

## Rohtstoff-Fragen bei Antennen vom Standpunkt der

### Funktechnik.

W. Hahn, Berlin.

Bei diesen Betrachtungen bin ich von dem Leitgedanken ausgegangen, zu untersuchen, inwieweit es möglich ist, die Mangelmetalle Kupfer und Aluminium bei der Errichtung von Antennen durch andere Baustoffe zu ersetzen und welche Wege vorgeschlagen werden können, dieses Ziel möglichst weitgehend zu erreichen.

#### I. Anforderungen in technischer Hinsicht.

Die Anforderungen an die Antennen in technischer Hinsicht können kurz folgendermassen zusammengefasst werden:

Möglichst hoher elektrischer Nutzeffekt, grosse mechanische Festigkeit, geringe Empfindlichkeit gegen Einflüsse chemischer Art. Diese technischen Anforderungen haben eine grosse Aehnlichkeit mit denen, die an die Hochspannungsfreileitungen gestellt werden. In elektrischer Beziehung müssen jedoch bei den Antennen noch besondere Eigenarten berücksichtigt werden, welche in der Natur der Hochfrequenz begründet sind.

Die Glimm- und Durchbruchspannung der Luft zeigt zwischen Nieder- und Hochfrequenz erhebliche Unterschiede. Die Spannungswerte, die bei Glimmen und bei Durchschlag in Betracht kommen, liegen bei Hochfrequenz erheblich niedriger als diejenigen bei Niederfrequenz. Dies ist z.B. von Bedeutung für die Bemessung der Isolatoren. Die Glimmgrenze ist fernerhin abhängig von dem Durchmesser des zur Stromleitung vorgesehenen Drahtes. Der Unterschied in den Glimmgrenzen zwischen nieder- und hochfrequenten Spannungswerten nimmt mit abnehmendem Drahtdurchmesser stark zu. Um also Glimmverluste zu vermeiden, muss der Sendenantennenleiter einen bestimmten Mindestdurchmesser haben, was besonders bei Antennen für Lang- und Längstwellen,

bei denen hohe Spannungen auftreten, zu beachten ist. Eine weitere Erscheinung bei Hochfrequenz ist der Skin- oder Hauteffekt, der sich dahin auswirkt, dass mit zunehmender Frequenz die Eindringtiefe und damit der stromführende Teil des Leiterquerschnitts abnimmt.

II. Eigenschaften der Rohstoffe.

Für den Bau von Antennen kommen sowohl Metalle in verhältnismässig reiner Form, als auch Legierungen und dergl. in Betracht. Bild 1 zeigt Leitfähigkeit, Zugfestigkeit und spezifisches Gewicht von 9 Metallen.

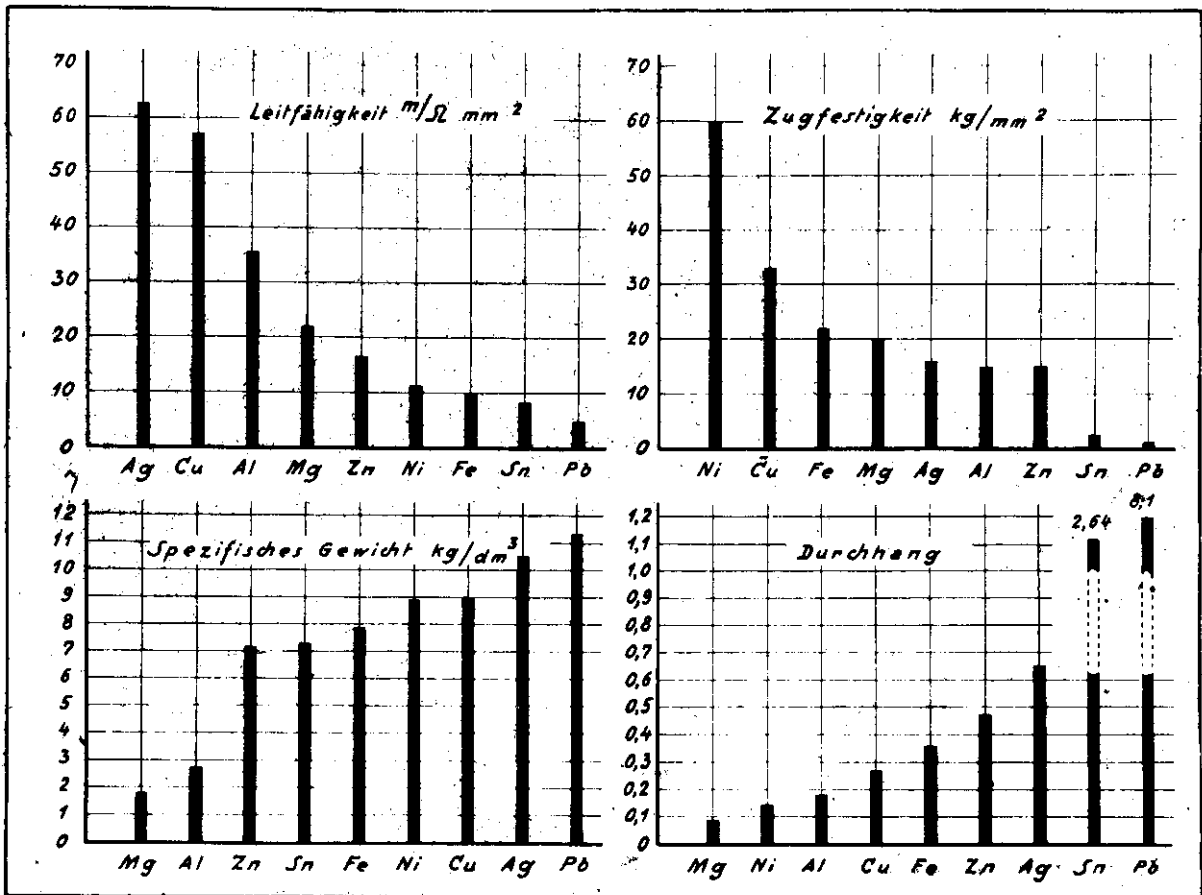


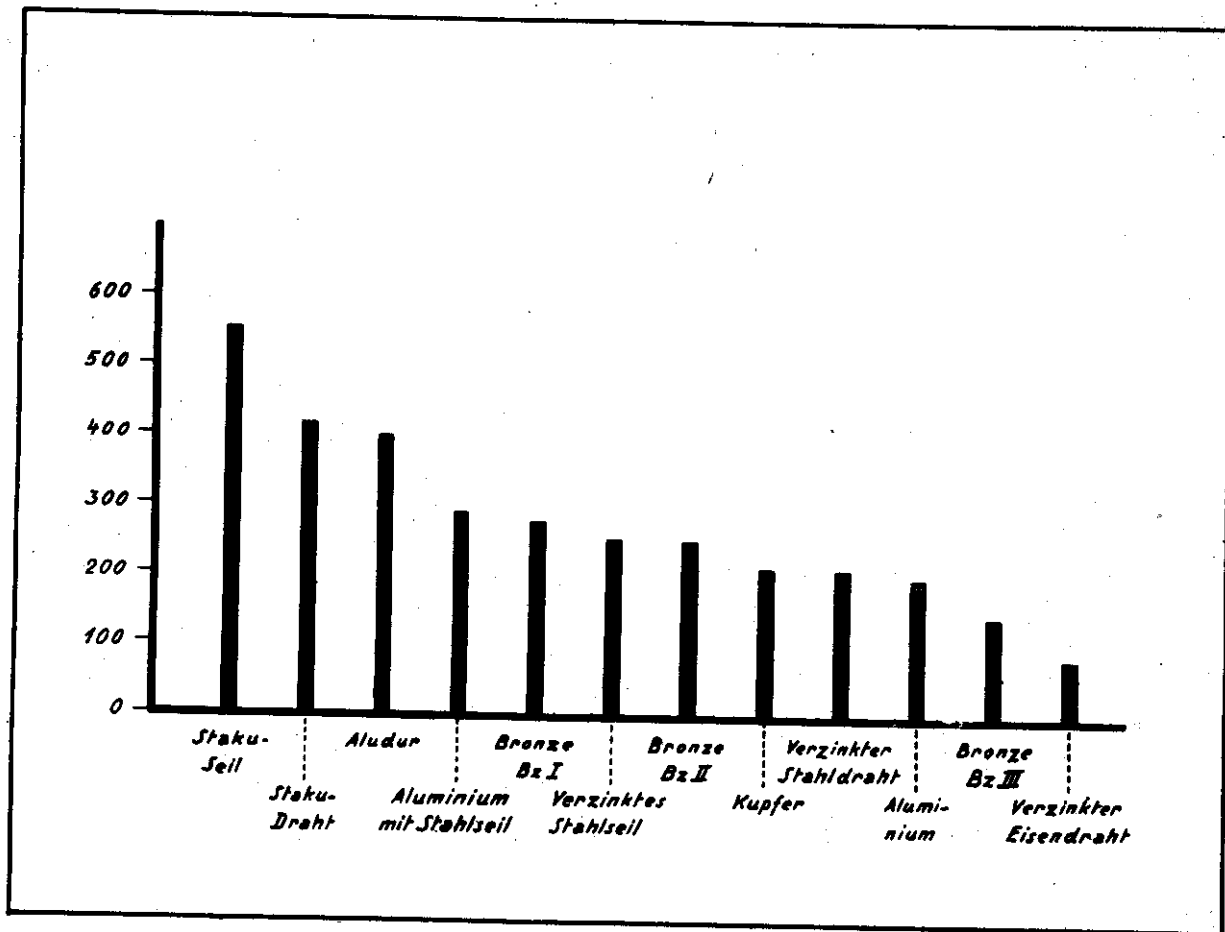
Abb. 1 Eigenschaften der Metalle.

Der Faktor spezifisches Gewicht geteilt durch Zugfestigkeit gibt ein Mass für den Durchhang, der im Bild ebenfalls angegeben ist. Hierbei sind alle Werte durch senk-

rechte Linien dargestellt, und zwar in der Reihenfolge, dass mit den - für unsere Zwecke betrachtet - günstigsten Werten jeweils links begonnen wird. Für Aluminium, Kupfer und Nickel ist das Mittel der Werte für weiches und hartes Material eingesetzt worden. Es sind hier auch Metalle aufgenommen, die zum Bau von Antennen nicht in Betracht kommen, deren Eigenschaften jedoch in diesem Zusammenhang von Interesse sind.

Erweitern wir nun den Kreis der Betrachtungen auch auf Legierungen, kupferplattierte, verzinkte und andere Baustoffe für Antennen, so ist es schon wegen der grossen Zahl der Legierungen nur möglich, eine bestimmte Auswahl zu treffen.

Die besonders interessierenden Eigenschaften der Stoffe sind Leitfähigkeit, Zugfestigkeit und spezifisches Gewicht. Um nun diese drei genannten Eigenschaften zu erfassen, sei eine Verhältniszahl eingeführt, die gleich ist dem Produkt aus Leitfähigkeit und Zugfestigkeit, geteilt durch das spezifische Gewicht. Je grösser nun diese Zahl wird, um so günstiger erscheint der betreffende Stoff. Wird nun für die hier zu betrachtenden Stoffe diese Verhältniszahl berechnet und der Grösse nach geordnet, so ergibt sich die im Bild 2 dargestellte Reihenfolge. Bei dem Stakudraht und Stakuseil, also dem kupferplattierten Stahlmaterial, ist nur die Kupferschicht als stromführend angenommen worden, ebenso wurde bei dem verzinkten Stahl- und Eisenmaterial als Leitfähigkeit die des Zinks in Rechnung gestellt.



**Abb. 2** Verhältniszahlen für verschiedene Antennenbaustoffe.

Nach dieser Zusammenstellung ist das Staku-Material günstiger als alle übrigen Leiter. Dies beruht darauf, dass hierbei nicht nur die gute Leitfähigkeit des Kupfers, sondern auch die Zugfestigkeit des Stahls ins Gewicht fällt. Diese günstigen Eigenschaften des Staku-Materials werden nun allerdings getrübt durch den verhältnismässig grossen Kupferverbrauch, der bei der Herstellung benötigt wird. Er macht etwa 30 % des Gesamtgewichts des fertigen Materials aus. Auf eine Senkung des Kupferbedarfs bei der Herstellung von Staku-Material wäre hinzuwirken.

### III. Welche Gesichtspunkte sind bei den Rohstoff-Fragen zu berücksichtigen?

Bei der vorliegenden Behandlung von Rohstoff-Fragen soll - worauf bereits hingewiesen - untersucht werden, inwieweit beim Bau von Antennen die Verwendung von Mangelmetallen eingeschränkt oder ganz vermieden werden kann.

Bei der Erörterung dieser Fragen könnte es zunächst als ausreichend erscheinen, nur technische Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Diese allein genügen jedoch nicht, um alle Belange hinreichend zu erfassen. Es ist unbedingt erforderlich, auch noch von Fall zu Fall zu prüfen, um welche Art von Antennen es sich handelt. Hierbei ist nicht gedacht an die technische Ausführungsform, sondern an die Grösse und an den Einsatz der Antennenanlage. Es ist von wesentlicher Bedeutung, ob es sich um Anlagen handelt, die für eine lange Zeitdauer vorgesehen sind oder um Anlagen, die nur vorübergehend eingesetzt werden sollen.

Zu den erstgenannten rechnen im allgemeinen alle ortsfesten Anlagen, z.B. für kommerzielle Dienste. Diese Anlagen seien "Daueranlagen" genannt. Ihre weiteren Kennzeichen sind meistens noch besonders hohe Ansprüche an ihre Leistungsfähigkeit und das Vorkommen in verhältnismässig geringer Stückzahl. Bei Antennen für grosse Senderleistung muss noch der erhebliche Energieaufwand auf der Primärseite in Betracht gezogen werden. Es sind hier auch noch wirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Schon wegen des Baustoffaufwandes für die gesamte Senderanlage und wegen der Stromersparnis sollte vermieden werden, den Gesamtwirkungsgrad der Anlage durch eine aus ungeeignetem Material gebaute Antenne zu verschlechtern. Für den vorübergehenden Einsatz kommen in erster Linie alle für militärische Zwecke vorgesehenen Anlagen in Betracht. Diese sind meistens ortsveränderlich, haben eine verhältnismässig kleine Senderleistung und kommen in grossen Stückzahlen vor. Da sie auch weiterhin einem gewissen Verschleiss

unterliegen und im allgemeinen nur eine kurze Lebensdauer haben, seien sie hier mit dem Namen "Verbrauchsanlagen" bezeichnet. Zu der letztgenannten Gruppe sollen auch die Antennen an Bord der Schiffe gerechnet werden, da sie erheblichen Beanspruchungen durch Wind und Wetter ausgesetzt und deshalb meistens nur kurzlebig sind.

Bei der Erörterung der Rohstoff-Fragen sind also ausser den Anforderungen in technischer Hinsicht auch noch die verschiedenen Arten des Einsatzes der Antennenanlagen zu berücksichtigen.

#### IV. Folgerungen und Vorschläge.

Welche Folgerungen können nun aus den Eigenschaften der Rohstoffe und aus den geschilderten Gesichtspunkten für den Bau von Antennen gezogen werden mit dem Ziel, an Stelle von Kupfer und Aluminium weitgehend Austauschstoffe einzusetzen?

In Bild 3 ist versucht worden darzustellen, welche Rohstoffverteilung sich bei Sendeantennen auf Grund der vorangegangenen Betrachtungen ergibt. Bei den beiden Gruppen "Daueranlagen" und "Verbrauchsanlagen" sind ihre Merkmale angegeben und die Einteilungen der Antennen nach den Wellenlängen vorgenommen. Als Grenze zwischen "grosser" und "kleiner" Senderleistung ist bei den "Daueranlagen" 10 kW und bei den "Verbrauchsanlagen" 5 kW eingesetzt worden. Es soll sich hierbei nicht etwa um eine starre Grenze, sondern lediglich um ungefähre Richtwerte handeln. Es liegt jedoch im Sinne der Einsparung von Kupfer und Aluminium, im Rahmen dieser Betrachtungen die Werte für die Senderleistung möglichst hoch anzusetzen.

<u>Daueranlagen</u>					<u>Verbrauchsanlagen</u>			
Möglichst hochwertige Antennen Lange Lebensdauer Kleine Stückzahl					Weitgehende Einsparung von Cu u. Al Kurze Lebensdauer Große Stückzahl			
Längstwellen	Lange und mittlere Wellen		Kurze Wellen		Lange und mittlere Wellen		Kurze Wellen	
Nur große Leistung	Über 10 kW	Unter 10 kW	Über 10 kW	Unter 10 kW	Über 5 kW	Unter 5 kW	Über 5 kW	Unter 5 kW
Al, Cu	Al, Cu (Staku)	Staku v. St. (Al, Cu)	(Al, Cu) (Staku) (v. St.)	v. St. Staku (Al, Cu)	Staku v. St. (Al, Cu)	v. St. (Staku)	v. St. (Staku)	v. St.

Abb. 3 Rohstoff - Fragen bei Sendeantennen.

Bei den Sendeantennen der "Daueranlagen" für Längst-, Lang- und Mittelwellen grosser Leistung kann aus elektrischen und wirtschaftlichen Gründen auf Kupfer oder Aluminium nicht verzichtet werden. Dagegen kommt bei kleineren Senderleistungen auch verzinktes Stahlmaterial, im Bild mit v. St. bezeichnet, in Betracht. Bei den Kurzwellen-Antennen scheinen die Verhältnisse für den Einsatz von Austauschstoffen verhältnismässig günstig zu liegen. Inwieweit es möglich sein wird, von kupfer- oder aluminiumhaltigem Material frei zu kommen, kann noch nicht übersehen werden. Bei der Deutschen Reichspost sind Vorbereitungen im Gange, Rhombusantennen sowohl aus Staku- als auch aus verzinktem Stahlmaterial mit grösserer Leistung zu erproben.

Im Bild 3 bedeuten die eckigen Klammern [ ], dass Kupfer und Aluminium möglichst durch andere Stoffe zu ersetzen sind, dass jedoch nach Untersuchungen erforderlich sind, inwieweit dies möglich ist.

Durch die runden Klammern ( ) soll gekennzeichnet werden, dass in besonderen Fällen Kupfer oder Aluminium vorgesehen werden muss. Die spitzen Klammern < > schliessen Baustoffe ein, deren Geeignetheit noch durch weitere Versuche zu klären ist.

Bei den "Verbrauchsanlagen" handelt es sich im allgemeinen um kleine Leistungen. Wenn auch bei diesen Anlagen eine gute Antennenwirkung angestrebt werden soll, so spielen doch die Anforderungen in elektrischer Hinsicht hier nicht immer die gleiche Rolle wie bei den "Daueranlagen". Nach den angestellten Versuchen haben sich Bordantennen Nirosa V 2 A, Staku- und verzinktes Stahlmaterial gut bewährt. Es dürften diese Baustoffe auch für andere unter "Verbrauchsanlagen" gekennzeichnete Antennen geeignet sein. Insbesondere sollte eine weitgehende Benutzung verzinkten Stahlmaterials angestrebt werden, da dieser Werkstoff sowohl rohstoffmässig als auch wegen der Herstellungs- und Beschaffungskosten als günstig anzusehen ist.

Bei dieser Zusammenstellung (Bild 3) handelt es sich nur um Antennen, die zwischen Stützpunkten errichtet werden. Dienen die Stützpunkte zugleich als Antennen, wie bei den selbstschwingenden Masten, so braucht hier Kupfer oder Aluminium überhaupt nicht mehr benutzt zu werden, wenn die Masten aus verzinktem Stahlmaterial bestehen. Auch für Erdleitungen und Erdnetze ist verzinktes Eisen geeignet, so dass für diese Zwecke auf Kupfer oder Aluminium ganz verzichtet werden kann.

Für die Empfangsantennen gilt sinngemäss das Gleiche wie für die Sendeantennen. Auch hier muss angestrebt werden, Kupfer und Aluminium so weit wie irgend möglich durch andere Stoffe zu ersetzen.

Die Versuche, die bisher mit Antennen aus Austauschstoffen gemacht worden sind, lassen noch immer nicht klar erkennen, inwieweit diese Stoffe geeignet sind. Es ist deshalb unbedingt erforderlich, weitere Erprobungen durchzuführen. Diese hätten sich auf die Untersuchung aller in Betracht kommenden neuen Antennenbaustoffe hinsichtlich der Verluste bei Hochfrequenz verschiedener Wellenlänge und auf Prüfungen im praktischen Betrieb zu erstrecken, und zwar für Sende- und Empfangszwecke. Ferner müsste den in Frage kommenden Lieferern die Möglichkeit gegeben werden, neuartige Antennenleiter, wenn auch nur zunächst für Versuchszwecke, herstellen zu können.

Damit sich die Erfahrungen mit diesen Antennen sofort auswirken können, und um Doppelarbeit zu vermeiden, müssen die Ergebnisse der Erprobungen allen interessierten Stellen von Fall zu Fall baldigst bekannt gemacht werden.

Zum Abschluss meiner Ausführungen seien die wesentlichen Punkte nochmals aufgeführt:

1. Für den Bau solcher Antennen, die aus technischen und wirtschaftlichen Gründen aus kupfer- oder aluminiumhaltigen Material bestehen müssen, sollten die erforderlichen Genehmigungen zur Benutzung dieser Metalle erteilt werden.
2. Es gibt viele Antennen, für deren Bau verzinktes Stahlmaterial geeignet ist. Die Benutzung von Kupfer oder Aluminium für diese Antennen muss deshalb als eine Verschwendung von Mangelmetallen angesehen werden.
3. Um den Kreis der mangelmetallarmen und mangelmetallfreien Antennen immer mehr erweitern zu können, sind mit Nachdruck entsprechende Untersuchungen und Erprobungen anzustellen.
4. Es ist dafür zu sorgen, dass Antennenleiter in mangelmetallsparenden Ausführungsformen

beschleunigt hergestellt werden können.

5. Erfahrungen über mangelmetallsparende Antennenleiter sind allen beteiligten Stellen von Fall zu Fall umgehend bekannt zu geben.