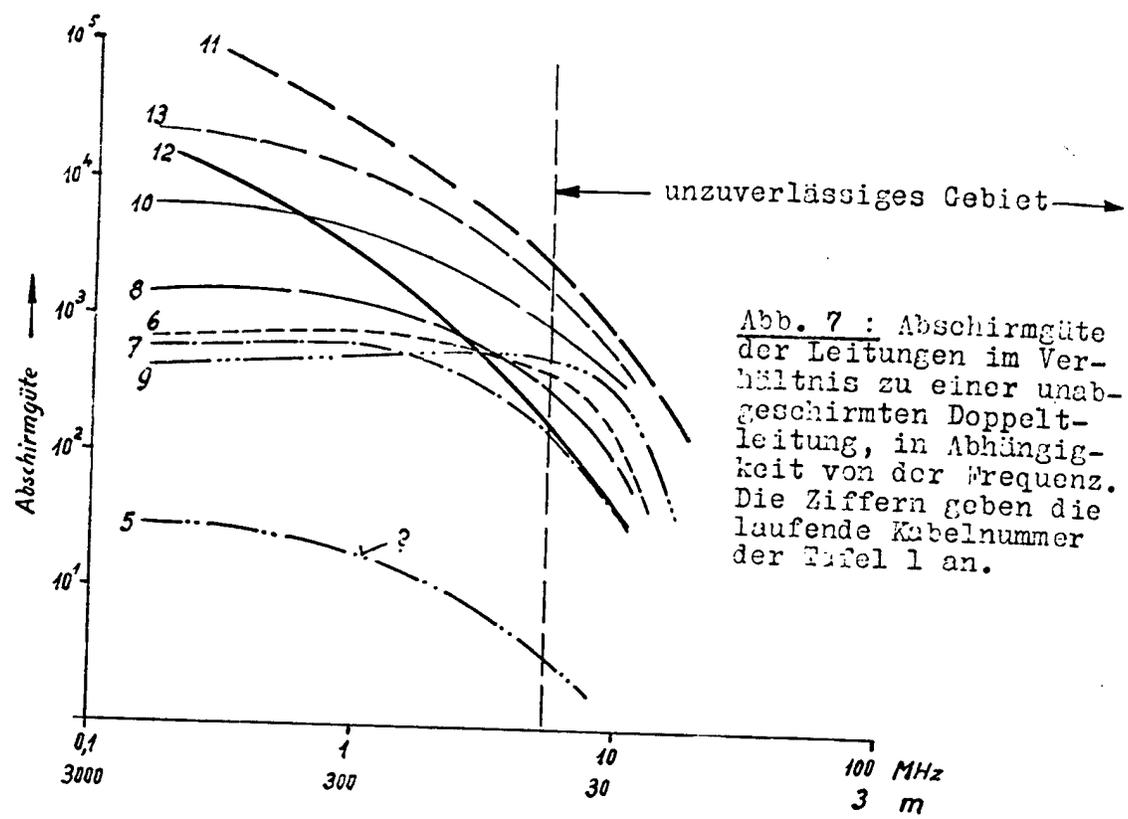


Abb. 7 : Abschirmgüte der Leitungen im Verhältnis zu einer unabschirmten Doppelleitung, in Abhängigkeit von der Frequenz. Die Ziffern geben die laufende Kabelnummer der Tafel 1 an.

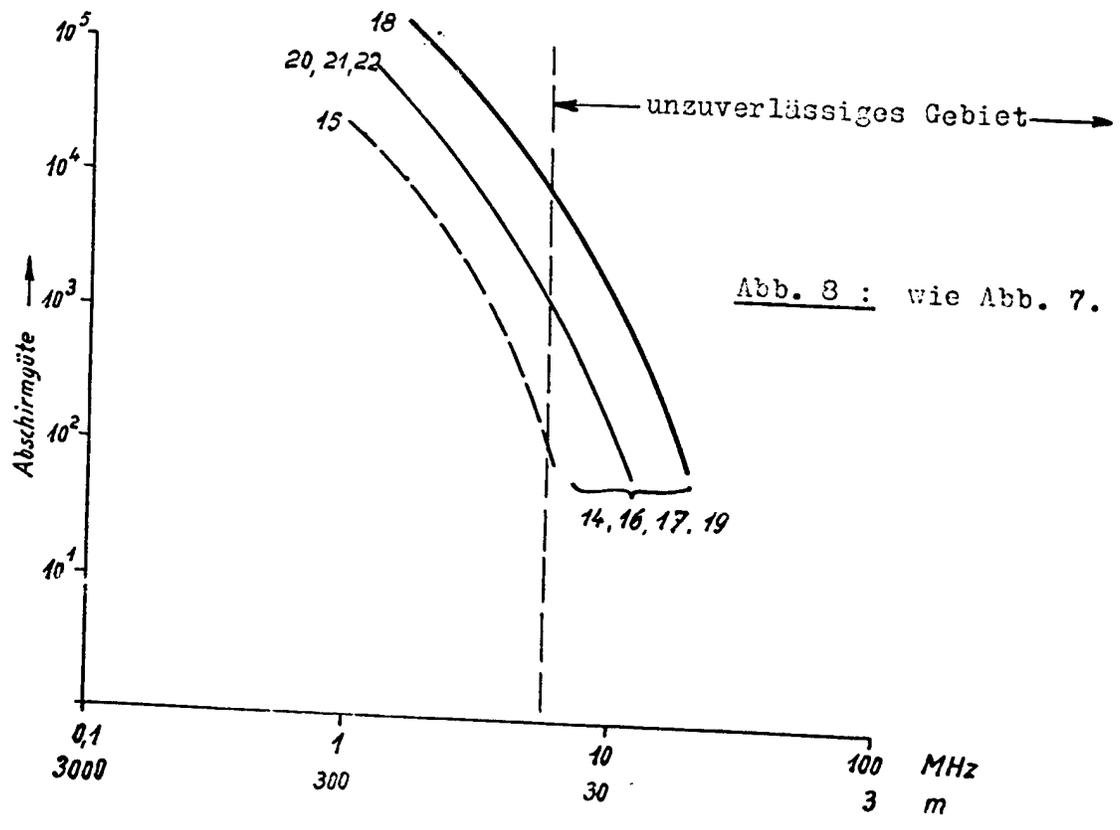
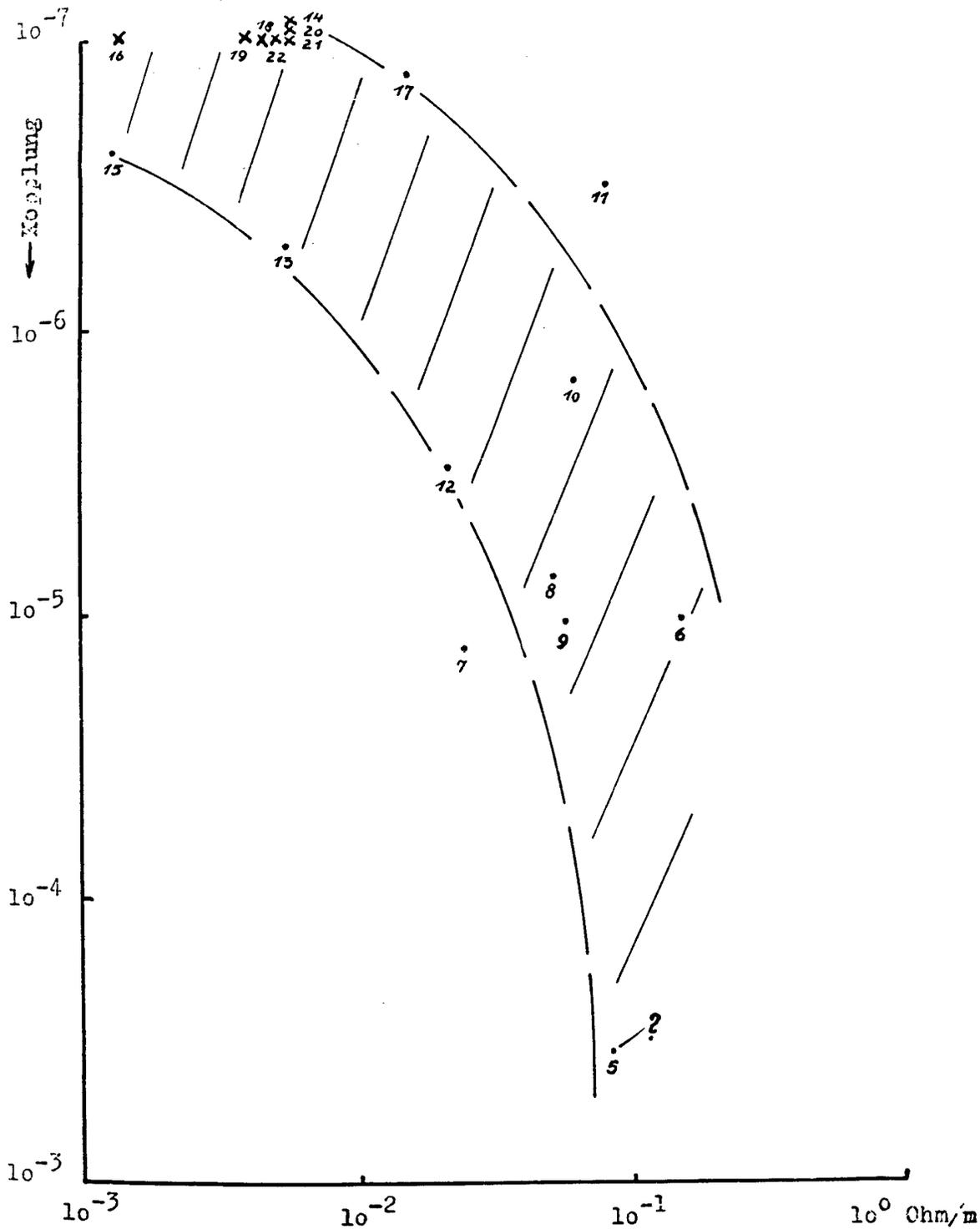
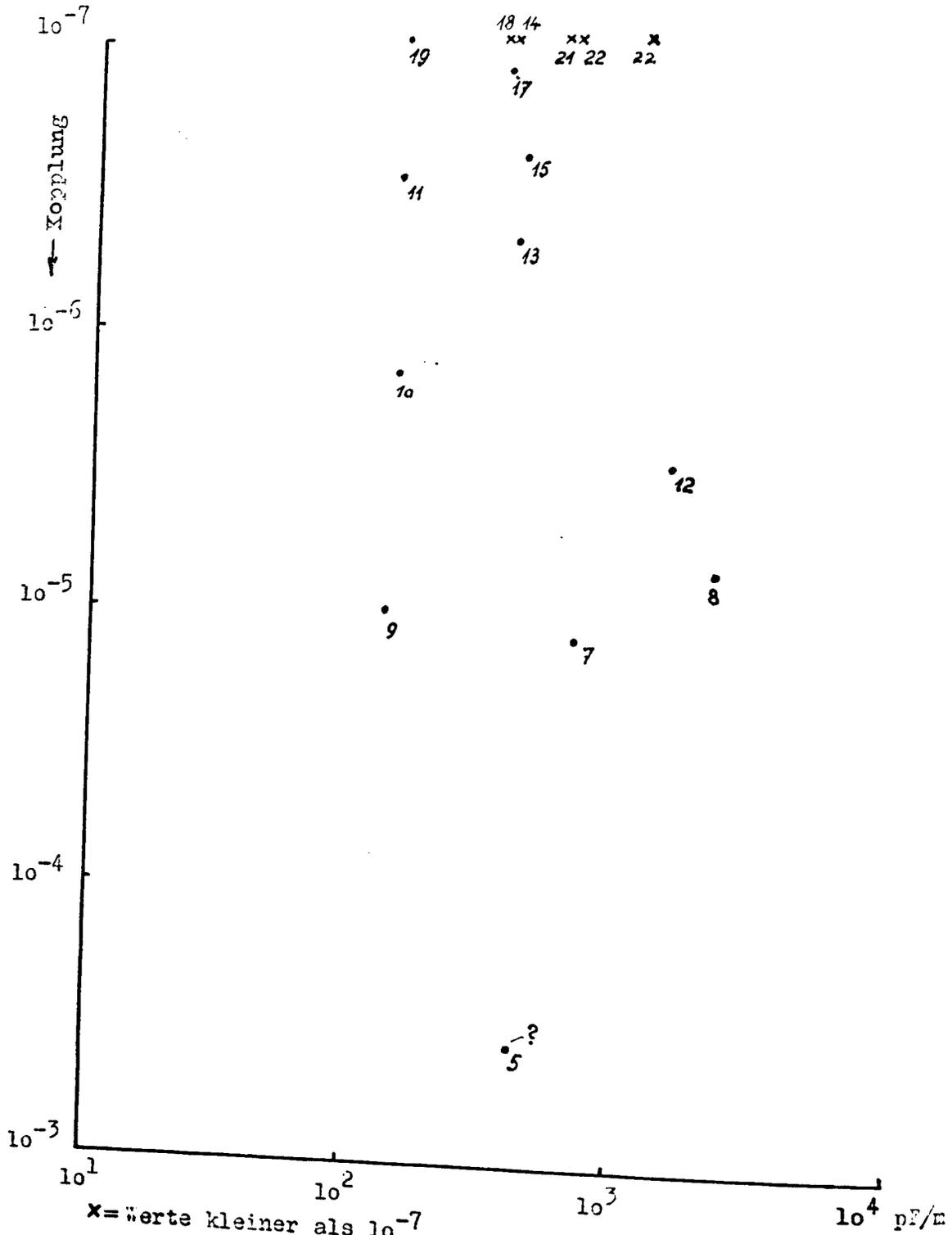


Abb. 8 : wie Abb. 7.



**Abb.9.** Abhängigkeit des Kopplungsfaktors (Meßfrequenz 1000 kHz) von Gleichstromwiderstand der Abschirmung.



x = Werte kleiner als  $10^{-7}$   
Die Zahlen geben die laufende Nummer in Tafel 1 an.

Abb.10. Abhängigkeit des Kopplungsfaktors (Meßfrequenz 1000 kHz) von der Kapazität zwischen Abschirmung und Innenleitern.

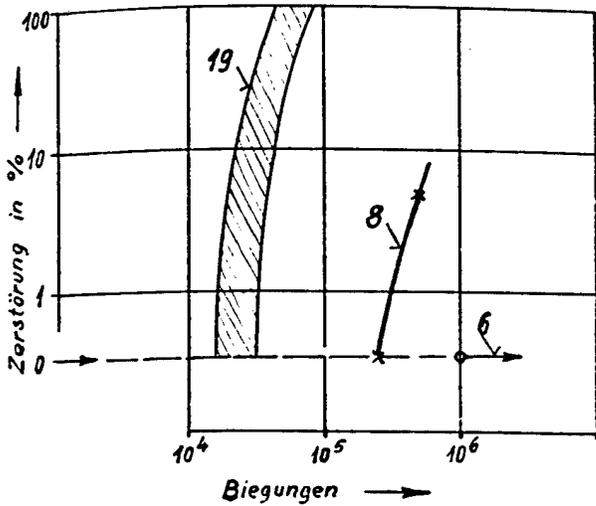


Abb. 11

Grad der Zerstörung von verschiedenen Leitungen beim Dauerbiegeversuch.

Die Ziffern geben die laufende Kabelnummer der Tafel 1 an.

Biegung um Dorn vom 10-fachen Leitungsaußendurchmesser.

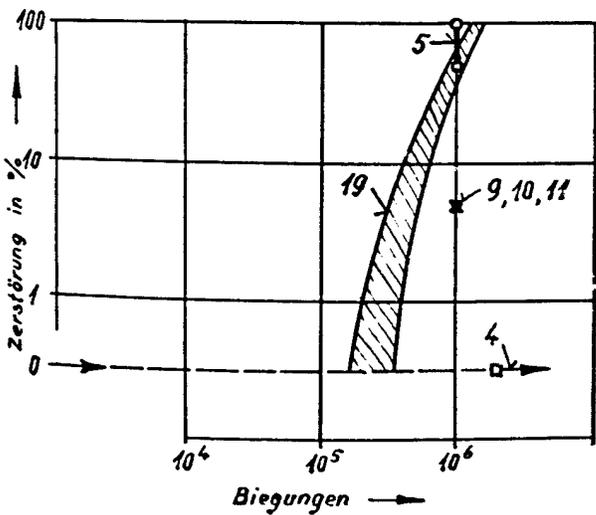


Abb. 12

wie Abb. 11, jedoch Biegung um Dorn vom 15-fachen Leitungsaußendurchmesser.

Lfd. Nr.	Lieferer bzw. Hersteller	Kabelbezeichnung	Aufbau Leiter	Abschirmung	Außen-durchm. in mm	Gleichstrom-Widerstand der Abschirmung in Ohm/m	Kapazität sämtlicher Leiter gegen Abschirmung in pF/m	Kopplung bei $\lambda = 300$ m	Biegebeanspruchung Anzahl der Biegezyklen	Halbmesser des Biegedorns Vielfaches des Außen-durchm.	Ergebnis der Biegebeanspruchung	- 21
1	RLM Yauwells	NGA-Ltg	2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	keine Abschirmung; Leiter verdrillt ein Leiter	-	-	-	7,5 · 10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-
2	wie vor	"	2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	keine Abschirmung; Leiter dicht nebeneinander verlegt; dickerer Leiter, gesteckt	-	-	-	7 · 10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-
3	wie vor	"	2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	keine Abschirmung; Leiter dicht nebeneinander verlegt; verdrehter Leiter gesteckt	-	-	-	6 · 10 <sup>-3</sup>	-	-	-	-
4	Telefunken Continental	-	8-adrig, Litze	Leitender Gummi	-	2780	690	1,9 · 10 <sup>-2</sup>	2000000	15	unbeschädigt, innerer Gummi schmierig	-
5	Telefunken Leontische Draht	-	4 x 6 mm <sup>2</sup> Litze versetzt	verzinktes Kupfergeflecht, von 25 mm starkem Gummi-mantel eingehüllt	13,5	90824	420	9,5 · 10 <sup>-4</sup> [?] ]	1000000	15	Kupfergeflecht stellenweise 50 bis 100 % durch Leiter unbeschädigt	-
6	Vogel	-	7 x 0,75 mm <sup>2</sup> Litze Unter und über dem Geseinsinn	Kupfergeflecht (leicht aus Baum-wollfäden, die mit Öl bespannt sind) umwickelt; lackierte Baumwoll-flechte	9	0,145	-	1 · 10 <sup>-5</sup>	1000000	40	Lackschicht rissig schon nach 5000 Biegungen, Leiter sonst unbeschädigt	-
7	Telefunken Cassirer	-	8-adrig, Litze	Alle Adern zusammen in Bleifolie umwickelt; 3 Leiter einzeln mit Kupfergeflecht abgeschirmt	8	0,235	700	4,2 · 10 <sup>-5</sup>	950000	15	Kupfergeflecht einzeln Adern bis 20 %, unbeschädigt Bleifolie zerrieben; Leiter unbeschädigt wie vor; Kupferblei bis 30 % zerrieben	-
8	Telefunken	-	8-adrig, Litze Zuleiterschleife, 3 Adern	Stahldrahtgeflecht, darüber Kupfergeflecht und gebräunte Aluminiumgespinnst Dichte II *)	11	90504	2100	7 · 10 <sup>-6</sup>	500000	10	Abschirmung und Leiter noch unbeschädigt = -5 % beschädigt; Innenleiter an 12 Stellen abbrechen	-
9	Telefunken Schwarz-Schneider und DPT	-	3-adrig, Litze	Aluminiumgespinnst Dichte II *) mantel eingehüllt	40	0,0578	130	4 · 10 <sup>-5</sup>	1000000	15	5 % Fäden der Bespinnung gerissen; Leiter unbeschädigt	-
10	wie vor	-	3-adrig, Litze	Al-gespinnst Dichte II *) sonst wie vor	40	0,0592	136	4,6 · 10 <sup>-6</sup>	1000000	15	wie vor	-
11	wie vor	-	3-adrig, Litze	Al-gespinnst Dichte I *) sonst wie vor	40	0,078	140	3 · 10 <sup>-7</sup>	2000000	15	wie vor	-
12	Lorenz	-	8-adrig, Litze 2 Beidrähte aus Litze	Jeder Leiter mit besonderer Abschirmung; Zuleiterschleife, zusammen 2 Beidrähte aus Litze	8	0,020	1500	3 · 10 <sup>-6</sup>	500000	15	Gummiaußenhülle unbeschädigt, Leiterband verschleuert; Abschirmfolie perforiert zerrieben	-
13	RLM Yauwells	NBU	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> 1 Beidraht	Bleimantel	10	0,00513	400	5 · 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
14	wie vor	NBEU	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> 1 Beidraht	Bleimantel, darüber Eisenband gewickelt	11	0,00581	308	4 · 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
15	RLM	Gurodraht normal	2-adrig 2 Beidrähte	Eisenblech gefaltet, verdrillt	8,5	0,00133	420	2,5 · 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
16	wie vor	Stahlpennzerrohr	1 x 1,5 mm <sup>2</sup>	Eisenrohr	20,5	0,00133	-	< 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
17	wie vor	Bremsene Panzer-aderleitung	4 x 16 mm <sup>2</sup>	Eisengeflecht	16	0,0168	380	4,2 · 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
18	RLM BBC	Nitterleitung	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> 2 Beidrähte	Aluminiumblechmantel gefaltet	9	0,00434	370	< 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
19	wie DVL-Lager Siemens	Hochspannungs-Zuleitung	19 x 0,25 mm <sup>2</sup> 10 mm <sup>2</sup>	verzinktes Kupfergeflecht 2,5 x 2,7 x 0,2	8	0,00394	150	< 10 <sup>-7</sup>	2000000 1000000 500000 300000 500000 900000 1000000	40 15 15 15	Abschirmgeflecht 5 % beschädigt 50 % 50 % 50 % 50 %	-
20	RLM Jordan	Rapiddraht	2 x 1,5 mm <sup>2</sup> 2 dicke Beidrähte	Mantel Eisenblech gefaltet, Einzeldrähte Folienabschirmung, obere Beidrähte	11	0,00573	650	< 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
21	wie vor	Rapiddraht	2 x 1,5 mm <sup>2</sup>	wie vor, Beidrähte mit Baumwollmüllüberzug	11	0,00557	600	< 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-
22	wie vor	Rapiddraht	4 x 1,5 mm <sup>2</sup> 2 dicke Beidrähte	wie vor	12	0,00490	1200	< 10 <sup>-7</sup>	-	-	-	-

Tafel-1. Untersuchte Kabelmuster - \*) Dichte I = größte Dichte, abgesehen von I bis zu Dichte II

REEL - C

1056

A.T.I.

7120