

Ueber Mehrfachausnutzung von Sendeantennen.
=====

H. Brückmann, Berlin

Die Zahl der Nachrichtenverbindungen auf Kurzwellen und damit der Kurzwellen-Richtantennen hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen und ist weiter im Steigen. Im Kriege sind viele Störsender - zur Unterdrückung der feindlichen Hetze - mit ihren Richtantennen hinzugekommen. Nun ist der Geländebedarf einer Kurzwellen-Richtantenne gross, besonders bei der Rhombus-Antenne. Denn für ihn sind nicht allein die an sich schon grossen waagerechten Abmessungen der Antenne massgebend, sondern auch die Notwendigkeit, eine gegenseitige Beeinflussung benachbarter Antennen einer Funkstelle durch genügenden Abstand zu verhindern. Das lässt den Wunsch aufkommen, Kurzwellen-Richtantennen mehrfach auszunutzen, d.h. mit zwei oder mehr Wellen verschiedener Länge gleichzeitig zu betreiben. Hinzu kommt die Aussicht, auf diese Weise Material und Arbeitskraft zum Bau neuer Antennen zu sparen. Schliesslich lassen militärische Gesichtspunkte, wie Verringerung der Aufbauzeit u. dergl., eine Mehrfachausnutzung wünschenswert erscheinen. Mitunter kommen übrigens auch bei längeren Wellen ähnliche Aufgaben vor.

Bei Empfangsantennen ist eine Mehrfachausnutzung nicht weiter schwierig, wohl aber bei Sendeantennen. Wenn die Spannungen bzw. Ströme, die von dem Sender 1 mit der Frequenz f_1 auf der Antenne erzeugt werden, zu den Endröhren des gleichzeitig auf die Antenne arbeitenden Senders 2 mit der Frequenz f_2 gelangen, so kann es infolge von Nichtlinearitäten der Endröhren dazu kommen, dass die Modulation des Senders 1 auf der Welle des Senders 2 ausgestrahlt wird und umgekehrt. Es entsteht Uebersprechen, ähnlich dem "Durchschlagen" eines fremden Senders beim Empfang. Ausserdem können Leistungsverluste eintreten. Alles das muss durch Entkopplung der Sender verhindert werden, und zwar so verlustfrei,

dass von keinem der Sender die Antennenleistung unzulässig verringert wird. Ausserdem müssen die Entkopplungseinrichtungen es zulassen, dass beliebige Wellen innerhalb des Wellenbereiches der Antenne mit einem gewissen, unter Umständen kleinen Frequenzabstand gleichzeitig ausgestrahlt werden können. Der Wellenwechsel muss dabei schnell erfolgen können. Soll z.B. eine Rhombus-Antenne für den Nachrichtenverkehr von Deutschland aus mit Nordafrika und Südafrika ausgenutzt werden, so müssen im allgemeinen gleichzeitig zwei Tageswellen oder zwei Nachtwellen oder zwei Uebergangswellen betrieben werden können. Jedenfalls müssen ebensoviel Wellen gleichzeitig betrieben werden können wie mit zwei Antennen und zwei Sendern. Andernfalls würde sofort der ganze Zweck der Entkopplungseinrichtung hinfällig werden. Der Betrieb fordert von den Entkopplungseinrichtungen vor allem noch leichte und schnelle Bedienbarkeit und Betriebssicherheit.

Die Spannungsbeanspruchung der Isolation ist schon bei einem Sender von grosser Leistung - sagen wir von 100 kW - bei kurzen Wellen nicht leicht zu beherrschen. Wird die Antenne von mehreren Sendern verschiedener Frequenz gleichzeitig gespeist, so tritt eine Spitzenspannung auf, die gleich der arithmetischen Summe der Spannungen der einzelnen Wellen allein ist. Bei zwei Sendern gleicher Leistung z.B. ist die Spitzenspannung doppelt so gross wie bei einem Sender, entsprechend der vierfachen Leistung eines Senders. Dementsprechend muss die Isolation verstärkt werden.

Naheliegend ist es zunächst, zur Entkopplung Sperrkreise und Kurzschlusskreise anzuwenden. Bei Zweifachausnutzung käme grundsätzlich eine Anordnung wie in Abb.1 in Betracht.

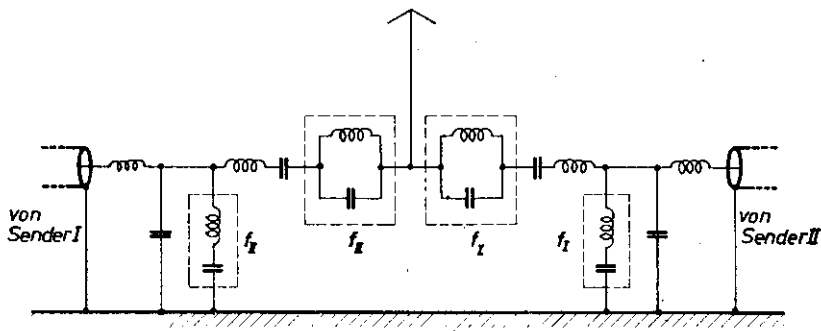


Abb. 1 Zweifachausnutzung einer Antenne durch Sperr- und Kurzschluss-Kreise (schematisch).

Sowohl auf der Seite von Sender I wie auf der Seite von Sender II ist hier je ein Sperr- und Kurzschlusskreis zwischen Antenne und Erde hintereinander geschaltet. Dadurch sind einerseits beide Sender entkoppelt; andererseits ist für die betreffende Frequenz die andere Seite elektrisch abgetrennt, sodass sie bei der Speisung der Antenne nicht stört. Bei der Frequenz, für die die Kreise verstimmt sind, wirken sie wie Spulen oder Kondensatoren, die in die Abstimmung eingehen bzw. durch besondere Spulen oder Kondensatoren abgestimmt werden müssen. Zum schnellen Wellenwechsel kann für jede Welle je ein vorbereiteter Sperr- und Kurzschlusskreis vorgesehen werden, die nur ausgewechselt werden. Erfahrungen mit dieser Anordnung sind mir nicht bekannt.

Eine auf den ersten Blick bestechende Lösung ist die mit Blindschwanzleitungen. Sie ist vor allem in Japan und Russland untersucht worden. In Abb. 2 sind zwei verschiedene Arten von Blindschwanzleitungen angedeutet.

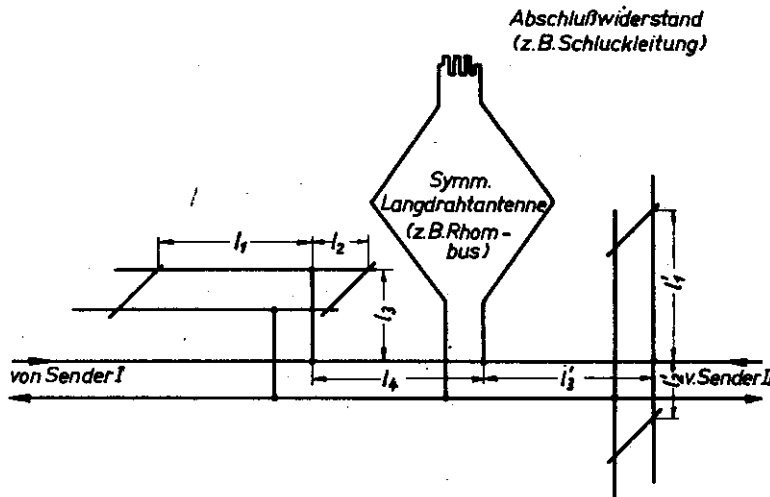


Abb. 2 Zweifachausnutzung einer Langdrahtantenne mittels Blindschwanz - Leitungen.

Natürlich können gleiche Arten auch auf beiden Seiten verwendet werden. Macht man die Länge l_1' des einen Abschnittes der rechten Blindschwanzleitung, die am Ende durch einen verschiebbaren Bügel kurzgeschlossen ist, gleich $\frac{\lambda_1}{2}$, so wirkt sie an der Anschlussstelle bei der Frequenz f_1 wie ein Kurzschluss. Damit allein wäre schon Sender II von Sender I entkoppelt. Ist außerdem der Abstand der Anschlussstelle vom Gabelpunkt der Speiseleitung $l_3' = \frac{\lambda_1}{4}$, so erscheint der Abzweig zum Sender II für die Frequenz f_1

als sehr hoher Widerstand, stört also nicht für die Speisung der Antenne durch den Sender I. Macht man weiter die Gesamtlänge der beiden Abschnitte der Blindschwanzleitung $l_1' + l_2' = \frac{\lambda_2}{2}$, so wirkt die Parallelschaltung beider Blindschwanzabschnitte für die Frequenz f_2 wie ein sehr hoher Widerstand, stört also nicht die Speisung der Antenne durch den Sender II. Ähnlich ist die Wirkungsweise der anderen Blindschwanzleitung. Welche Art günstiger ist, wird z.Zt. im Reichspostzentralamt näher untersucht.

Vorteilhaft ist auf alle Fälle, dass die Lage der Kurzschlussbügel und der Anschlussstellen der Blindschwänze leicht berechnet und die Einstellung derselben sozusagen mit dem Metermass vorgenommen werden kann, wenigstens theoretisch. Praktisch allerdings ergeben sich durch Leitungsinhomogenitäten u.ägl. doch erhebliche Korrekturen. Dadurch müssen die Einstellungen wie bei Abstimmkreisen durch zeitraubende elektrische Messungen vorgenommen werden. Nachteilig ist vor allem der erhebliche Platzbedarf. So ist doch immerhin eine Leitungslänge von etwa einer halben Wellenlänge unterzubringen. Der Platzbedarf kann allerdings durch Kombination der Blindschwänze mit Spulen und Kondensatoren noch etwas gesenkt werden. Im allgemeinen wird es sich nicht umgehen lassen, die Blindschwanzleitungen zu überdachen.

Ebenfalls aus Leitungen bestehen die sogenannten Schleifen-Netzwerke^{x)} zur Mehrfachausnutzung von Langdrahtantennen, die in den USA untersucht worden sind. (Abb. 3).

x) A.Alford, Leitungsnetzwerke für Hochfrequenzübertragung, Elektr.Nachr., Wesenr. 17(1941), 309.

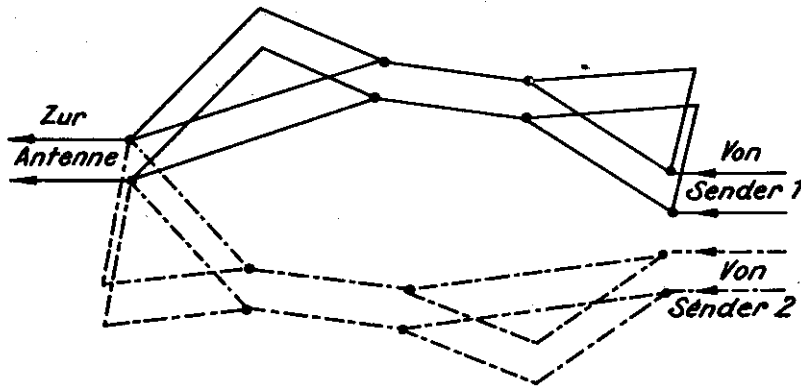


Abb. 3 Zweifachausnutzung mittels zweistufiger, konjugierter S-Filter.

Die Speiseleitung jedes Senders, der auf die gemeinsame Antenne arbeitet, gabelt sich in zwei Zweige verschiedener Länge, die sich wieder vereinigen, so dass eine Schleife entsteht. In einem bestimmten Abstand von dieser Schleife ist eine zweite Schleife in die Speiseleitung eingeschaltet. Bei geeigneter Wahl der Zweiglängen und des Abstandes beider Schleifen haben derartige Netzwerke dieselben Eigenschaften wie Blindschwanz-Filter. Gegenüber diesen dürften sie bei Wellenwechsel keine Vorteile haben.

Die bisher erwähnten Verfahren lassen grundsätzlich den Betrieb einer Antenne mit beliebig vielen Sendern gleichzeitig zu, wobei dahingestellt sein mag, ob dies

praktisch in Betracht kommt und durchführbar ist. Bei dem Wechsel nur einer einzigen Welle müssen sämtliche Filter neu eingestellt werden. Der Frequenzabstand der Sender darf einen bestimmten endlichen Wert nicht unterschreiten, der bei 5 - 10 % liegen dürfte.

Es gibt nun noch eine andere Möglichkeit der Mehrfachausnutzung. Bei dieser können allerdings nur zwei Sender gleichzeitig auf eine Antenne arbeiten. Dafür ist aber grundsätzlich bei Wellenänderung keine Einstellungsänderung ausser am Sender selbst vorzunehmen, da die Entkopplung grundsätzlich frequenzunabhängig ist. Der Frequenzabstand der Sender kann beliebig klein, ja null sein.

Das hierbei verwendete Prinzip hat eine Analogie in der Niederfrequenztechnik in der bekannten Vierdrahtschaltung (Abb. 4).

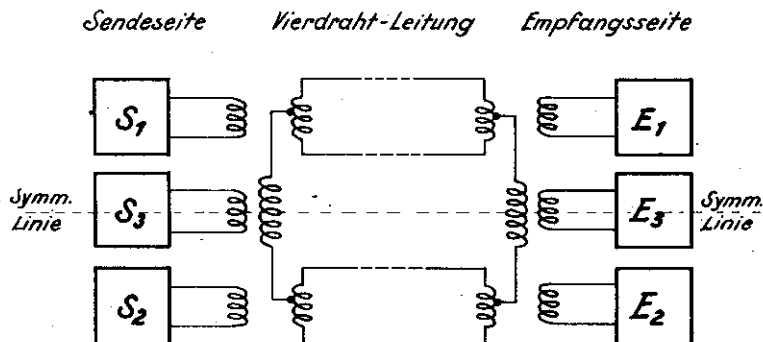


Abb. 4 Vierdraht-Schaltung (schematisch).

Hier werden zwei symmetrische Doppelleitungen mit Hilfe von symmetrischen Uebertragern zusammengefasst zur Herstellung einer dritten Verbindung, der sogenannten Phantomleitung. Diese ist von den beiden anderen frequenzunabhängig. Mit einer erdsymmetrischen Doppelleitung statt mit zwei können unter Zuhilfenahme der Erde als Rückleitung zwei Verbindungen hergestellt werden.

An einem Beispiel sei die Anwendung dieses Prinzips auf Antennen erläutert (Abb. 5).

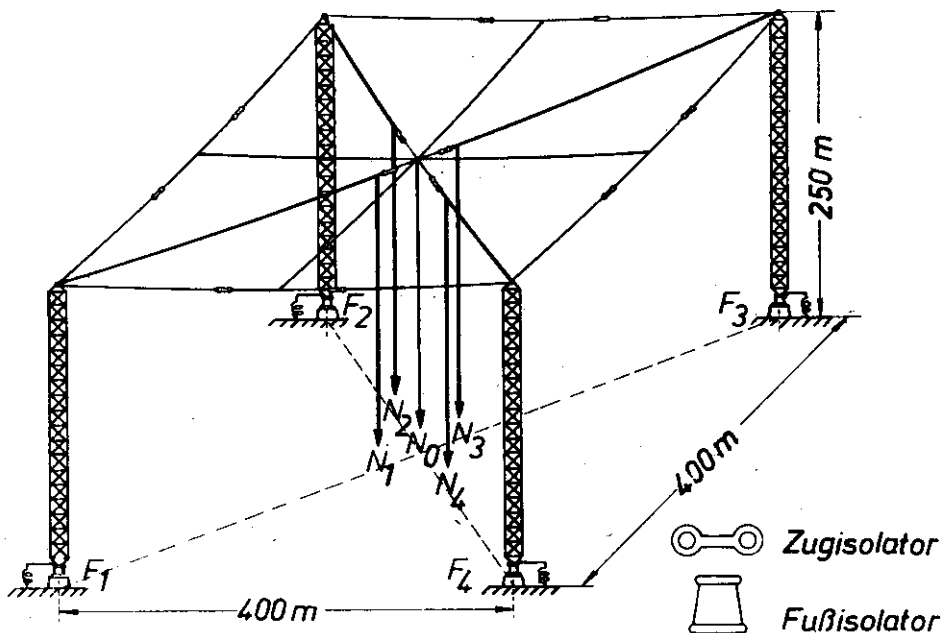


Abb. 5 Antenne Radio - Paris (Langwelle).

Die Antenne des französischen Langwellensenders Poste National in Allouis, der z.Zt. von der deutschen Wehrmacht betrieben wird^{x)}, ist auf diese Weise erfolgreich

x) H. Chireix, Le poste de radiodiffusion le plus puissant du monde et ses aériens directifs, Bull.Soc.Franc. Electr.1(1941), H.6.

mit zwei Wellen gleichzeitig betrieben worden, die einen Frequenzabstand von nur 10 % hatten, und zwar mit je 200 kW. Die vier Niederführungen N_1 bis N_4 sind in der in Abb.6 dargestellten Weise an den Sender angeschlossen worden.

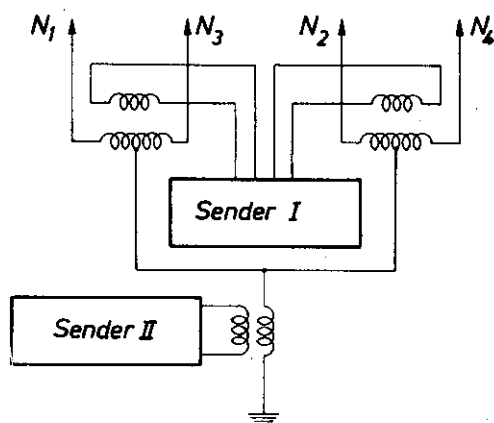


Abb.6 Zweifachausnutzung der Antenne Allouis
(schematisch).

Mit dem Sender II werden sämtliche vier Niederführungen und damit die vier Masten erdunsymmetrisch und gleichphasig erregt. Mit dem Sender I wird die Antenne in der ursprünglich vorgesehenen Weise erregt, nämlich je zwei diagonal gegenüber liegende Masten erdsymmetrisch. Dabei wird eine Phasenverschiebung von 90° zwischen beiden Diagonalen eingeführt, sodass ein Drehfehl entsteht. Die ursprünglich betriebsmässig nicht vorgesehene gleichphasige Erregung mit

Sender II ergibt zufällig eine durchaus brauchbare Strahlungsverteilung.

Ein Beispiel für Zweifachausnutzung einer Langdrahtantenne durch symmetrisch-unsymmetrische Erregung zeigt schematisch Abb. 7.

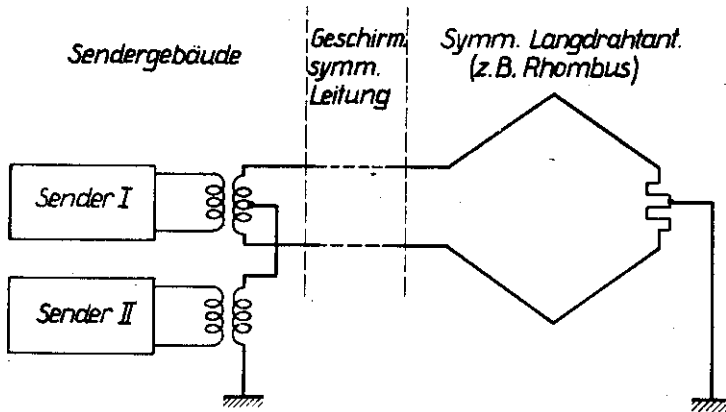


Abb.7 Zweifachausnutzung einer Langdrahtantenne mittels symmetrisch-unsymmetrischer Erregung.

Die Speiseleitung vom Sender zur Antenne muss geschirmt sein, da sie andernfalls auf der erdunsymmetrisch betriebenen Welle strahlen würde und Verluste bei der Rückleitung in der Erde eintreten würden. Das lässt sich z.B. durch Verwendung zweier koaxialer Kabel erreichen. Deren Wellenwiderstand wird zweckmässig gleich dem eines Antennenleiters gegen Erde gewählt.

In Abb.8 ist als Beispiel eine Abart der Rhombus-
antenne, hier Oktaeder-Antenne^{x)} genannt, zugrunde gelegt,
die vorteilhafterweise mit zwei Stützpunkten auskommt.

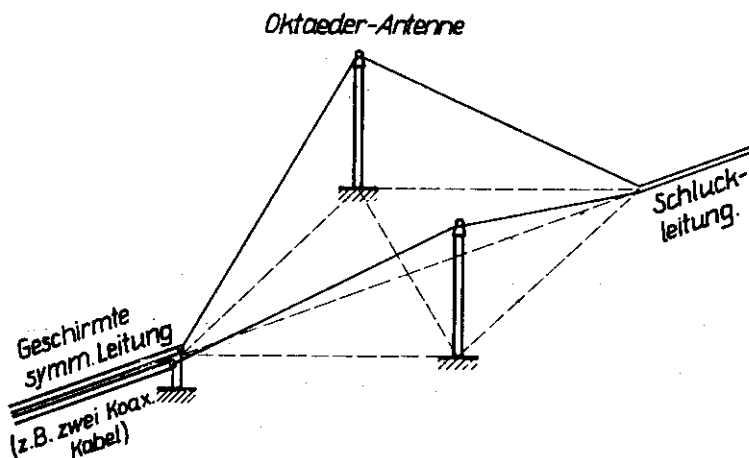


Abb.8 Beispiel für die Speisung einer
symmetrisch-unsymmetrisch erregten Antenne.

Beim Bau der Antenne muss natürlich von vornherein be-
dacht werden, dass sowohl mit der üblichen erdsymmetrischen
Erregung als auch mit der erdunsymmetrischen Erregung die
Strahlungsverteilung befriedigend ist. Eine derartige
Zweifachausnutzung wird z. Zt. in der Forschungsanstalt
der Deutschen Reichspost untersucht.

x) Technischer Bericht des Reichspostzentralamtes Nr.706
vom 14.7.41. Verfasser: Dipl.-Ing. Martinson.

Eine Zwischenlösung besteht darin, in der senkrechten Ebene durch die lange Diagonale einer wie üblich aufgebauten und wie üblich erdsymmetrisch betriebenen Rhombus-Antenne eine Langdraht-Antenne anzuordnen. Diese Langdraht-Antenne ist von der Rhombus-Antenne vollständig entkoppelt, da sie in der feldfreien Ebene derselben liegt. Die Langdraht-Antenne wird erdunsymmetrisch erregt. Es hat sich gezeigt, dass die Entkopplung der Sender bereits ohne besondere Massnahmen ausreichend ist. Die Beeinflussung der Strahlungsverteilung der Langdraht-Antenne durch die Rhombus-Antenne wird z. Bt. durch Feldstärkemessungen in Flugzeug festgestellt.