

**Zeitschrift:** ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische  
Militärzeitschrift

**Herausgeber:** Schweizerische Offiziersgesellschaft

**Band:** 117 (1951)

**Heft:** 2

**Anhang:** Anhang I

**Autor:** [s.n.]

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 01.04.2025

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

## Anhang I

### a. Die «Radar-Formel»

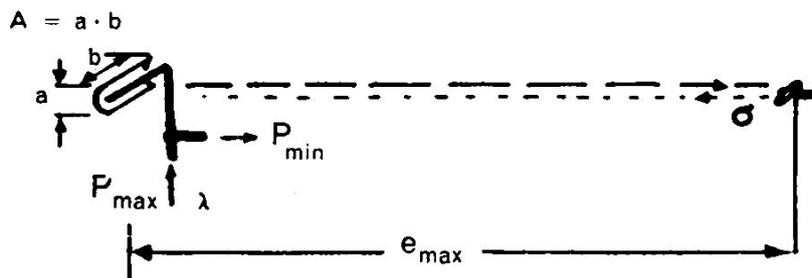
Die Radarformel gibt die Reichweite in Funktion der Konstruktionsdaten eines Radargerätes. Eine sehr einfache und klare Ableitung der Formel kann in der RCA-Review, Vol. VII, Nr. 1 (März 1946) nachgeschlagen werden.

Die Formel lautet:

$$e_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_{\max} \cdot A^2 \cdot \rho}{4\pi \cdot P_{\min} \cdot \lambda^2}}$$

Es bedeuten:

- $e_{\max}$  = Reichweite in m
- $P_{\max}$  = Impuls-Leistung in W
- $P_{\min}$  = kleinstmögliche Empfangsleistung (durch das Eigen-Rauschen gegeben) in W
- $A$  = Reflektorfläche in  $m^2$
- $\lambda$  = Wellenlänge in m
- $\rho$  = Querschnittsfläche des Zieles in  $m^2$



$P_{\min}$  hängt von der Güte der HF-Teile, speziell des Kristalles, ab. Bei modernen Geräten werden etwa  $10^{-11}$  bis  $10^{-12}$  Watt erreicht.

Die durch die Formel gegebenen Zusammenhänge sind für die drei Größen  $P_{\max}$ ,  $A$  und  $\lambda$  in den nachstehenden beiden Diagrammen graphisch dargestellt.

Aus Figur A<sub>1</sub> ist ersichtlich, daß zum Beispiel die Verdoppelung der Impulsleistung nur eine Zunahme der Reichweite um 19 Prozent ergibt. Die Steigerung der Reichweite auf diese Art ist daher sehr unwirtschaftlich.

Figur A<sub>2</sub> zeigt, wie dies (nämlich die Erhöhung der Reichweite) weit besser gemacht werden kann, nämlich durch Verkleinern der Wellenlänge oder Vergrößern der Antennenfläche.

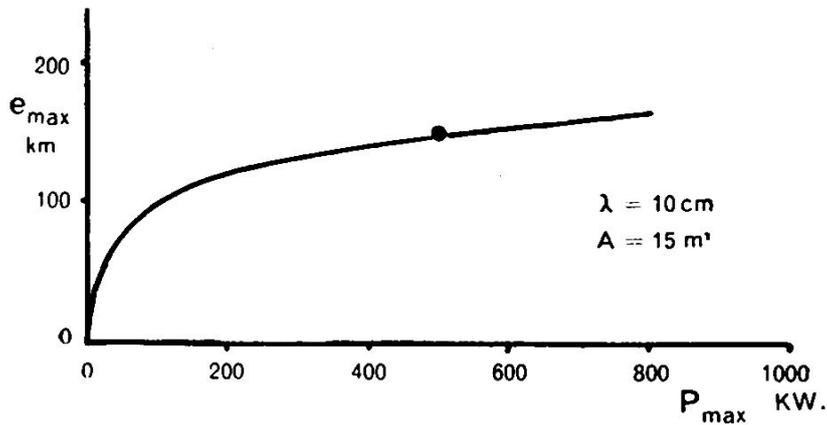


Fig. A<sub>1</sub>. Abhängigkeit der Reichweite von der Impulsleistung

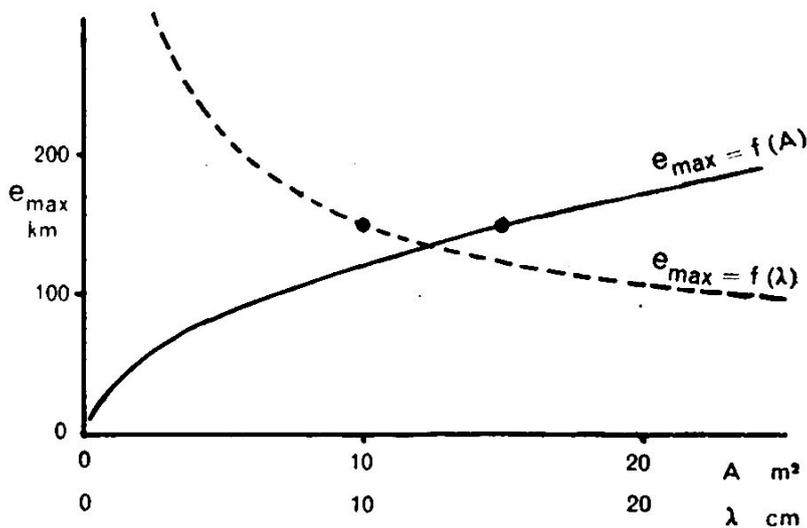


Fig. A<sub>2</sub>. Abhängigkeit der Reichweite von der Wellenlänge und der Reflektorfläche

*b. Die Strahlenbündelung mit einem Reflektor*

Der Öffnungswinkel eines gebündelten Strahles kann nach der folgenden Erfahrungsformel berechnet werden:

$$2\alpha = 0,75 \frac{\lambda}{a}$$

Bedingung ist, daß der Öffnungswinkel in der gleichen Ebene gemessen wird wie die Dimension des Reflektors (Vergl. Fig. 3, Seite 12).

### c. Die Absorption der elektromagnetischen Wellen

Wie Figur B zeigt, werden die elektromagnetischen Wellen, solange die Wellenlänge größer als 2 Zentimeter ist, in der Atmosphäre sehr wenig absorbiert. Dies ist auch dann noch zutreffend, wenn die Luft soviel Nebel enthält, daß die optische Sicht nurmehr zirka 100 Meter beträgt.

Für Wellen, welche eine kleinere Wellenlänge als 2 Zentimeter haben, steigt die Dämpfung sehr stark an, so daß diese für Radarzwecke im herkömmlichen Sinne ungeeignet sind.

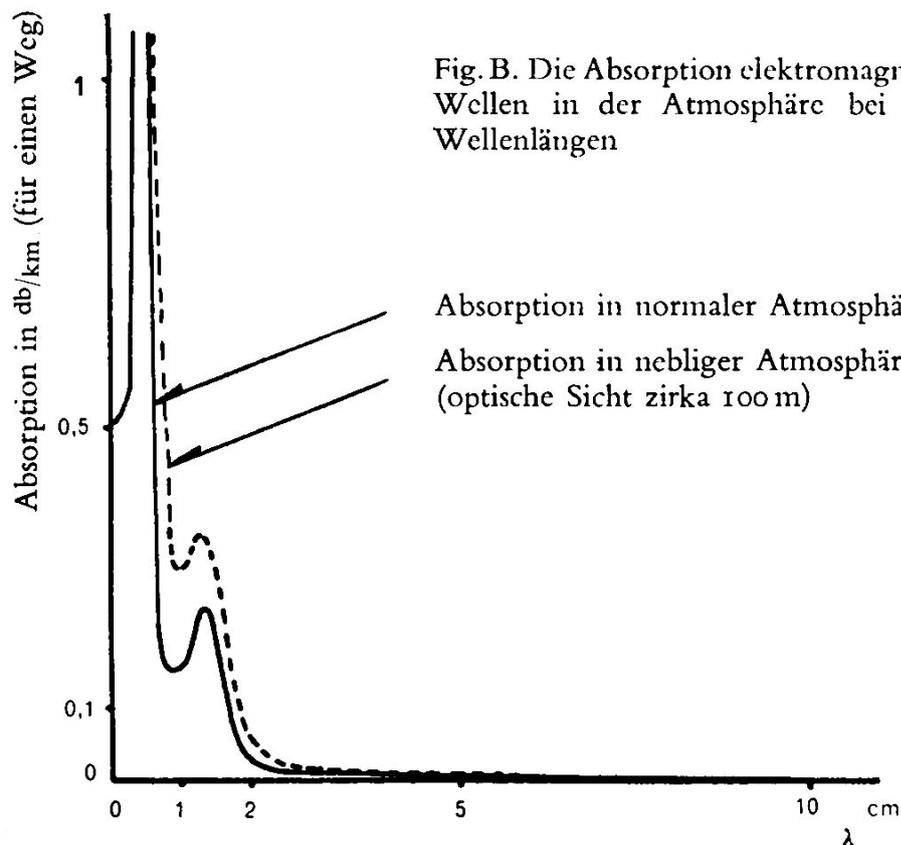


Fig. B. Die Absorption elektromagnetischer Wellen in der Atmosphäre bei kleinen Wellenlängen

Absorption in normaler Atmosphäre  
Absorption in nebliger Atmosphäre  
(optische Sicht zirka 100 m)

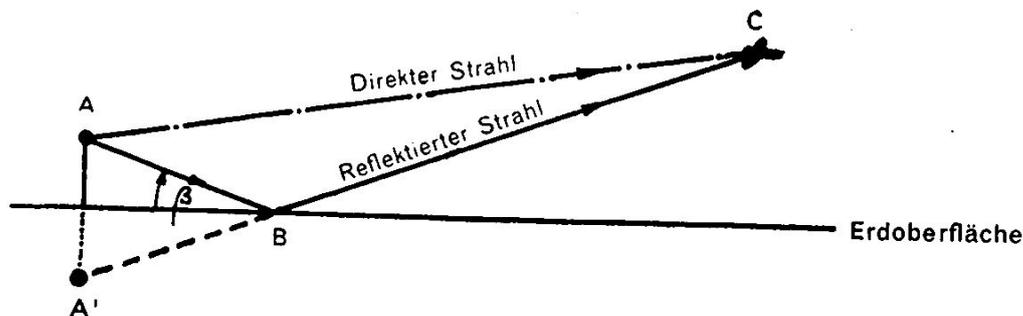
### d. Interferenzen

Elektromagnetische Wellen addieren oder subtrahieren sich im Raume je nach ihrer gegenseitigen Phasenlage. Eine Strahlung ergibt, wenn sie auf zwei verschiedenen und verschieden langen Wegen in einem Punkt des Raumes zusammenkommt, Interferenz-Maxima und Interferenz-Minima, wenn die Wegdifferenz eine oder mehrere Wellenlängen, respektive eine halbe oder mehrere ungerade Vielfache einer halben Wellenlänge beträgt.

Die relative Intensität dieser Maxima und Minima (verglichen mit der Strahlungsintensität ohne Bodenwelle) hängt von der Stärke des reflektierten Strahles und vom Reflexionsfaktor der Erdoberfläche ab (vergleiche Figur C).

Für sehr flache Auftreffwinkel  $\beta$  nimmt dieser Reflexionsfaktor nahezu den Wert 1 an.

Fig. C.



$$\text{Interferenz-Maxima, wenn } \overline{AC} + n\lambda = \overline{A'BC}$$

$$\text{Interferenz-Minima, wenn } \overline{AC} + (1+2n) \frac{\lambda}{2} = \overline{A'BC}$$

$n = \text{beliebige ganze Zahl}$

### e. Feuerleit-Radargerät. Die Winkelmessung mit rotierender «Keule»

Wenn es sich darum handelt, die Winkelkoordinaten auf ein Ziel möglichst genau zu vermessen, so genügen Maximum- oder Minimum-Peilungen nicht mehr.

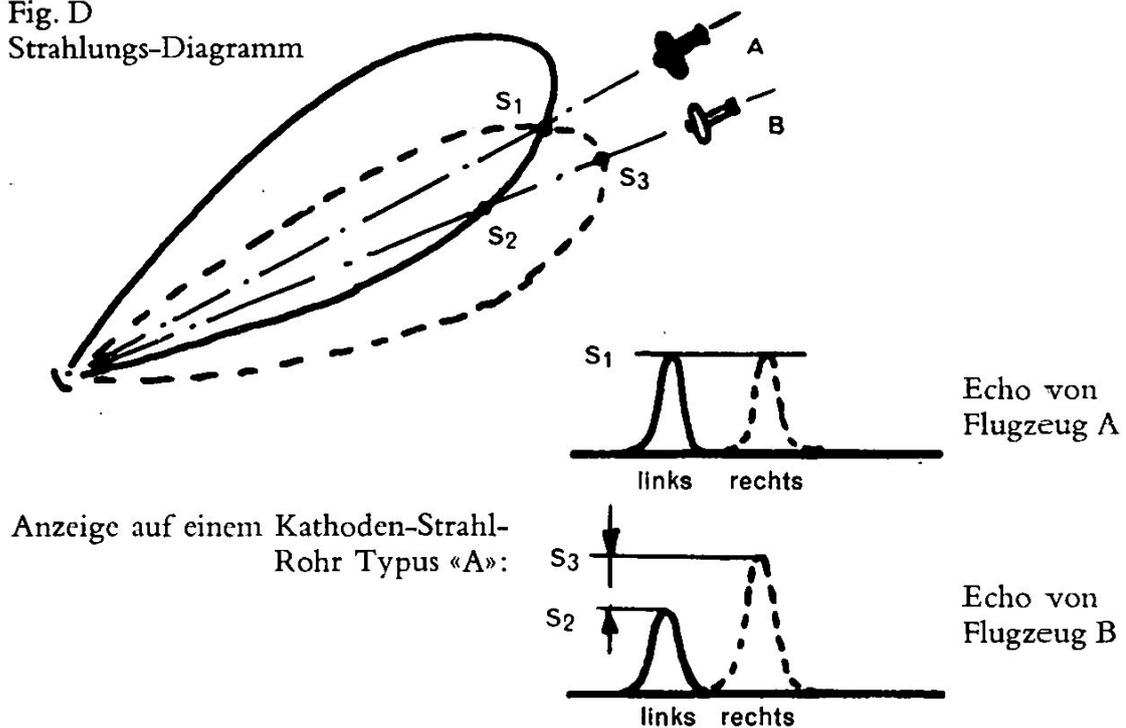
In diesem Fall wird das Strahlenbündel («Keule») um das Ziel herumrotiert und jeweils die Echo-Stärke in der «Links-Stellung» mit der Echo-Stärke in der «Rechts-Stellung», respektive obere und untere Stellung der Keule relativ zum Ziel, verglichen.

Die Figur D veranschaulicht diese Meßmethode. Das Flugzeug A liegt in der Achse des Reflektors. Demzufolge sind bei rotationssymmetrischer Keule alle Echos (herrührend von der linken, rechten, oberen und unteren Keulenstellung) einander gleich.

Das Flugzeug B liegt neben der Reflektorachse. Demnach besteht ein Winkelfehler in der Vermessung. Der Fehler wird dadurch angezeigt, daß die Echos nicht mehr gleich stark sind.

Bei automatisch nachlaufenden Antennen wird diese Differenz-Spannung verstärkt und auf entsprechende Antriebsmotoren geführt.

Fig. D  
Strahlungs-Diagramm



*f. Berechnung der maximalen Drehgeschwindigkeit einer Radar-Antenne*

Damit ein Flugzeug von einem Radargerät klar und deutlich angezeigt werden kann, muß es von mindestens 15 bis 20 Impulsen getroffen worden sein. Dies und die nachstehenden geometrischen Bedingungen begrenzen die Umlaufgeschwindigkeit der Antenne.

Die Zeitdauer, während der das Flugzeug angestrahlt wird, ist gegeben durch:

$$(1) \quad t = \frac{2\alpha}{\omega} = \frac{2\alpha}{360 n_{\max}} \text{ in Minuten}$$

$2\alpha$  = Öffnungswinkel des Strahles in Grad

$n_{\max}$  = Maximale Umlaufgeschwindigkeit der Antenne in Umdrehungen pro Minute

Während dieser Zeit  $t$  werden  $(60 \cdot f_i \cdot t)$  Impulse abgestrahlt, wobei  $f_i$  = Impulsfrequenz ist. Nach dem oben Erwähnten muß diese Impulszahl mindestens 15 bis 20 betragen. Daraus folgt:

$$(2) \quad 15 \div 20 = 60 \cdot f_i \cdot t$$

Aus Gleichungen (1) und (2) erhält man:

$$n_{\max} = \frac{\alpha f_i}{(45 \div 60)}$$