

Zeitschrift: Pionier : Zeitschrift für die Übermittlungstruppen
Herausgeber: Eidg. Verband der Übermittlungstruppen; Vereinigung Schweiz. Feld-Telegraphen-Offiziere und -Unteroffiziere
Band: 35 (1962)
Heft: 2

Rubrik: Funk + Draht

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

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

621.391.1

Nichtkonventionelle Übertragungsmedien und Frequenzbereiche

(Entnommen aus der Sammlung der Referate des Kolloquiums «Krieg im Aether» 1959/60 ETH)

Die stetig steigenden Bedürfnisse nach drahtlosen Übertragungskanälen haben auf gewissen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums zu einer heute schon untragbaren Situation geführt.

Kein Wunder, dass heute Anstrengungen im Gange sind, die Situation durch vollständigere Ausnützung der Übertragungskanäle einerseits, und durch die Erschliessung neuer Spektralbereiche andererseits zu verbessern.

Die nachfolgenden Ausführungen haben zum Ziele, auf einige neue, unkonventionelle Möglichkeiten hinzuweisen. Es sind dies zum Teil Möglichkeiten, welche im Ausland (vorab in den USA) heute einem genauen Studium unterworfen werden oder Möglichkeiten, welche ein intensiveres Studium wert wären.

Sie vernehmen deshalb nichts über die Weiterentwicklung der Mikrowellentechnik oder der Infrarotübertragungstechnik — unter nichtkonventionellen Gebieten soll vielmehr verstanden werden:

- die Übertragung auf extrem niedrigen Radiofrequenzen (VLF)
- die Übertragung mittels Schallwellen in verschiedenen Medien
- die Übertragung mittels kurzwelligem Licht
- die Übertragung mittels radioaktiver Strahlung

Dabei wird das eine oder andere Gebiet summarischer behandelt und nur dort länger verblieben, wo sich auch für schweizerische Bedürfnisse und Möglichkeiten interessante Ausblicke zeigen.

Wie wir alle wissen, ist jede Informationsübertragung an eine gleichzeitige Energieübertragung gebunden. Die Grenzen dieser Energieübertragung sind durch die Natur des Übertragungsmediums und durch die technischen Übertragungseinrichtungen bestimmt.

Energieverluste und damit in einem gewissen Rahmen Informationsverluste werden verursacht durch:

- Energieverdünnung
- Absorption
- Störeinflüsse

Die Energieverdünnung kann auf folgenden zwei (hauptsächlichsten) Arten erfolgen:

- proportional $\frac{1}{R^2}$ — wir sprechen dann von kugelförmiger oder sphärischer Ausbreitung
- proportional $\frac{1}{R}$ — wir sprechen von kreisförmiger oder flächenhafter Ausbreitung

Im weiteren kann noch der Sonderfall existieren, wo überhaupt keine Energieverdünnung stattfindet, nämlich dann, wenn die Ausbreitung linear erfolgt. (Figur 1)

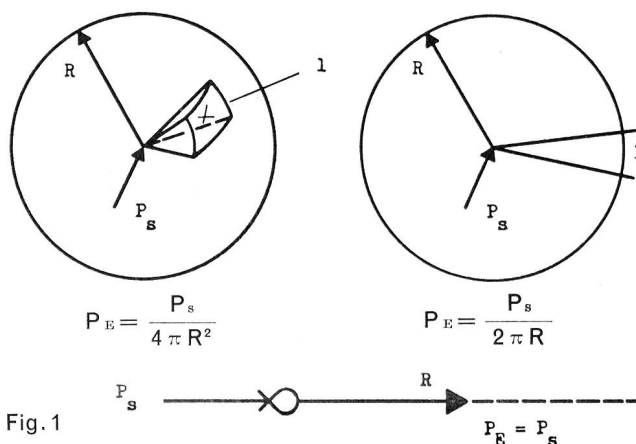


Fig. 1

Beispiele für die beschriebenen drei Arten der Energieverdünnung sind folgende:

- Sphärische: Freiraumausbreitung von Schall- und Radiowellen
- Flächenförmige: Schall- und Radiowellenausbreitung längs natürlicher Dukt, hervorgerufen durch schalen- oder schichtförmigen Aufbau des Übertragungsmediums
- Lineare Ausbreitung: (Keine Energieverdünnung) Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs Leitern.

Da bei den natürlich vorkommenden Übertragungsmedien die Leiter fast vollständig fehlen, richtet sich unser Interesse vorerst auf die flächenförmige Energieverdünnung, weil der zugehörige Ausbreitungsmodus offenbar günstigere Energiebilanzen als der sphärische liefert.

Es ist ja tatsächlich so, dass natürlich Dukt die Übertragung auf weite Distanzen mit geringsten Sendeenergien gestatten.

Wo finden sich nun in der Natur solche Dukt? — Überall dort, wo Materie als Übertragungsmedium schicht- oder schalenförmig nicht homogen verteilt ist.

Beginnen wir also einmal ganz unten beim Erdboden, der sogenannten Lithosphäre. Unsere Erdrinde weist ja ausgesprochen schichtförmigen Aufbau auf, und es eröffnen sich deshalb interessante Aspekte für die Übertragung von Schallenergie und auch von elektromagnetischer Energie über grössere Distanzen.

Auch die Struktur des Wassers, der Hydrosphäre, ist weitgehend schichtförmig.

Im weiteren finden wir Schichten in der Troposphäre und in der Ionosphäre.

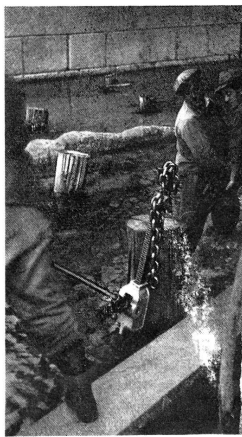
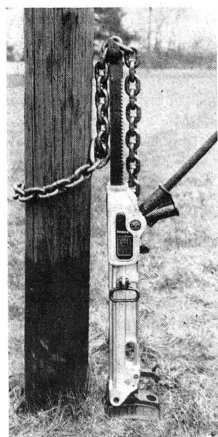
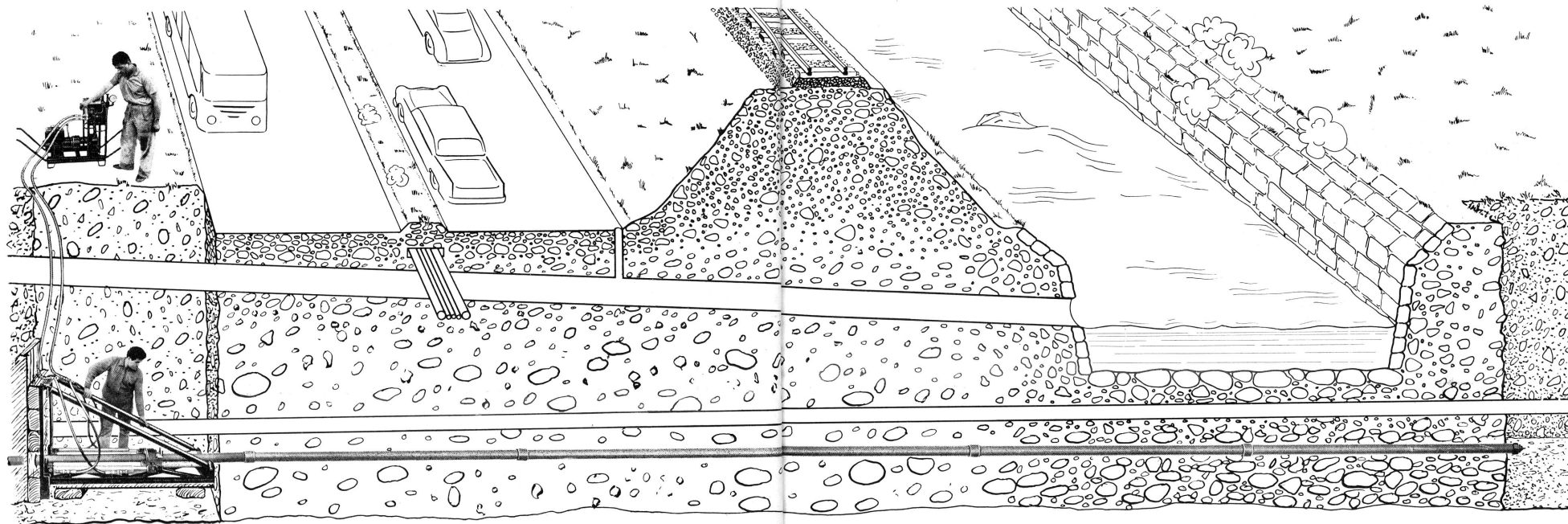
Stahl-, Gas-, Siede-, Kunststoff-, Eternit-, Ton-, Zement- und andere Röhren

werden mit unseren «Simplex»- und «Meili»-Röhrenstosspressen auf einfachste Weise, rasch und billig, in einem Arbeitsgang unterirdisch horizontal gestossen bzw. verlegt.

Keine Aufgrabungen, keine Strassenschächte, keine Verkehrsbehinderungen oder -unterbrechungen mehr, dem von uns seit 1938 tausendfach erprobten Stossprinzip. Ausgeschaltet sind Verkehrsumleitungen, Verkehrsunfälle, Trassesenkungen, Verzögerung in der Arbeitsausführung usw., die ein Aufgraben mit sich bringen

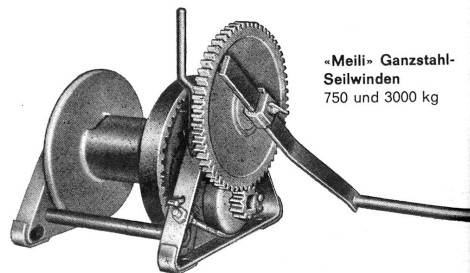
und die sich bei dem heutigen regen Vehikelverkehr und dem herrschenden Arbeitermangel doppelt nachteilig auswirken.

Mit unseren Röhrenstosspressen wird das Erdreich durch den Pilot komprimiert, niemals gelockert; Trassensenkungen sind ausgeschlossen. Unser Prinzip hat den grossen Vorteil, dass beim Einziehen von Röhren aus beliebigem Material nur noch die Reibung zu überwinden ist. Die Pressen sind sehr leistungsfähig, so dass 2—4 Mann in der Rekordzeit von 2—10 Stunden schon lange Leitungen legen können. Gemeinde-, Stadt- und Kantonswerke sowie alle Leitungsbaubetriebe sparen damit grosse Summen im Budget ein.



Leitungsbau mit Meili-Geräten ist den Mannschaften ein Vergnügen, denn Unfälle und unnötige Ermüdungen sind ausgeschaltet.

Unsere modernsten Spezialgeräte sind heute für die Bautrupps mehr denn je vonnöten, um den Mangel an Arbeitskräften durch mühsames, freudiges und speditives Arbeiten zu kompensieren.



Links: MEILI/SIMPLEX Mastenwinden

«Meili» Ganzstahl-Seilwinden
750 und 3000 kg

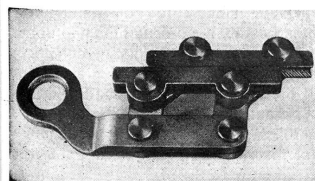
loses, freudiges und speditives Arbeiten zu kompensieren. Nur mit speziell legierten und vergüteten Stahl- und Aluminiumprodukten, wie wir sie seit über 25 Jahren liefern, kann die Arbeitsleistung gesteigert und können Unfälle, Betriebsunterbrechungen und Wartezeiten vermieden werden.

Alle gangbaren Typen und Modelle sind

ab Lager

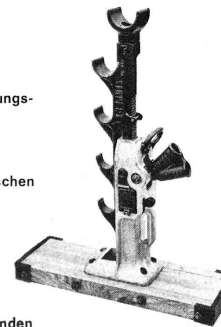
lieferbar.

Man verlange unsere neuesten Prospekte über sämtliche Leitungsbau- und Röhrenstosspressen mit Angabe des gewünschten Gerätes.



Links:
«MEILI» Seilfröschen

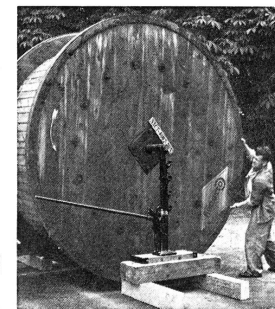
Rechts:
MEILI/SIMPLEX
Kabelbobbinnenwinden



L. MEILI & SOHN, ZÜRICH

Zehntenhausstrasse 63
Telephon (051) 57 03 30 (5 Linien)

Hebezeuge, Leitungsbau- und Röhrenstossgeräte



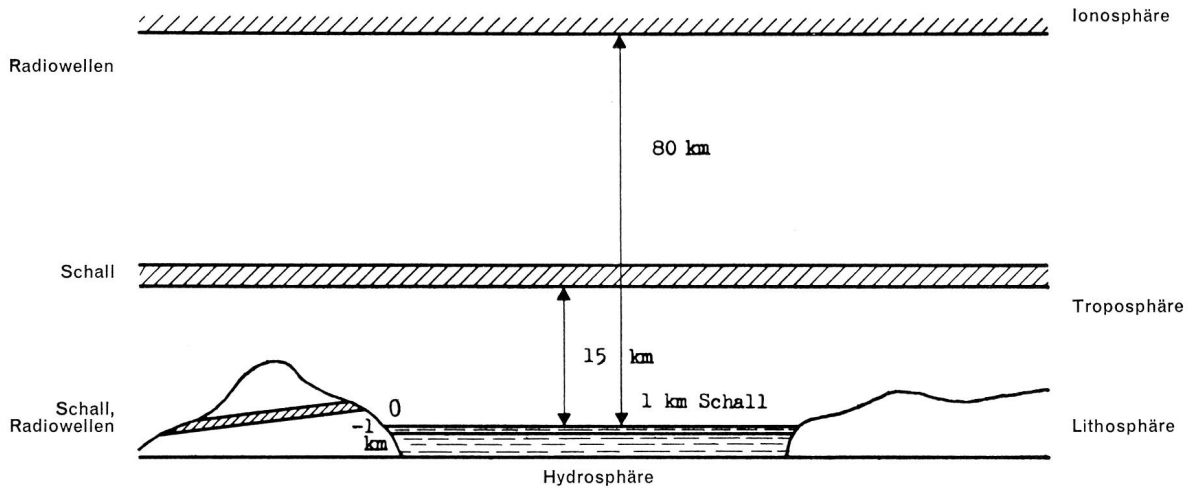


Fig. 2

Von den erwähnten Dukten sind bisher gefunden worden:

- Schalldukte in einer Tiefe von 1 km im Meer
- Schalldukte in einer Höhe von 15 km in der Troposphäre
- Radiodukte in der Troposphäre
- Radiodukte in der äusseren Ionosphäre

Bisher wenige oder gar keine Untersuchungen haben stattgefunden:

- Schall- und Radiodukte in der Erdrinde (Felsschichten)

Wie bereits erwähnt wurde, absorbiert das Übertragungsmedium einen Teil der ausgesendeten Energie. Die Absorptionsverluste steigen mit der Entfernung exponentiell. Im allgemeinen ist der Absorptionsverlust auch proportional dem Quadrate der Frequenz. So hat beispielsweise eine Frequenzerhöhung von 1 auf 2 kHz eine Dämpfungszunahme um einen Faktor 4 zur Folge. Oder — ein Übermittlungssystem mit einer Reichweite von 100 km bei 1 kHz hat nurmehr eine solche von 25 km bei 2 kHz.

Neben der Absorption wirken Störgeräusche aller Art auf die Übertragung ein. Bei der Radioübertragung sind es vor allem atmosphärische Störungen und kosmisches Rauschen. Bei der Schallübertragung sind es Geräusche durch Winde, Wellen, Tiere und Menschen verursacht.

Allgemein kann gesagt werden, dass der Störpegel steigt, wenn die Frequenz reduziert wird. Bei sehr tiefen Frequenzen nimmt er dann wieder ab, weil die natürlichen Störquellen keine sehr tiefen Frequenzen erzeugen können.

Es folgen nun einige allgemeine Betrachtungen über die Erzeugung, Ausstrahlung und den Empfang von Energie:

Die Reichweite eines ausgesendeten Signales hängt — abgesehen von den bereits beschriebenen Eigenschaften des Übertragungsmediums — von den folgenden Geräteparametern ab:

- a) ausgesendete Leistung — erzeugte Leistung
- Antennengewinn
- Wirkungsgrad
- b) empfangene Leistung — Empfindlichkeit
- Antennengewinn
- Wirkungsgrad

Die Möglichkeiten zur Energieübertragung auf grössere Distanzen ist bei vorgegebenen Empfängerdaten direkt von der erzeugten Sendeleistung, vom Antennengewinn und dem Antennenwirkungsgrad abhängig.

Die Empfindlichkeit des Empfängers wird durch die minimale Eingangsleistung, welche ein Erkennen des Signales eben noch gestattet, gegeben. Die Empfindlichkeit wird begrenzt durch die Störgeräusche des Übertragungsmediums am Eingang des Empfängers und durch die

Störgeräusche, welche in der Empfangsanlage selbst erzeugt werden (beispielsweise thermisches Rauschen).

Störgeräusche weisen im allgemeinen ein breites Frequenzspektrum auf. Ihr Einfluss kann deshalb vermindert werden, wenn der Empfänger nur für eine bestimmte Anzahl von Frequenzen empfindlich ist. Man nennt diese Frequenzgruppe gemeinhin die Bandbreite des Empfängers.

Der Antennengewinn hat den Effekt, dass der Anteil der empfangenen Leistung in einer bestimmten Richtung erhöht wird.

Ein Teil der empfangenen Leistung geht im Antennenkreis verloren. (Ähnliche Verhältnisse gelten auf der Sendeseite.) Der Wirkungsgrad wird durch das Verhältnis der am Empfängereingang verfügbaren zur total aufgefangenen Leistung gegeben.

Der Energieverlust im Übertragungsmedium ist — wie erwähnt — durch geometrische Faktoren und durch die Absorption bestimmt. Man bezeichnet nun diejenige Entfernung von der Sendestelle als die kritische Entfernung, wo die Absorptionsverluste den geometrischen Verlusten gleich werden. Innerhalb dieser kritischen Entfernung dominieren die geometrischen Verluste, ausserhalb herrschen die Absorptionsverluste vor. (Verluste auf die Längeneinheit bezogen.)

Für unsere weiteren Betrachtungen ist es nützlich, eine weitere Grösse, die sogenannte System-Empfindlichkeit zu definieren:

$$\sigma = \frac{P_E}{P_s G_s A_E} \quad [\text{cm}^{-2}]$$

P_s = Sendeleistung P_E = Empfangsleistung

G_s = Sendantennengewinn A_E = Fläche der Empf.-Ant.

Diese Beziehung wird aus der allgemeinen Übertragungsgleichung dadurch erhalten, dass alle Terme, welche von den Terminalausrüstungen (Sender-Empfänger) herrühren, auf die linke Seite der Gleichung gebracht werden:

$$\frac{P_E}{P_s G_s A_E} = f(R) = \sigma \quad \left[P_E = \frac{P_s G_s A_E}{4 R^2} \exp(-\alpha R) \right]$$

sphärische Ausbreitung

Die Grössen $P_E P_s G_s A_E$ sind durch die heutigen technischen Möglichkeiten bestimmt, so dass mit Hilfe der Systemempfindlichkeit der Übertragungsweg abgeschätzt werden kann. Selbstverständlich müssen dabei die Ausbreitungsgeometrie und die Dämpfungseigenschaften des Übertragungsmediums bekannt sein. Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die mit der heutigen Technik zu erwartenden kritischen Entfernungen für sphärische Verdünnung.

	λ (cm)	α (dB/cm)	R_{krit} (km)
UV Luft, 0–15 km	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$4,4 \cdot 10^{-6}$	20
IR Luft, 0 km	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$	26
Mikrowellen Luft, 0 km	1	$7,1 \cdot 10^{-7}$	121
VLF Radio Luft, 0 km	$6 \cdot 10^6$	10^{-8}	$8,7 \cdot 10^3$
Schall Luft trocken / 37% rel. F.	6,6	$4,4 \cdot 10^{-5}$ $1,7 \cdot 10^{-3}$	2 $5 \cdot 10^{-2}$
Ultraschall Luft trocken 37% rel. F.	0,3	$1,7 \cdot 10^{-2}$ $4,5 \cdot 10^{-2}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$ $1,9 \cdot 10^{-3}$
Schall Wasser	30 $7,5 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^{-4}$ $3,3 \cdot 10^{-9}$	19 $2,6 \cdot 10^4$
Ultraschall Wasser	1,5	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$2,7 \cdot 10^{-1}$
Gammastrahlen Luft, Co 60	$1,25 \mu$	$6,1 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, sind besonders interessant:

- Ultraviolett
- VLF Radio
- VLF Schall in Wasser

Bei einer Verbesserung der Systemempfindlichkeit um einen Faktor 1000 (30 dB) könnten bei sphärischer Verdünnung folgende Reichweitenverbesserungen erzielt werden:

- VLF Radio und Schall etwa 5000 km

Bei flächenhafter Verdünnung ergäben sich sogar Verbesserungen um 70000–100000 km.

Wir wollen nun den besonders interessanten Fall der UV-Übermittlung noch etwas genauer ansehen. Ultraviolett hat ernsthafte Qualitäten als Informationsträger. Ozon wirkt bekanntlich sehr stark absorbierend auf Ultraviolett. Gleichzeitig halten aber die Ozonschichten der Atmosphäre den Störpegel gering. (Abschirmung der Sonnen-UV-Strahlung.) Die Absorptionsdämpfung bei Ultraviolett ist ein kombinierter Effekt von Raleigh-Streuung und eigentlicher Absorption. Wasserdampf hat einen geringen Einfluss auf das Absorptionsverhalten, solange man die Übertragungsfrequenzen günstig wählt. (UV-Fenster.)

Heute können bereits schon Hochintensiv-Lichtbogen mit einer Oberfläche von 1 cm^2 und Temperaturen bis zu 20000°K erzeugt werden. Ein Lichtbogen mit einer Ober-

flächen-temperatur von 20000°K erzeugt eine Strahlungsintensität von $2,7 \cdot 10^5 \text{ W/cm}^2$ über ein Band von $0,2\text{--}0,35 \mu$. In diesem Band absorbiert der atmosphärische Ozon zugleich ein Maximum an solarer Strahlung. Die Intensität des Strahlungssystems kann weiter durch optische Hilfsmittel gesteigert werden (Spiegel). Für eine Quelle von 1 cm Durchmesser in einem Spiegel von 1,5 m Durchmesser ergibt sich ein Gewinn von 22 500.

Die minimale, noch detektierbare Empfangsleistung wird durch die Geräuschleistung in der Fotozelle bestimmt. Diese Geräuschleistung ist vorwiegend durch die Streueinstrahlung von solarem UV gegeben und kann nicht leicht verringert werden. Diese Leistung liegt heute bei $3,2 \cdot 10^{-8}$ Watt.

In der nachstehenden Tabelle sind die heute realisierbaren Werte für ein Ultraviolett-Übertragungssystem zusammengestellt.

Wellenlänge (μ)	0,25–0,35
Empfangsfläche (cm^2)	$1,75 \cdot 10^4$
Sendegewinn	22 500
Bandbreite (kHz)	10
Ausgestrahlte Leistung (W)	$2,7 \cdot 10^5$
Max. Reichweite (km)	150
Systemempfindlichkeit (cm^{-2})	$3 \cdot 10^{-21}$

In ganz ähnlicher Weise können für die übrigen, erwähnten Übertragungsarten die interessanten Grenzdaten zusammengestellt werden.

Energieform	Medium	Frequenz/ Wellenlänge	Strahler- wirkungsgrad %	Reichweite sph. (km)	Reichweite fl. (km)	Anzahl Fernschr. K.
Schall	1 km Meer	200 Hz 5 kHz	20 50	350 30	8 000 45	1 25
Schall	Hohe Trop. Fels	200–10000 Hz	?	?	?	?
VLF Radio	Schlauch Hohe Ion.	5–35 kHz	1	1 000–15 000		60
VLF Radio	Luft	5 kHz 30 kHz	0,5 30	680 1 200	4 500 10 000	40 130
VLF/MF/HF Radio	Fels	1–1 000 kHz	?	?	?	?
Ultraviolett	Luft	$0,2\text{--}0,35 \mu$	25	100	—	25 000

Abschliessend lässt sich sagen, dass sich im weiteren Studium folgender Möglichkeiten auch bei uns lohnenswerte Aussichten bieten:

- Ausbreitungseigenschaften von Felsschichten für Schall und tiefe Radiofrequenzen
- Ausbreitungseigenschaften der Troposphäre in mittleren und grossen Höhen für Ultraviolett
- Entwicklung von UV — Übertragungseinrichtungen, insbesondere von Strahlungsquellen hoher Leistung, von Modulatoren und Detektoren.

H. Steinmann

Literatur:

Lawrence E. Kinsley, A. R. Frey: Fundamentals of Acoustics (Wiley Sons 1950)

Sheehy/Hulley: Measurement of the Attenuation of Low Frequency Underwater. Sound J. of the Acoustical Soc. of Am. Vol. 29 No. 4 Apr. 1957

Donald Kerr: Propagation of short radio waves (McGraw Hill 1951)

Chapmann/Macario: Propagation of AF Radio Waves to great Distances Nature. Vol. 177 Mai 1956

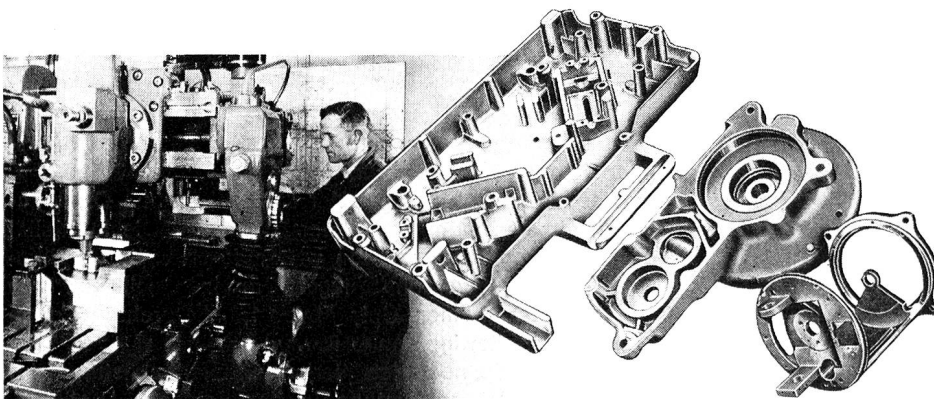
Stephenson: Introduction to Nuclear Engineering (McGraw Hill)

Pierce: Intercontinental Frequency Comparison by VLF Radio Transmission. Proc. IRE Vol 45 No. 6 Juni 1957

Cohen/Gibson: Some Considerations Concerning Nuclear Radiation for Application to Aeronautical Navigational Aids. IRE Transactions on Comm. Systems Vol. CS-5, No. 1 März 1957

Pressman: The Latitude and Seasonal Variation of the Absorption of Solar Radiation by Ozone. Geophys. Res. Paper No. 33 AFCRC Dez. 1954

Sears: Optics (Addison Wesley Press 1949).



INCA

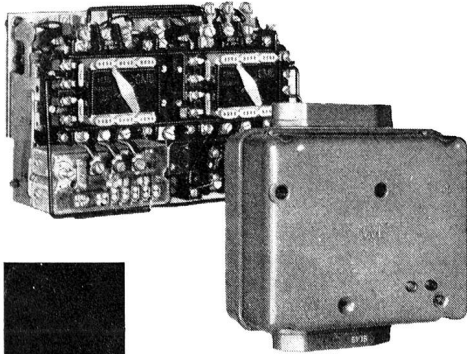
Präzision, Sauberkeit und Wirtschaftlichkeit sind die Hauptmerkmale des INCA-DRUCKGUSSES.

Verlangen Sie bei Bedarf den Besuch unserer Fachleute, die Sie unverbindlich beraten werden.

SPRITZGUSS PRESSGUSS WARMPRESSTEILE APPARATEBAU

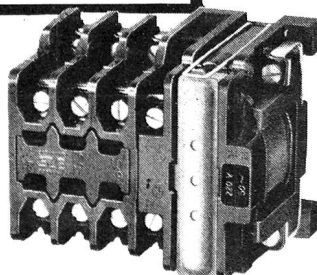
INJECTA AG
Teufenthal / Aarau ☎ (064) 3 82 77

GMC - Schütze



S&S - Schütze

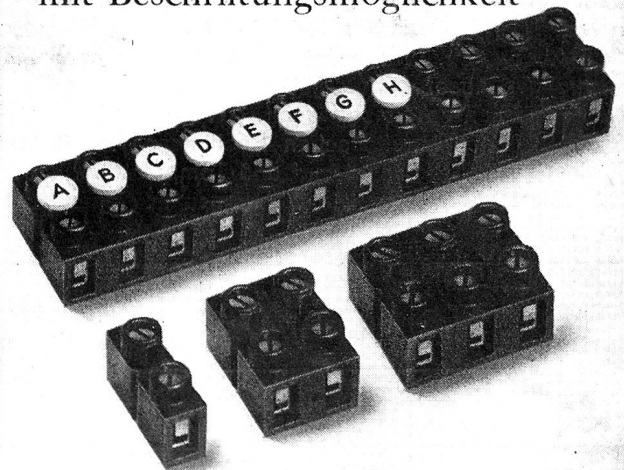
Unser Personal ist durch besondere fachliche Ausbildung geschult und mit allen Problemen von Motorschutzschaltern, Schützen, Sicherungs- und Kleinautomaten bestens vertraut.



OTTO FISCHER AG

Elektrotechnische Bedarfsartikel en gros
Sihlquai 125, Postfach Zürich 23 Telefon 051/42 33 11

Wesentlich verbesserte
abbrechbare Klemmenleiste
mit Beschriftungsmöglichkeit



Kein Druck der Schrauben auf die Leiter. Daher keine Gefahr des Abscherens dünner Drähte.

Zuverlässiger, leicht federnder Kontakt verhindert selbsttätiges Lösen der Klemmschrauben.



OSKAR WOERTZ *Basel*
TEL. (061) 34 55 50