

Der neue Mittelwellensender Beromünster

Hans PLÜSS, Bern

621.396.712.029.53(494)

Zusammenfassung. Am 3. Mai 1969 wurde der neue 500-kW-Sender Beromünster in Betrieb genommen. Er ist eine moderne siedegekühlte Einheit, deren kleines Volumen gegenüber früheren Konstruktionen auffällt. Die Hochfrequenz-Endstufe enthält zwei parallelgeschaltete Hochleistungstrioden, der Modulator zwei Röhren des gleichen Typs in Gegentaktschaltung. Für die erhöhte Leistung waren die Antenne elektrisch zu verstärken und das 1350 m lange HF-Leistungskabel gegen Überschläge zu schützen. Der mittlere Modulationsgrad des Senders ist wesentlich erhöht worden.

Le nouvel émetteur sur ondes moyennes de Beromünster

Résumé. Le nouvel émetteur de Beromünster, d'une puissance de 500 kW, a été mis en service le 3 mai 1969. C'est une unité moderne, refroidie par ébullition, dont le petit volume est remarquable par rapport aux constructions antérieures. L'étage final HF comprend deux triodes à grande puissance branchées en parallèle, le modulateur deux tubes du même type en montage push-pull. L'antenne a été renforcée électriquement pour cette puissance accrue et le câble de puissance HF, long de 1350 m, protégé contre les décharges. Le taux moyen de modulation de l'émetteur a été sensiblement augmenté.

La nuova trasmittente a onde medie di Beromünster

Riassunto. Il 3 maggio 1969 è stata attivata la nuova stazione trasmittente di Beromünster con una potenza di 500 kW. Si tratta di un'unità moderna raffreddata ad ebollizione, di cui risulta evidente il volume molto ridotto paragonandola con le precedenti costruzioni. Lo stadio finale ad alta frequenza (AF) contiene due triodi a grande potenza, il modulatore due tubi dello stesso tipo funzionanti in controfase. In seguito alla maggiore potenza si dovette rafforzare elettricamente l'antenna, mentre il cavo d'adduzione dell'AF di 1350 m di lunghezza dovette essere protetto contro scariche. Il grado di modulazione medio della trasmittente è stato sensibilmente aumentato.

Trotz seiner Exklusivwelle von 529 kHz (entsprechend 567 m) wird der deutschschweizerische Landessender Beromünster seit 1960 dauernd von ausländischen Sendern gestört. War die Beeinträchtigung des Empfangs durch den Sender Schwerin (Deutsche Demokratische Republik) schon erheblich, so verschlimmerten sich die Verhältnisse entscheidend, als der algerische Sender Ain Beida seine Emissionen im Jahre 1966 genau auf der Beromünsterfrequenz aufnahm. Die unablässigen, aber leider erfolglosen Bemühungen um eine gütliche Regelung, veranlassten die PTT-Betriebe, die Leistung des deutschschweizerischen Landessenders zu erhöhen; nur auf diese Weise kann ein spürbar besserer Empfang von Beromünster gewährleistet werden. Ähnliche Probleme bestehen beim Landessender Sottens, weshalb auch für diese Station die Errichtung eines 500-kW-Mittelwellensenders vorgesehen ist.

Das Kühlsystem

Beim neuen Sender in Beromünster handelt es sich um einen siedegekühlten Mittelwellensender der Firma AG Brown, Boveri & Cie. Trotz moderner Konzeption kommen die heutigen Grosssender nicht über einen Gesamtwirkungsgrad von 62...64% hinaus. Es müssen also bei einer Trägerleistung von 500 kW rund 300 kW in Form von Verlustwärme abgeführt werden. Deshalb wird dem Kühlsystem grosse Aufmerksamkeit geschenkt. Das Siedekühlprinzip hat sich allgemein durchgesetzt, weil es anspruchslos in der Bedienung ist und mit einer wesentlich kleinern Menge Kühlmedium auskommt. Es nützt die physikalische Tatsache aus, dass eine sehr viel grössere Wärmemenge aufgebracht werden muss, um das Wasser von 95° auf 100° C (also zum Sieden) zu bringen, als wenn dieses zum Beispiel von 45° auf 50° C erwärmt wird. Auf den Senderbetrieb

angewendet heisst dies, dass die bedeutende Anodenverlustleistung mit einem viel kleinern Wasserquantum abgeführt werden kann. Es geht nicht darum, die Röhre gradmässig auf einer tiefen Temperatur zu halten, sondern darum, die in Wärme umgewandelte Anodenverlustwärme mit dem kleinstmöglichen Aufwand von der Röhre wegzuführen. *Figur 1* zeigt die Leistungsbilanz des Senders von 500 kW.

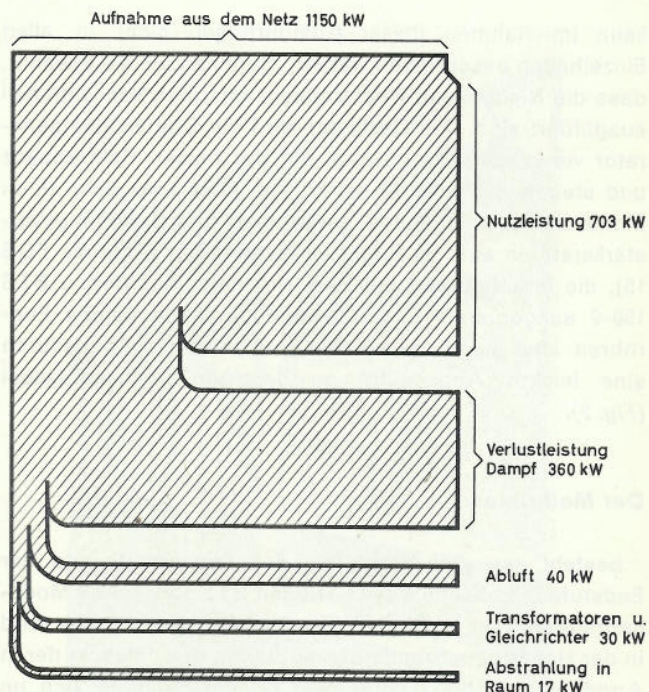


Fig. 1
Leistungsbilanz eines 500-kW-Senders. Modulationsgrad $m = 90\%$

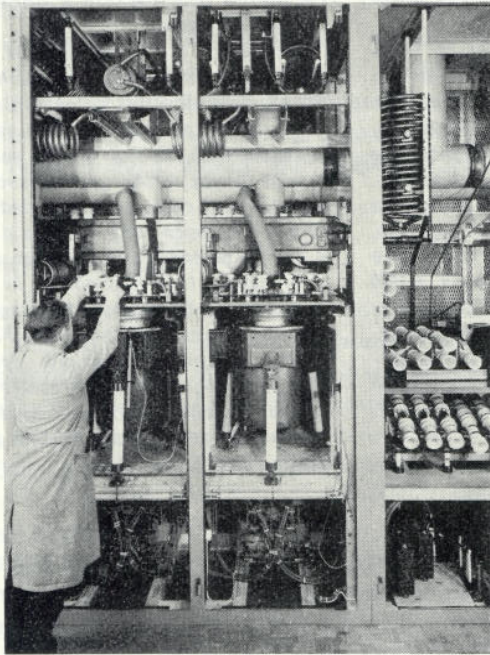


Fig. 2
Teilansicht der HF-Endstufe

Die Schaltung

kann im Rahmen dieser Ausführungen nicht in allen Einzelheiten beschrieben werden. Summarisch sei erwähnt, dass die Nieder- und Hochfrequenzvorstufen konventionell ausgeführt sind. Als Oszillator wird ein Digitalsignalgenerator verwendet. Er schwingt auf der halben Sollfrequenz und steuert mit einer Konstanz von etwa 1 Hz über einen Monat die nachfolgenden Verdoppler- und Spannungsverstärkerstufen aus. Es folgt die Treiberstufe (Pentode FQS 15), die ihrerseits die mit zwei Hochleistungstrioden BTS 150-2 ausgerüstete Endstufe ansteuert. Die beiden Endröhren sind parallelgeschaltet und ermöglichen dadurch eine leichte Anpassung an das 50-Ohm-Koaxialkabel (Fig. 2).

Der Modulator

besteht aus drei Vorstufen, der Treiberstufe und der Endstufe mit ebenfalls zwei Trioden BTS 150-2. Alle Modulatorstufen sind in Gegentakt geschaltet. Der Sender wird in der Hochfrequenzendstufe moduliert, das heisst in deren Anodenkreis. Direkt unter dem Sender befinden sich im Untergeschoss die Modulationsmittel (Transformator, Drossel, Kondensator) (Fig. 3).

Die Antennenzuleitung

Von der HF-Endstufe gelangt die modulierte Trägerleistung über ein 1350 m langes *Koaxialkabel* auf die Antenne. Dieses besteht aus einem Kupferinnenleiter von 57 mm Durchmesser; der Wellaluminiummantel ist so dimensioniert (mittlerer Durchmesser 155,6 mm), dass der Wellenwiderstand genau 50 Ohm beträgt. Zum mechanischen Schutz des Aussenleiters ist dieser mit einem Polyäthylencmantel versehen und erlaubt so die direkte Verlegung ins Erdreich. Zur Erhöhung der Spannungssicherheit ist das luftdicht abgeschlossene Koaxialkabel mit Stickstoff von etwa 3 atü gefüllt. Trotz etwa 4facher Sicherheit ist das Kabel noch zusätzlich geschützt. An beiden Kabelenden sind Funkenhörner angebracht, und im Sender selbst sorgt ein Reflektometer dafür, dass die Anlage bis auf die Vorstufen abgeschaltet wird, sobald ein einstellbares Stehwellenverhältnis (SWR) überschritten wird. In Beromünster steigt es normalerweise nicht über 1,1. Grund zum Ansteigen des SWR kann ein Blitzschlag in den Antennenturm oder eine Fehlanpassung durch Überschläge sein (Fig. 4 und 5).

Vor der Leistungserhöhung wurde die Antenne mechanisch und elektrisch gründlich überholt. Die Speisung in 146 m Höhe musste aus Gründen der Spannungssicherheit verlassen werden. Heute geschieht die Einspeisung der modulierten Hochfrequenzenergie am Fuss des 215 m

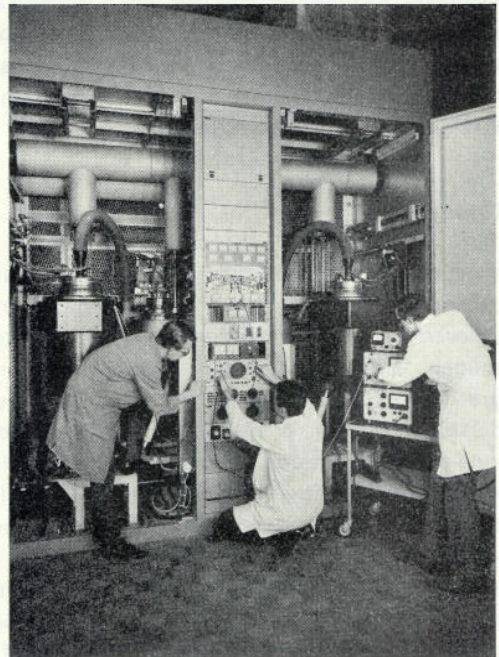


Fig. 3
Modulator-Endstufe

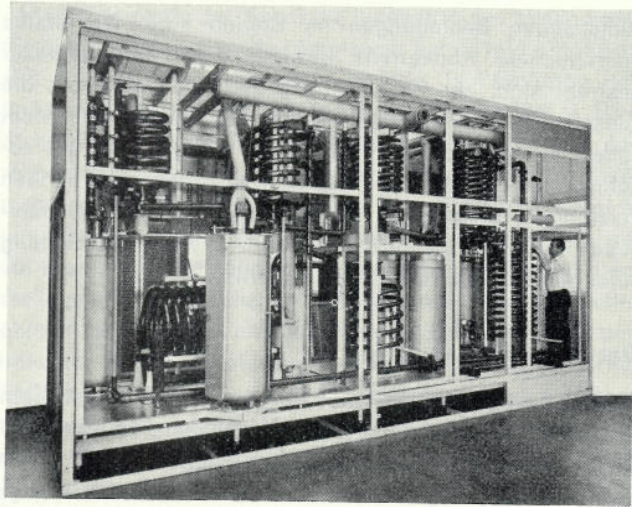


Fig. 4
Anodenkreis der HF-Endstufe bei entfernter Verschaltung

hohen Turmes. Als Anpassschaltung wurde ein L-Glied gewählt, dessen Ausmass wegen der grossen Leistung und der hohen Spannungen recht imposant ist (Spulendurchmesser 1 m, Spulenlänge 1,8 m, Rohrdurchmesser 75 mm). An den Antennenfüssen treten bei voll ausmoduliertem Sender Hochfrequenzspannungen bis zu 50 000 V auf (Fig. 6). Zum Schutz der Fussisolatoren und zur Erhöhung der Überschlagsspannungen sind an den Isolatorstrecken und an andern kritischen Stellen Koronaschutzringe angebracht.

Die Kunstantenne

Bei den periodischen Betriebsmessungen ist der Sender auf die Kunstantenne geschaltet. Der grossen Leistung wegen (sie muss bis zu 860 000 kcal verarbeiten) nimmt auch dieser Anlageteil ungewohnte Ausmasse an. Belastungswiderstand ist eine Sodalaugesäule in einem Kunststoffrohr, deren Durchflussgeschwindigkeit und Menge regelbar sind. So ist es möglich, Leistungen bis zu 1000 kW kalorimetrisch genau zu messen. Die auf etwa 70° C erwärmte Sodalaug muss ihrerseits wieder auf etwa 60° C rückgekühlt werden. Dies geschieht in Beromünster in einem sogenannten Kühlturm. Die heisse Sodalaug passiert einen Wärmeaustauscher, in dessen Sekundärkreis Leitungswasser fliesst. Durch die heisse Sodalaug auf etwa 45° C erwärmt, gelangt es mit Hilfe einer Pumpe in den Kühlturm und wird dort durch eine grosse Zahl Düsen gepresst. Ein starker Luftstrom kühlt die Warmwasserfontänen auf etwa 35° C zurück.

Die Energieversorgung

Wie schon erwähnt, beträgt der Wirkungsgrad des 500-kW-Senders etwa 64%. Das bedeutet, dass das Hochspannungsnetz (Primärspannung 12 kV) mit etwa 780 kW im Trägerbetrieb belastet wird. Bei voll ausmoduliertem Sender erhöht sich diese Leistung um den Faktor 1,5. Bekanntlich ist Beromünster eine Mehrzweckanlage mit drei Mittelwellensendern und drei Kurzwellensendern. Das Netz ist deshalb für eine total abzugebende Leistung von 4000 kVA ausgelegt. Wegen der Zuverlässigkeit des Netzes und der Möglichkeit, eine bestehende zweite Energiezuführung zu benutzen, ist bisher auf eine Notstromgruppe verzichtet worden.

Neben einigen Halbleitergleichrichtern für die Anodenspannungen der untern Stufen übernimmt ein Thyatrongleichrichter die Gleichstromspeisung der Leistungsstufen.

Das Sicherheitssystem

Es ist unbedingt notwendig, den Sender mit einem Sicherheitssystem wirkungsvoll zu schützen. Diesem Sicherheitssystem liegt der Gedanke zugrunde, durch elektrische und mechanische Verriegelungen Schäden als

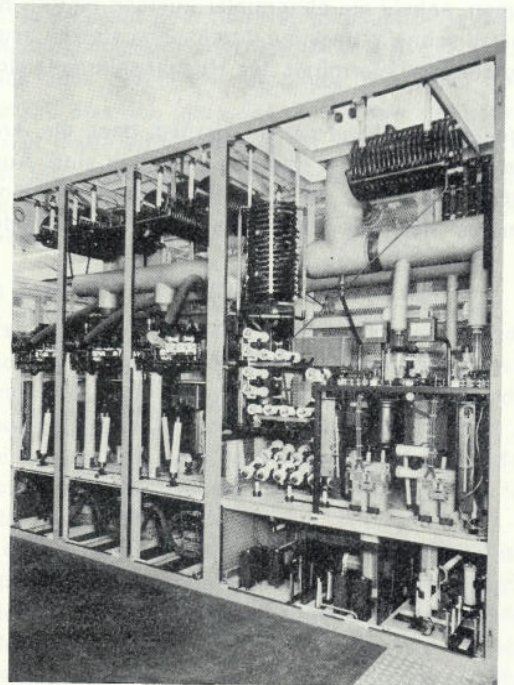


Fig. 5
HF-Endstufe und Treiberstufe bei entfernter Verschaltung

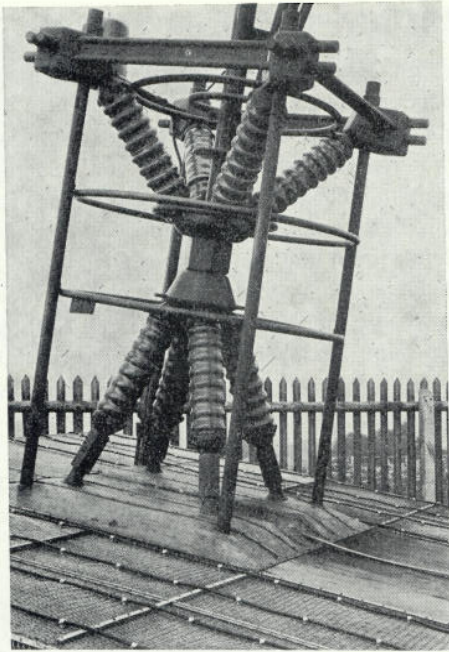


Fig. 6
Bloenberg-Antenne, einer der vier Antennenfüsse

Folge von Bedienungsfehlern unmöglich zu machen und die Speisespannungen innert Sekundenbruchteilen wegzunehmen, sobald ein abnormaler Zustand eintritt. Bewirkt wird diese schnelle Reaktion durch einen starken negativen Impuls auf das Sperrgitter des Hochspannungsgleichrichters.

Abschliessend kann gesagt werden, dass die Anforderungen an Grosssender gewaltig gestiegen sind. Aus wirtschaftlichen Gründen stellen die Lieferfirmen Serien eines Sendertyps her, die später unter den verschiedensten

klimatischen Bedingungen im Betrieb sind. Die starke internationale Konkurrenz bewirkt, dass die Hersteller bestrebt sind, zur Herabsetzung der Gebäudekosten die äusseren Dimensionen der Sender zu verkleinern. Nicht selten werden diese in «kW pro m³» angeboten. Mit zunehmender Kleinheit der Stufen (bei grösser werdenden Leistungen) steigen die Anforderungen an die mechanischen und elektrischen Elemente zur Aufrechterhaltung einer genügenden Spannungssicherheit.

Der Modulationsgrad

wird bei modernen Sendern im Interesse einer grösseren abgestrahlten Leistung sehr hoch getrieben. Es ist selbstverständlich, dass Spitzen von 100% sauber und mit einem Klirrfaktor unter 2% verarbeitet werden müssen. Die Anlage in Beromünster ist für eine Dauermodulation von 80% ausgelegt.

Aus der Überfüllung des Mittelwellenbandes entsteht die Forderung nach einem möglichst grossen Schutzabstand zu den Nachbarsendern. Dies wiederum wirft die Frage der *Beschneidung des Niederfrequenzbandes* auf. In Beromünster wird von dieser Massnahme ebenfalls Gebrauch gemacht, jedoch nur so weit, dass die Qualität und das Frequenzspektrum der von der Antenne abgestrahlten Emission mindestens um den Faktor 2 besser ist als die Wiedergabe mit einem guten Industrieempfänger.

*

Gesamthaft darf festgestellt werden, dass der Landesender Beromünster mit seiner neuen Anlage von 500 kW die Anforderungen, die an einen modernen Grosssender gestellt werden, restlos erfüllen kann.

Nach zahlreichen Äusserungen aus Hörerkreisen hat sich die Leistungserhöhung positiv ausgewirkt, indem der Empfang an vielen Orten besser geworden ist.