Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 103/104 (1934)

Heft: 15

Artikel: Die Antennentürme der Landessender von Beromünster und Monte Ceneri

Autor: Dick, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-83308

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: 16.07.2025

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

die sämtlichen mit dem Potential des Gleichrichters in Verbindung stehenden Apparate und Instrumente in einem isoliert aufgestellten Apparategerüst eingebaut sind, das von der Rückseite in die geerdete Schalttafel hineingeschoben wird. Während sich die Instrumente durch ein Glasfenster bequem ablesen lassen, erfolgt die Bedienung der Haupt- und Hilfsschalter über isolierte Antriebe, deren Handgriffe auf der geerdeten Schaltwand montiert sind. Damit wird jede Gefahr für das mit der Gleichrichteranlage vertraute Personal a priori beseitigt.

Zum Schluss sei noch kurz erwähnt, dass es Brown Boveri dank der anerkannten wirtschaftlichen und technischen Vorteile des gittergesteuerten Hochspannungs-Gleichrichters für Rundfunk- und Telegraphie-Sender in den letzten Jahren gelungen ist, 38 Gleichrichter mit einer Gesamtleistung von 15000 kW in Auftrag zu erhalten (u. a. je zwei Gleichrichter für die Sender in Breslau, Langenberg, Hamburg, Leipzig und München). Als Beispiel ist in Abb. 5 der 500 kW, 20 kV-Gleichrichter des Rundfunksenders Lakihegy (Budapest) dargestellt. Der Quecksilberdampf-Grossgleichrichter, der von einer Schweizerfirma aus den bescheidensten Anfängen zum heutigen Universalumformer entwickelt worden ist, hat sich auch auf dem Gebiete der Rundfunk- und Telegraphiesender erfolgreich durchgesetzt.

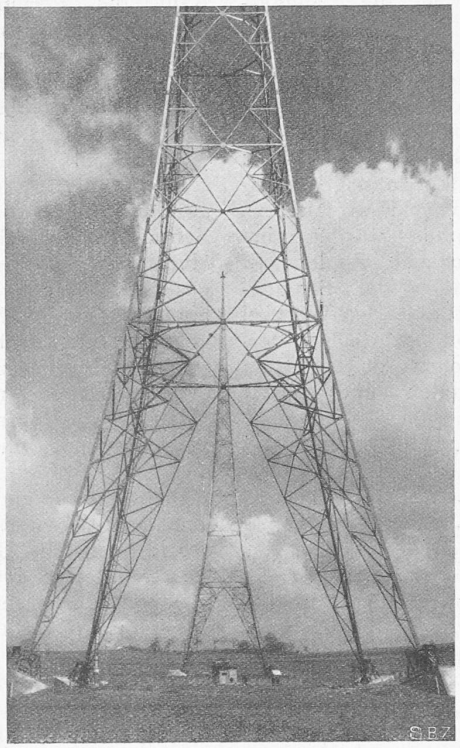

Abb. 1. Die 125 m hohen Antennentürme des Schweizerischen Landessenders Beromünster.

Die Antennentürme der Landessender von Beromünster und Monte Ceneri.

Von Dipl. Ing. R. DICK, Luzern.

Für den Bauingenieur gibt es sicherlich nur wenige Aufgaben, bei denen er aus so klaren und einfach umschriebenen äusseren Bedingungen ein ganzes Bauwerk gestalten kann, wie bei Antennentürmen. Man denke an irgend eine andere Bauaufgabe, zum Beispiel ein Gebäude mit den tausend Zweckbestimmungen und Gegebenheiten, man stelle sich einen Kran vor, ein Wehr, mit all den Wünschen des Bestellers — selbst eine Brücke ist meist in einen recht soliden Käfig von Profilen, Fundamentverhältnissen und Belastungen eingekapselt — und vergleiche nun damit die Antennentürme: In 125 m Höhe muss ein Drahtseil mit zwei Tonnen Zugkraft über Rollen beweglich gelagert werden; gegeben sind ferner eine Anzahl Porzellanisolatoren auf dem Erdboden und eine Winde für das erwähnte Antennenseil, gesucht ist der dazwischen notwendige Turm.

So ungefähr lautete die Aufgabe, die die Ober-Telegraphen-Direktion im Frühling 1930 für die neuen Sender in Münster und Sottens[1]) den Eisenbaufirmen stellte, und ganz ähnlich für die Türme auf Monte Ceneri. Es bietet vielleicht einiges Interesse, die Entstehung dieser Türme, die der Verfasser in seiner damaligen Eigenschaft als Statiker der A.-G. Th. Bell & Cie. in Kriens projektiert und ausgearbeitet hat, zu verfolgen.

Die statisch recht einfache Arbeit begann mit der von der Spitze nach abwärts fortschreitenden Ermittlung von Biegungsmomenten auf Grund des Spitzenzuges und geschätzter Windflächen für den Turm selbst. Durch Division der Momente durch die Turmbreite entstehen die Gurtkräfte, und hier setzte nun eine architektonische Bindung der Statik ein: es wurde schon bei diesem ersten Rechnungsgang versucht, eine möglichst gleichmässige Kurve der Turmgurte und damit ein gefälliges Aussehen des Turms, gleichzeitig aber auch ein konstruktiv und für den Eisenverbrauch rationelles Fortschreiten der Gurtkraft zu erreichen. Dazu genügt es nicht, das gerechnete Moment durch eine beliebig gewählte Turmbreite zu teilen und mit dem Abwärtsschreiten diese Breite nach Gutdünken wachsen zu lassen; wenn die Gurtkurve glaubhaft und statisch einleuchtend wirken soll, muss sie von der Spitze beginnend nach unten immer mehr ausschwingen, der Krümmungsradius muss sich von oben nach unten stetig verkleinern, er darf nicht sprunghaft wechseln. Erst von der Stelle an, wo sich unten der Turm in vier Stützen öffnet und den weit auseinanderliegenden Auflagern zustrebt, wird eine schwächere Gurtkrümmung notwendig und auch ästhetisch erwünscht: die vier Stützfüsse müssen wieder gestreckter aussehen, die Hauptkrümmung muss in einer Art Hüftpartie liegen, die aus einer breiten Stützung auf den vier Füssen zum steilen Aufstieg auf die Spitze leitet. Aus dieser architektonischen Absicht heraus entstand die Fussbreite von 25 m bei 125 m Höhe, also ein Verhältnis von 1 zu 5, das aber auch statisch und für die Belastung der Fussisolatoren die besten Verhältnisse ergab. Auf Monte Ceneri allerdings erlaubten die Platzverhältnisse trotz gleicher Turmhöhe nur eine Fussbreite von 18 m, sodass die Form wieder ganz neu gesucht werden musste und von Münster nichts übernommen werden konnte.

Um den Ausgleich der Gurtkurve zu erreichen, war ein viermaliger Rechnungsgang notwendig, wobei jedesmal wieder die Windbelastungen genauer bestimmt wurden, sodass zum Schluss jeder Einzelstab mit seiner wirklichen Fläche zuverlässig erfasst war.

Vom dritten Rechnungsgang an wurde auch das Netz der Füllungsstäbe einbezogen, das aus steifen Profilen mit einem l/i von nicht über 150 zu bilden war. Das bedingte die Wahl möglichst

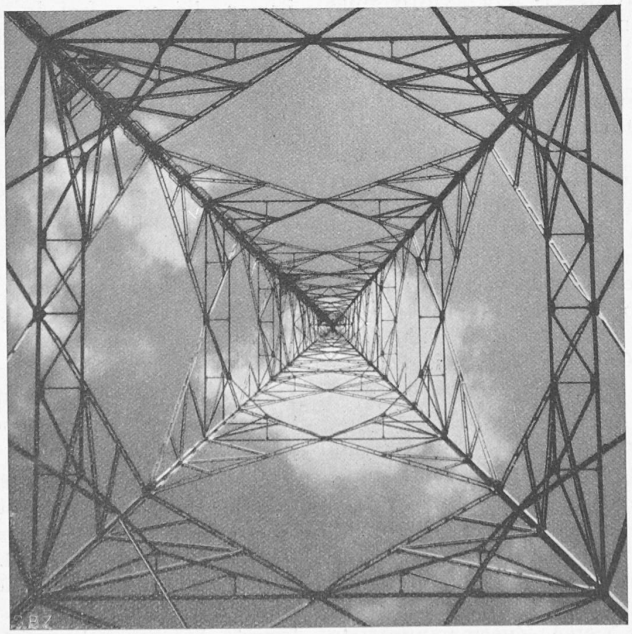

Abb. 2. Vertikalblick in der Turmaxe, Beromünster. Photos Friebel, Sursee.

[1]) Beide beschrieben in Band 101, S. 33* (21. Januar 1933). Red.

kurzer Glieder, wenn nicht das Gewicht der Füllungsstäbe unwirtschaftlich hoch ausfallen sollte, und führte dazu, die Stützfüsse so weit hinauf wie irgend möglich getrennt zu lassen; erst in 25 m Höhe liegt die unterste Horizontalverbindung des Turms und damit die oben erwähnte Hüftpartie. Die Füllungsstäbe erhalten bei der gut ausgeglichenen Gurtform nur sehr geringe Kräfte; ihre Anordnung muss die Gurtung in zweckmässige Knicklängen unterteilen, die sinngemäss vom Fuss bis zur Spitze stetig wachsen müssten. Daraus würden sich unten niedrige breite, oben hohe schmale Felder mit einem sehr hässlichen starken Ansteigen der Strebenneigung ergeben. Dies wurde durch fortlaufenden Wechsel im Ausfachungstyp umgangen, der von mehrfach unterteilten und einfach unterteilten Streben zu einfachen gekreuzten Diagonalen mit Horizontalen und zuletzt ohne Horizontalen leitet.

Die Dimensionierung der Füllungsglieder erfolgte sehr einfach nur aus der Bedingung $l/i = 150$ mit besonders aufgestellten Tabellen, die für jedes Profil (einfache Winkel, [-Eisen, gekreuzte Winkel) die zulässige Stablänge angab. Für die Gurte wurde als statisch und wirtschaftlich günstigster Querschnitt ein Quadrat ohne die gegen die Mastmitte gerichtete Ecke gefunden, ein Profil, das für Münster aus drei gleichschenkligen Winkeln zusammengesetzt wurde, für Monte Ceneri noch einfacher aus zwei Winkeln 200 × 100, deren lange Schenkel in der Ebene der Turmwände liegen und sich in der Turmkante berühren.

Für die Füsse erschien keine der von anderen Türmen bekannt gewordenen Isolierungskonstruktionen als völlig glücklich; von den Hauptanforderungen: Statisch bestimmte und klare Kraftübertragung unter allen Belastungen, möglichst weites Abrücken der isolierten von der geerdeten Eisenkonstruktion, Auswechselbarkeit aller Isolatoren waren bei keinem Beispiel alle drei, bei einzelnen aber auch keine einzige erfüllt. In Münster wurde am Turmgurt ein Fuss-Stück angesetzt, das in der Turmdiagonalebene zwei schräg nach oben aussen und oben innen zeigende Auflagerstellen, und senkrecht zur Turmdiagonalebene zwei ähnliche Auflagerpunkte schräg nach unten links und unten rechts besitzt (Abb. 3). Auf diese Auflagerpunkte stützen sich oben zwei und unten vier Isolatorengruppen, von denen je die zwei zusammengehörigen unteren durch einen Balancier zu einem Paar vereinigt sind. Jede Isolatorengruppe besteht aus drei durch Karton- und Bleieinlagen getrennten, geschliffenen Porzellankörpern mit je einem oberen und unteren Auflager- und Zentrierstück in Eisen. Jede obere Isolatorengruppe und jedes untere Gruppenpaar bildet eine allseitig bewegliche Stelze; alle vier Stelzen zeigen durch die erwähnten Auflagerstellen auf einen Mittelpunkt und bilden so ein allseitig drehbares „Kugellager", das Zug- oder Druckkräfte, sowie die (sehr kleinen) Seitenkräfte aus den Streben statisch bestimmt aufnimmt, zugleich aber den elastischen Drehungen des Fusspunktes völlige Freiheit lässt. Die obern Isolatorengruppen leiten die Zugkräfte in den Turmfüssen, die etwa die Hälfte der Druckkräfte ausmachen, auf einen geerdeten eisernen Rahmen, der in genügendem Abstand den isolierten Fuss umfasst und im Betonfundament verankert ist. Diese Konstruktion hat sich in Münster gut bewährt und wurde deshalb auch für Monte Ceneri vorgeschrieben, nur hat man sie dort noch etwas eleganter durchkonstruiert (Abb. 4) als in Münster.

Die Steigleiter führt unter einer Gurtung unauffällig und gut gesichert über einige Ruhepodeste zur kleinen Plattform auf der Spitze. Die Lagerung des Antennenseils mit Seilrollen und seitlichen Leitwalzen bietet nichts Erwähnenswertes.

Die Türme in Münster sind im zweituntersten und obersten Viertel, die auf Monte Ceneri ganz verzinkt; das bedingte völliges Vermeiden von Nieten. Zusammengesetzte Stäbe wurden entweder elektrisch verschweisst, wobei die Naht die Verbindungsstelle ganz kontinuierlich zu umschliessen hatte, oder geschraubt. Auch auf Montage wurden alle Anschlüsse und Stösse geschraubt und die Schrauben durch einen Körnerschlag gesichert. Diese Verbindung hat sich voll bewährt, nach zwei Jahren wurden bei der Kontrolle in Münster keine losen Schrauben gefunden.

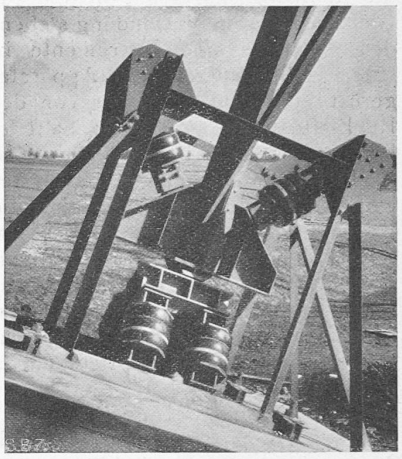

Abb. 3. Isolierter Turmfuss Beromünster.

Im übrigen bietet von der Werkstattarbeit höchstens die Herstellung der gekrümmten Gurte Interesse. Der Krümmungsradius ist so gross, dass die obersten Gurte, einfache Winkel, erst beim Montieren durch die Ausfachung der Wände in die richtige Kurve gespannt wurden. Auf Monte Ceneri mit nur 18 m Fussweite und entsprechend leichterer Krümmung kam man sogar bei allen Gurten bis zum Fuss mit diesem Verfahren aus, da die ungleichschenkligen Gurtwinkel erst auf der Montage in der Turmecke durch eingeschraubte Winkellaschen etwa alle 80 cm verbunden wurden. Etwas mehr Aufwendungen waren bei den untern Gurten in Münster notwendig; die Krümmung war stärker und die drei Winkel einer Gurtung durch Heftschweissung oder eingeschweisste Laschenstücke verbunden. Hier wurde auf einem Differdingerträger ein Winkel von Hand nach der Kurve gebogen, mit Schraubzwingen festgeklemmt und ein zweiter Winkel daneben gespannt. Dann wurden diese beiden Profile verschweisst, womit die Krümmung in einer Ebene erreicht war. Das so entstandene gebogene [-förmige Profil wurde nun um 90 Grad gedreht, in der zweiten Richtung ebenfalls ohne grössere Mühe dem Bogen entsprechend vorgespannt und noch der dritte Winkel angeschweisst. Beim Verzinken haben sich einzelne solche Stäbe verzogen, konnten aber gut wieder nachgerichtet werden.

Die Montage erfolgte ohne Gerüste unter Verwendung von Steigeisen und Steiggurten. Der heikelste Teil waren immer die vier frei in ihren Gelenkfüssen pendelnden Füsse, die bis zur Erreichung der ersten Horizontalverbindung in 25 m Höhe nur durch Schwenkseile und Holzstreben gehalten waren. War einmal in diesem Horizontalrahmen die feste Verbindung geschaffen, so wurde an jeder Gurtung ein Holzmast hochgeschoben, damit der nächste Gurt und die Streben dazwischen montiert, dann wieder die Hölzer hochgeschoben u. s. f. bis zur Spitze.

Mit Ausnahme der Fundationen hatte die A.-G. Th. Bell & Co. in Kriens den Gesamtauftrag für die Türme in Münster und nachher auf Monte Ceneri, und übertrug in beiden Fällen die Montage der Firma Gebr. Rüttimann, elektr. Unternehmungen in Zug.

Der technische Ausbau des schweiz. Rundfunks.

Von A. MURI, Abteilungschef der Generaldirektion P. T. T., Bern.

Allgemeines.

Unserem schweizerischen Rundspruchnetz liegt in Uebereinstimmung mit unsern drei Haupt-Sprachgebieten der Gedanke des 3 Landessendergruppen-Systems zugrunde. Die Sendegruppe Beromünster umfasst neben dem Landessender noch die beiden Stadt-Sender Basel und Bern. Die Gruppe Sottens umfasst den „Emetteur national de Sottens" und den „Emetteur régional de Genève-Petit Lancy". Für das italienische Sprachgebiet der Schweiz endlich steht der geringen Ausdehnung dieses Gebietes entsprechend, ein

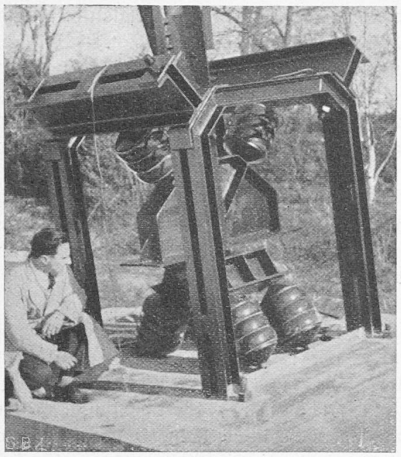

Abb. 4. Isolierter Turmfuss Monte Ceneri.

einziger Sender, der „Impianto nazionale del Monte Ceneri" zur Verfügung. Der Aufstellungsort und die Leistung dieser Sender sind so gewählt, dass in jedem Sprachgebiet eine möglichst grosse Zahl von Hörern bedient werden kann. Die Aufnahmestellen (Studio) sind in bedeutenden Städten untergebracht, um auf diese Weise einen festen Kontakt mit dem Theater, den Konzertsälen und dem literarischen Leben zu sichern. Wir besitzen so Studio-Zweckbauten in Zürich [1]), Bern, Basel, Lausanne, Genf und Lugano.

Die Uebertragung der Programme aus den Studio auf die Sender erfolgt über besonders leicht belastete Kabelleitungen mit hoher Frequenz-Durchlässigkeit. Die hohe Dämpfung der Modulationsströme auf den langen Kabelleitungen bedingt eine wiederholte Verstärkung in besondern Rundspruch-Verstärkern, die in den gewöhnlichen Telephon-Verstärkerämtern aufgestellt sind.

Allgemeine elektrische Eigenschaften des Systems.

Zur allgemeinen Charakterisierung eines Rundspruchsystems können folgende drei Faktoren dienen:

1. Die Breite des übertragenen Frequenzbandes.
2. Das Amplituden-Verhältnis, bestimmt aus dem geringsten zulässigen Modulationsgrad und dessen zugelassenem Höchstwert, bei vorgeschriebenem Maximum der nichtlinearen Verzerrung.
3. Der zugelassene Höchstwert der nichtlinearen Verzerrung.

Die Breite des übertragenen Frequenzbandes ist im wesentlichen bedingt durch die verwendete Leitung. In unserem Rundspruchnetz werden neben extra leicht belasteten Vierdraht-Phantomleitungen (H — 20) in der Hauptsache musikbelastete Stamm- und Phantomleitungen (H — 15,5, H — 9,5) verwendet. Die Grenzfrequenzen der Kabelübertragung sind 5600 für die Leitungen H — 20 und 8500 bezw. 9500 für die Musikleitung. Die Studioverstärker, die Leitungsverstärker und die Anlagen in den Sendern selbst ergeben Frequenzcharakteristiken, die zwischen 30 und 10000 Hz fast geradlinig verlaufen.

Das zweite Kriterium vermittelt uns einen Begriff über die Vollkommenheit der Uebertragung inbezug auf die richtige Wiedergabe der Lautstärkenunterschiede. Die Verhältniszahl der Schallenergie für die untere und obere Hörgrenze ist ungefähr 10^{13} entsprechend einer Lautstärke von 0, bezw. 130 Phon; diese ausserordentlich weite Skala elektrisch zu übertragen, wäre eine praktische Unmöglichkeit. Aus diesem Grunde wird das aufgenommene Programm, dessen Schallenergie vielleicht im Verhältnis $1 : 10^6$ schwankt, in seinen Unterschieden ausgeglichen und auf einen maximalen Schwankungsgrad von $1 : 10^4$ bis 10^3 komprimiert.

Die *nichtlineare Verzerrung*, die sich dem Ohr besonders unangenehm bemerkbar macht, erreicht im ganzen Niederfrequenzteil der Uebertragung, d. h. vom Mikrophon bis zur Modulationsstufe des Senders Werte, die keinesfalls 4 % überschreiten. Im Hochfrequenzteil der Sender kann diese Zahl bei den gegenwärtig noch allgemein üblichen Modulations-Methoden aus wirtschaftlichen Gründen nicht eingehalten werden. Der Klirrfaktor, ein Mass für die nichtlineare Verzerrung, erreicht in der Ausgangsstufe der Sender, mit Ausnahme der ganz modernen, den Höchstwert von 10 %, wenn der Modulationsgrad bei normaler Trägereinstellung 75 bis 80 % nicht überschreitet. Von den schweizerischen Sendern macht Beromünster hier eine Ausnahme. Mit der Leistungserhöhung dieses Senders wurde auch das Modulationssystem von Grund auf geändert, mit dem Resultat, dass Beromünster heute bei 90 % Modulationstiefe erst 4 % Klirrfaktor erreicht.

[1]) Vergl. die Darstellung des Radio-Studio Zürich in Nr. 4 des laufenden Bandes (28. Juli 1934). Red.

Studio.

Besonders wichtig ist die Qualität der für die Aufnahme benützten Mikrophone. In unsern Studio werden verwendet: das nicht übersteuerbare, sozusagen unbegrenzt empfindliche Kondensator-Mikrophon nach dem statischen Prinzip, das gleichfalls sehr empfindliche und wegen des Wegfalls der Batterien sehr einfach zu bedienende Moving-coil-Mikrophon und endlich das Reiss-Mikrophon, als jederzeit bereites und verhältnismässig unempfindliches Kohlen-Mikrophon. Die Verstärkung vom Niveau — 70 bis — 50 db. der Ausgangsströme des Mikrophons auf das normale Leitungsniveau erfolgt in zwei Verstärkerstufen, die zugleich auch die notwendige Kompression der Programmamplituden vorzunehmen gestatten, nämlich mit Hilfe eingebauter Potentiometer.

Kabel und Verstärkerämter.

Die vom Studio ausgehenden Ströme gelangen nun über besonders abgeschirmte Kabeladern in das erste Verstärkeramt, werden dort verstärkt, gelangen durch das Hauptkabel in ein nächstes Verstärkeramt und von dort aus dann gewöhnlich an ihren Bestimmungsort, den Sender. Der Zweck der Verstärkerämter ist die vom Studio auf Normal-Niveau ausgesandte Modulation, die durch das durchlaufene Kabelstück geschwächt worden ist, wieder auf Normalniveau hinauf zu verstärken und zu entzerren. So gleicht grundsätzlich jedes Verstärkeramt (es können bei internationalen Uebertragungen deren sehr viele beteiligt sein) den im vorhergehenden Kabelabschnitt entstandenen Niveauverlust aus und gleicht auch entstandene lineare Verzerrungen aus, entzerrt die Modulation.

Sende-Stationen. [2])

Der Anschluss der Sender an das Kabelnetz bezw. an das Verstärkeramt geschieht über besonders abgeschirmte, dazu aber noch belastete Kabel, die meistens zwei abgeschirmte Paare für die Musikübertragung und zwei Vierer für den Dienstverkehr enthalten. Am Eingang zum Sender findet sich ein letzter Linienverstärker zur Verstärkung und Entzerrung des vor dem Sender liegenden Kabelstückes. Sämtliche schweizerischen Sender mit Ausnahme von Beromünster sind nach der Heising-Methode moduliert. Dieses Modulationsverfahren bedingt Modulation in einer kleinen Energiestufe, um grosse Sprechtransformatoren zu vermeiden. Die modulierte Stufe bildet bei den kleinen Lokalsendern zugleich die Endstufe. Dem „modulierten Verstärker", wie fachtechnisch die erste modulierte H. F.-Stufe genannt wird, folgen bei den Landessendern Sottens und Monte Ceneri etliche Hochfrequenz-Verstärker. Diese verschlechtern den Energiewirkungsgrad und bringen den Faktor der nichtlinearen Verzerrung bis auf 10 % hinauf. Das sind Unzulänglichkeiten, die fast allen heute in Dienst stehenden Sendern anhaften. Die erwähnten 10 % treten aber nur kurzzeitig bei tiefen Modulationsgraden auf und werden so meistens vom Hörer nicht bemerkt.

Antennen-Systeme.

Die Ankopplung der letzten Verstärkerstufe der Sender an das Antennensystem erfolgt zur möglichsten Unterdrückung von harmonischen Oberwellen in der Antenne entweder über eine Drosselkette, durch einen Hochfrequenztransformator oder durch eine Kombination beider. In zwei Stellen, nämlich in Beromünster und in Basel, wo Antenne und Ausgangsstufe räumlich ziemlich weit getrennt sind, stellt eine Energieleitung die Verbindung zwischen beiden her. Unsere sämtlichen Antennenanlagen verwenden das Zwei-Turm-System. [3]) Die Türme der Landessender sind von Erde isoliert und werden als Mittel zur Beeinflussung des Horizontal-Ausbreitungsdiagramms benützt.

Zum Schluss eine Bemerkung über den *Drahtrundspruch*. Die Ausbreitungsverhältnisse für Rundspruchwellen sind wegen der Bodengestaltung unseres Landes sehr ungünstig. Die stark vorgeschrittene Elektrifizierung, namentlich der Bahnen, verseucht das ganze Land mit Störfeldern, sodass ein guter Rundspruchempfang erhebliche Feldstärken des aufzunehmenden Senders voraussetzt. Wo nun diese für den Rundspruchempfang ungünstigen Umstände sich besonders stark bemerkbar machen, einer gründlichen Entstörung aber grosse Schwierigkeiten (meistens finanzieller Art) entgegenstehen, soll die Möglichkeit geboten werden, trotzdem wenigstens die Landessender-Programme frei von jeder Störung und

[2]) Die Landessender Beromünster und Sottens sind in der „S B Z", Bd. 101 Nr. 3, S. 33*, beschrieben.

[3]) Vergleiche den Aufsatz von Ingenieur R. Dick über Antennentürme in der gegenwärtigen Nummer. Red.