Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafenbetriebe

Band: 27 (1949)

Heft: 1

Artikel: Die Entwicklung der deutschen Grossrundfunksenderanlage während des Krieges

Autor: Wolf, Emil

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876376

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: 12.07.2025

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

sind, was ermöglicht, jedes Kabel, ungeachtet seines Durchmessers, gerade zu führen. Mit einer Spindel kann die ganze Messeinrichtung vertikal verschoben und der Durchgang dem Kabel genau angepasst werden. Da dieses Gerät, im Gegensatz zu demjenigen der Telephondirektion Bern, auf einem stabilen Untersatz ruht, wurde die Schwenkbarkeit für den seitlichen Ausgleich (60°) im Gerät selber berücksichtigt.

sées obliquement, ce qui permet de faire passer des câbles de n'importe quel diamètre sans déviation. On peut déplacer verticalement tout le dispositif de mesure par le moyen d'une tige et adapter exactement l'espace libre au diamètre du câble. Contrairement à celui de Berne, cet instrument repose sur un bâti fixe; il a donc été nécessaire de monter sur l'instrument même le dispositif de compensation des déplacements latéraux (60 degrés).

Die Entwicklung der deutschen Grossrundfunksenderanlagen während des Krieges

Von *Emil Wolf*, Wien 621.396.712

Zusammenfassung: Berichtet wird über den Aufbau deutscher Grossrundfunksender in den letzten Jahren (bis Kriegsende), und zwar über alle Teile einer solchen Anlage. Gelegentlich werden Betriebserfahrungen mitgeteilt.

Inhalt: *Einleitung*

- *A. Sender (Hochfrequenzteil)*
  - *1. Aufbau deutscher Grossrundfunksender*
  - *2. Endstufenröhren*
  - *3. Aussteuerungsgüte, Mess- und Ueberwachungsgestell*
- *B. Stromversorgungsanlage und Hilfsbetriebe*
- *C. Antennenanlage*
- *D. Unbemannte Kleingleichwellensender, Gleichwellennetze*

Einleitung

Die Radiotechnik hat während des letzten Krieges eine ausserordentliche, auf manchen Gebieten kriegsentscheidende Rolle gespielt. Es ist heute allgemein bekannt, dass die gefährliche Waffe der deutschen U-Boot-Kriegsstrategie und Taktik eine Zeitlang das Uebergewicht des amerikanischen Kriegspotentials von Europa praktisch abzuriegeln drohte, als im kritischen Zeitpunkte der Ausbau des Radar-Verfahrens von einem physikalischen Gerät zu einem kriegstauglichen, höchst wirksamen Abwehrmittel gediehen war und so diese Gefahr beseitigen half. Dieselbe Waffe der Dezimeter-Wellen-Rückstrahltechnik hat auch, im Zusammenwirken mit dem durch die weitgehende Sterilisierung der deutschen U-Boot-Waffe erst ermöglichten ungehemmten Zustrom der amerikanischen Fertigung auf dem europäischen Kriegschauplatz den alliierten Luftkrieg in jenem Ausmasse ermöglicht, der die deutsche Kriegsindustrie und den Verkehr schliesslich in lebensbedrohendem Ausmass gestört und so den Zusammenbruch der deutschen Kriegsführung herbeigeführt hat. Denn die deutsche Anwendung dieser Radar-Technik, etwa beginnend mit dem sogenannten «Rotterdam-Gerät», dem Nachbau eines erbeuteten englischen Gerätes, das in deutsche Hand gefallen war, hinkte hinter der gegnerischen immer nach und hat den alliierten Vorsprung nicht rechtzeitig aufzuholen vermocht.

Der bedeutende Vorsprung der deutschen Entwicklung des Raketenantriebs und der ferngelenkten raketen- und düsengetriebenen Ferngeschosse aber ist dann deshalb nicht mehr zu massgebender praktischer Auswirkung gekommen.

Ueber viele solcher Fragen wird auch von der rein technischen Seite, die hier allein gemeint ist, erst in späterer Zeit ein leidenschaftsloses, objektives Urteil möglich sein, wenn hierfür der genügende zeitliche Abstand gegeben und alle Quellen geöffnet sein werden.

Anders verhält es sich zum Beispiel mit den Grossrundfunksenderanlagen, deren Entwicklung — wie dies etwa beim Empfängerbau der Fall ist — bereits vor dem Kriege aus dem revolutionären Entwicklungsstadium in das ruhige Fahrwasser der in den Grundzügen gesicherten technischen Vollendung getreten war, die beispielsweise auch in noch weitergehendem Ausmasse den gesamten Elektromaschinenbau kennzeichnet; dieser erfährt zwar im Gleichlauf mit der allgemeinen Entwicklung ständig Verbesserungen, doch seit längerem keinerlei grundlegende Veränderungen mehr, abgesehen von dem noch immer im Reifen und in Ausdehnung begriffenen Bereich der verschiedenen Vakuumgrossentladungsgefässe (Gleichrichter, Wechselrichter, Umrichter, gesteuerte Vakuumschalter) und der davon abhängigen Gleichstrom-Hochspannungs-Energieübertragung.

Daher können sehr wohl heute schon von einem völlig gesicherten technischen Standpunkte aus Vergleiche zwischen der deutschen und der übrigen Entwicklung europäischer Rundfunksenderanlagen angestellt werden, die im folgenden da und dort bei einer Beschreibung der deutschen Anlagen (Telefunken, Lorenz) eingeflochten wurden.

Eine Gliederung der folgenden, aus der eigenen ausgedehnten Erfahrung gewonnenen Darstellung ergibt sich in zwangloser Weise aus dem Aufbau jeder solchen Senderanlage in den eigentlichen *Senderteil*, die *Stromversorgungsanlage* mit den Hilfsbetrieben und die *Antennenanlagen*, wobei gelegentlich auch über Betriebserfahrungen und Betriebsführung berichtet wird.

A. Sender (Hochfrequenzteil)

1. *Aufbau deutscher Grossrundfunksender*

Bestimmend für den Aufbau von Grossrundfunksendern der 100-kW-Type sind das Modulationsverfahren, die Leistungsendröhren und der Wellenbereich.

Schon vor dem Kriege war bei den meisten deutschen Grossrundfunksenderanlagen des Mittelwellenbereiches ausser einem älteren, gitterspannungsmodulierten Sender (Sender I) ein zweiter Ersatzsender (Sender II: «Umbausender») mit Endstufen-Anoden-B-Modulation vorhanden. Im Laufe des Krieges wurden diese Anlagen auch hinsichtlich der Stromversorgung, der Hilfsbetriebe, der Antennenanlage und der tonfrequenten Eingangsverstärker so erweitert, dass der *gleichzeitige* Betrieb *beider* Sender möglich war; die Anlagen waren mit Gleichwellenvorsätzen versehen, die ein zeitweiliges und weitgehendes Zusammenschalten mehrerer Großsender zur Durchgabe eines Reichsprogramms ermöglichten. In der Regel wurde dabei der eine Sender für das deutsche Programm, der zweite für ein Fremdsprachen-Programm oder für den Stördienst verwendet. Diese rein kriegsbedingte Notwendigkeit, mindestens bei einem Sender oft mehrmals täglich die Welle rasch und im ganzen Mittelwellenbereich ändern zu können, war schon in Friedenszeiten vorausgesehen worden und hat zur Konstruktion des Senders II, als sogenanntem Umbausender, Veranlassung gegeben. Diese Sender waren daher sowohl in den Vorstufen als auch in den leistungführenden Endstufen-, Ausgangs- und Antennenkreisen für den gesamten Mittelwellenbereich ausgelegt — etwa wie ein Empfangsapparat —, und zwar so, dass die Welle vom Steuerquarz bis zum Antennenabstimmkreis von zwei Mann in höchstens 20 Minuten bei der Telefunken- und in 10 Minuten bei der Lorenz-Type bei der erstmaligen Umstellung «umgebaut» werden konnte; bei wiederholter Durchführung desselben Wellenwechsels aber in noch kürzerer Zeit (wenige Minuten).

Die Umbausender wurden deshalb über den allgemein üblichen, die richtige Einschaltreihenfolge sichernden Blockierungsschutz (Wasserschleife, Heizschleife, Gitterschleife, Anodenblockschleife) hinausgehend, mit weiteren Verstimmungsschutz- und Schnellabstimmgeräten ausgestattet, die bei schnellem Wellenwechsel einen verlässlichen Schutz der Anlage gegen Schalt- und Abstimmfehler boten. Ausserdem war bei Kriegsende die Ausstattung der Anlagen mit dem von *Buschbeck-Telefunken* angegebenen, sehr eleganten Kabelmessgerät in Auftrag gegeben, das sich in etwa einjährigem Versuchsbetrieb sowohl im Mittelwellen- als auch im Kurzwellendienst ausserordentlich bewährt hatte und die in Deutschland fast ausschliesslich als Energieleitung zwischen Sender und Antennenabstimmhaus verwendeten Hochfrequenzerdkabel gegen Fehlanpassung schützt. Diese Hochfrequenzenergiekabel sind gegen die bei nennenswerter Fehlanpassung der Kabelköpfe (stehende Wellen) auftretende überhöhte Spannungsbeanspruchung empfindlich; solche Fehlanpassung tritt nicht bloss bei Bedienungsfehlern, sondern auch zum Beispiel bei den Kurzwellenanlagen — bei plötzlicher Vereisung der Richtstrahler oder bei Antennen- und Antennenkreisdefekten usw. auf. Das *Buschbeck*-Gerät lässt auf einem Anzeigegerät mit zwei Drehspulsystemen mit zwei einander kreuzenden Zeigern einerseits auf einer Skala die an das Kabel vom Kabelausgangskreis abgegebene Wirkleistung in kW als auch aus dem Zeigerkreuzungspunkt als Aufpunkt von zwei Parameterscharen der Skala den höchsten Spannungsscheitel im Kabel in kV und die Fehlanpassung in Prozenten unmittelbar ablesen.

Die Schnellabstimmgeräte arbeiten als Phasenbrücke und beruhen auf der Tatsache, dass die Schwingströme in zwei miteinander gekoppelten Kreisen im Falle richtiger Abstimmung — und nur dann — um genau 90° in der Phase gegeneinander verschoben sind. Zur weiteren Beschleunigung der Wellenumstellung wird in den Vorstufen weitgehend vom Gleichlauf mehrerer Stufen durch mechanische Kopplung der veränderlichen Abstimmittel Gebrauch gemacht. Bei dem etwas schneller umstellbaren Lorenz-Umbausender sind auch die Leistungsstufen je mit nur einem Abstimmvariometer für den ganzen Wellenbereich ausgestattet, wobei natürlich Abweichungen vom optimalen L/C-Verhältnis in Kauf genommen werden müssen, was auf den Gesamtwirkungsgrad des Senders aber nur geringen Einfluss hat. Die Notwendigkeit stufenweiser Umschaltung von Festkondensatoren und Spulenabgriffen beim Wellenwechsel (wie bei Telefunken) ist aber dadurch vermieden und die Wellenumstellung beschleunigt worden, denn der gesamte Wellenwechsel ist hier von äusseren Bedienungsgriffen aus möglich.

Diese schnell umstellbaren Grossbereich-Großsendertypen sind eine ausgesprochen deutsche Entwicklung. Die ausländischen Grossrundfunksender sind in der Regel, wie die älteren deutschen Sender I, nur für eine Einzelwelle mit einer Veränderbarkeit von einigen Prozenten angelegt, was für den Friedensbedarf auch ausreicht, da die Betriebswelle der Rundfunksender gemäss international festgelegtem Wellenplan jeweils über längere Zeit feststeht. Jede grössere Wellenänderung bedeutet dann auch einen wirklichen Umbau, für welchen eine genügend lange Vorbereitungszeit zur Verfügung steht.

Die gitterspannungsmodulierten Sender ergeben einen Gesamtwirkungsgrad von 25...33 Prozent, gemessen zwischen Drehstromnetzeingang und Ballastantenne («künstliche» Antenne, wassergekühlte, induktionsarme Drahtwiderstände von ungefähr 60 Ohm, dem Wellenwiderstand des Energiekabels zum Antennenabstimmungshaus, an dessen Stelle sie geschaltet wird). Alle deutschen Grossrundfunksender sind mit einer solchen Ballastantenne ausgestat-

tet, nur vereinzelt die ausländischen. Die Umbausender II sind in der Endstufe Anoden-B-moduliert und haben, bei einem Aussteuerungsgrad von m = 0 bzw. 100 Prozent, einen Gesamtwirkungsgrad von 33 bzw. 40 Prozent. Dabei folgt im Niederfrequenzteil auf den Kabelendverstärker, der das Programm bringt, ein Modulationsverstärker und dann die erste Gegentaktleistungsstufe als A-Verstärker. Diese Treiberstufe erregt die als B-Verstärker arbeitende Niederfrequenzgegentaktendstufe, für welche der *gleiche* Röhrentyp wie für die Hochfrequenzgegentaktendstufe verwendet wird und der ohne Gittervorspannungsquelle arbeitet; der in ihrem Anodenkreis liegende Modulationstransformator gibt die NF-Modulationsleistung an die Hochfrequenzstufe ab.

Die Hochfrequenzvorstufen sind in konventioneller Weise aufgebaut, wobei Vorsorge getroffen ist, dass die Quarzsteuerstufe (von der Betriebsfrequenz) — ohne Betriebsunterbrechung — auf eine fein abstimmbare, hochkonstante, selbsterregte Stufe (für den ganzen Mittelwellenbereich) oder auf das Lorenz-Gleichwellen-Vorsatzgestell umgeschaltet werden kann. Zur genauen Frequenzkontrolle der selbsterregten Steuerstufe ist bei jedem Sender ein quarzgestützter Präzisionsfrequenzmesser vorhanden (WIP von Rhode und Schwarz, München). Die selbsterregte Steuerstufe ist mit einer Wobbeleinrichtung ausgestattet. Dies ist eine kriegsbedingte Vorrichtung, die zur Abwehr feindlicher Seitenbandeinsprache diente.*) Das Wobbelgerät bewirkt bei der Einschaltung ein ständiges Taumeln der Trägerfrequenz um die Sollmittellage, mit einem Hub von etwa 1000 Hz und mit einer Taumelfrequenz von etwa 2 Hz in der Sekunde. Der taumelnde Träger nimmt natürlich seine eigenen Modulationsseitenbänder mit, so dass der Empfang des eigenen Programmes bei gleichbleibender Empfängerabstimmung nicht nennenswert beeinträchtigt, bei reinem Ortsempfang davon überhaupt nichts bemerkt wird. Dagegen finden die vom weit entfernten Gegner zugesprochenen «feindlichen» Seitenbänder nicht die erwartete Trägerfrequenz vor, die sie sich gewissermassen ausborgen sollten, so dass die feindliche Seitenband-Einsprache schon bei einem Wobbelhub von 1000 Hz in den dafür in Frage kommenden Empfangsgebieten, in denen Ortsträger und Seitenbänder des Feindes überhaupt im richtigen Feldstärkeverhältnis zueinander einfallen, zwar gehört, aber nicht mehr verstanden werden kann. (Die Wobbelabwehr feindlicher Seitenbandeinsprache ist übrigens auch im Kurzwellenrundfunk weitgehend angewendet worden. Es ist klar, dass — hier noch mehr als im Mittelwellenrundfunk — die Anforderungen an die Frequenzstabilität der dabei verwendeten, selbsterregten Steuerstufe ausserordentlich hoch sind.)

Die wassergekühlten Hoch- und Niederfrequenzstufen sind bei der Telefunkentype in offener, bei Lorenz in halboffener Bauart ausgeführt und für jede Röhre je eine rasch einschaltbare Ersatzröhre konstruktiv vorgesehen. Die Betriebserfahrung bei den Anoden-B-modulierten Sendern, sowohl mit den Endröhren RS 301 (Deutschlandsender), als auch RS 366 (Umbausender II), hat gezeigt, dass, nach etwa 10 000 Brennstunden in der NF-Endstufe, diese Röhren dann oft noch weitere 10 000 Brennstunden in der HF-Endstufe weiterverwendet werden können, bei Aufrechterhalten des pflichtenheftgemässen Gesamtklirrfaktors (für m = 80 Prozent, k $\leqq$ 4 Prozent).

Der langwellige («neue») Deutschlandsender (Herzberg a. d. Elster) bestand aus drei gleichen Gruppen von je 165 kW Trägerleistung, die ihre Leistung über einen Sammelkreis entweder auf eine Ballastantenne oder — über eine Kupferrohrenergieleitung — im Abstimmhaus auf einen 331 Meter hohen selbststrahlenden Eisengittermast (abgespannter Pendelmasttyp) abgaben. Der Mast trug am oberen Ende eine kreisförmige Aluminiumscheibe von 25 m Durchmesser als kapazitive Endbelastung. Es wurde, je nach Bedarf, mit einer oder zwei oder allen drei Gruppen (A+B+C = 500 kW) gleichzeitig gefahren; der Steuersender gab zwecks Erzielung gleichbleibender Belastung einen Teil seiner Hochfrequenzenergie über einen Gruppenumschalter auf Ballastwiderstände ab, wenn nicht mit Vollast gearbeitet wurde. Die Umschaltung auf ein Drittel oder zwei Drittel Vollast war betriebsmässig in wenigen Minuten durchführbar. Auch diese grosse, moderne Anlage, deren bedeutende Erweiterung geplant war (10 Gruppen und 10 Strahlmaste), war, wie auch alle Grossrundfunksender des 100-kW-Mittelwellentyps, mit Lorenz-Gleichwellenvorsatzgerät ausgerüstet und hat längere Zeit mit einer fahrbaren Anlage im Gleichwellenbetrieb gearbeitet.

Der halboffene Aufbau der Leistungsendstufen der Lorenz-Rundfunksender gewährt durch die Spiegelglaseinsätze im oberen Teile gute Beobachtbarkeit der Aufbauelemente und ist etwas raumsparender als der ganz offene Aufbau des Telefunkentyps, bei welchem dafür alle Bauteile der Stufen nicht nur ständig gut beobachtbar, sondern auch gut zugänglich sind; dabei ist der Senderaufbau rundherum von einem oben offenen Glaszelt umgeben, welches von mannshohen Spiegelglasscheiben gebildet wird, die von Aluminiumsäulen getragen werden und die notwendigen Oeffnungen für die Durchführung der Bedienungsgriffe aufweisen. Anfänglich gehegte Bedenken gegen diesen Glaskäfig haben sich als gänzlich unbegründet erwiesen; Glasbruch ist niemals vorgekommen, vielmehr ist die völlig freie Sicht von allen Seiten betrieblich als grosse Annehmlichkeit empfunden worden, und es ist einfach, bei Montagen einzelne Elemente der Glaswand, wenn nötig, beiseite zu stellen.

Bemerkenswert ist noch, dass bei allen deutschen Sendern die Hochspannung *grundsätzlich* über im Sendersaal selbst befindliche, stangenbediente Trenn-

*) Siehe *Emil Wolf*. Rundfunkkrieg. Techn. Mitt." PTT 1947, Nr. 2, S. 64...72.

messer geführt wird, so dass bei Reinigungs- und Instandsetzungsarbeiten im Sender das Personal sich jederzeit und von jeder Stelle aus selbst durch einen Blick auf die hoch an der Wand montierten Trennmesser davon überzeugen kann, ob diese gezogen, der Sender also sicher spannungsfrei ist. Das Glaszelt hat einige Türen, deren Verschluss durch Kontakte in die Anodenblockschleife einbezogen ist, so dass das Oeffnen einer solchen Türe während des Betriebes den Sender vom Netz abwirft. Diese Türverblockung *kann* durch einen Sonderschlüssel überbrückt werden, der ständig in Verwahrung des Senderleiters oder seines Beauftragten verbleibt. Dieser übernimmt damit die Verantwortung für die Sicherheit des Personals, wenn in Ausnahmefällen unter Hochspannung im Sender etwas gearbeitet werden muss.

2. *Endstufenröhren*

Die Entwicklung der Endstufenhochleistungsröhren ist zunächst in Deutschland einen grundsätzlich anderen Weg gegangen als im Ausland. Sowohl der Deutschlandsender Herzberg als auch die älteren Sender I sind in der letzten Stufe mit der 200 kW halbindirekt geheizten Telefunkenröhre RS 301 (Anodenverlust 150 kW) ausgerüstet, deren Vorläufer die 300-kW-Röhre RS 300 (Anodenverlust 160 kW) war. Diese Röhre ist mit einer langen, rohrförmigen Hochleistungskathode aus Tantal ausgestattet (bei RS 300 anfänglich Niobium), bei welcher die Heizstromzuführung im Innern des Rohres durch Wolframstäbe erfolgt, die Rückführung durch das die eigentliche Kathode bildende Tantalrohr selbst. Da das magnetische Fadenfeld infolge dieser Anordnung praktisch gleich Null ist, ist einfache und billige, unmittelbare Wechselstromheizung über kleine Hochstromtransformatoren möglich, ohne dass das Netzgeräusch als Störmodulation auf dem Träger zu befürchten ist. Ueberdies ist diese Kathode in hohem Masse lichtbogenfest, da gelegentliche Ueberschläge infolge des Rocky-Point-Effektes und bei Weichwerden höchstens zu einer unschädlichen örtlichen Perforierung des äusseren Kathodenrohres führen. Die wassergekühlte Heizstromeinführung durch den oberen Glastempel der Röhre, der auch die Gittereinführung aufnimmt, hat trotz des hohen Stromes (1800...2000 A bei 17,5 V bei RS 300 und 1600 A bei 14,5...16 V bei RS 301) nirgends zu Betriebsschwierigkeiten Anlass gegeben. Natürlich war bei diesen Röhren wegen der grossen zu entgasenden Metallmassen nicht immer jene grosse Härte erzielbar, wie etwa bei den Marconi- oder Standard-Electric-Typen, doch war diese auch nicht so notwendig, teils wegen der grösseren Lichtbogenfestigkeit der Rohrkathode, die den gelegentlichen inneren Ueberschlag bei sofortiger selbsttätiger Kurzschlussfortschaltung gänzlich unbedenklich macht, teils weil wegen der hohen Emission dieser Kathode (etwa 120 A) das Auslangen mit 10...12 kV Anodengleichspannung gefunden werden kann, was schon vom Standpunkt der Gleichrichterspeisung dem Betriebsmann durchaus erwünscht ist.

Ausländische Endröhren von höchstens gleicher oder kleinerer Leistung arbeiten mit 18...20 kV Anodengleichspannung, zum Beispiel die SFR-Röhre E 3051 (Anodenverlust 160 kW, Kathode: 640 A bei 35 V) oder RCA-Type UV 862 (Anodenverlust 100 kW, Kathode: 207 A bei 33 V), oder Philips TA 20/250 (Anodenverlust 130 kW, Kathode: 420 A bei 35 V), oder die japanische Endröhre der Nippon-Electric Co. mit zwei Glastempeln an beiden Anodenenden (Anodenverlust 120 kW, Kathode: 225 A bei 21,5 V) oder Marconi CAT 14 (Anodenverlust 150 kW, Kathode: 460 A bei 32,5 V). Zwar ist der Aufwand an Heizleistung bei diesen 20-kV-Röhren pro kW Anodenverlust geringer, aber er muss in Form von Gleichstrom, also mit Umformerkosten und Umformerverlusten belastet geleistet werden, im Gegensatz zu der mit Wechselstrom heizbaren RS 301. Alle diese Röhren sind für Wellenlängen bis etwa 150 m geeignet und von der Pumpe abgestochen, im Gegensatz zu einigen neueren, ausländischen, für Kurzwellen geeigneten Grossleistungsröhren (wie zum Beispiel Thomson-Houston), die ständig an der Pumpe hängen, sich aber trotzdem im Dauerbetrieb bewährt haben. Diese Entwicklung, die in Deutschland völlig fehlt, hat dort den Bau der 100-kW-Kurzwellensender längere Zeit beeinträchtigt, weil, eben wegen des Fehlens einer leistungsfähigen Kurzwellenendstufenröhre, mit kleineren Röhren Parallelbetrieb gemacht werden musste, was gerade bei Kurzwellen besonders unerwünscht ist.

Selbsttätige Kurzschluss-Fortschaltung in wenigen Millisekunden und sofort anschliessendes, selbsttätiges Spannungshochfahren während etwa einer Sekunde wird bei den deutschen Anlagen von der Gittersteuerung der Quecksilberdampfeisengleichrichter übernommen, über welche noch später berichtet wird. Diese Gittersteuerung wird auch für das Hochfahren der Anodenspannung bei Betriebsbeginn benützt, was für die deutschen Endröhren unbedingt notwendig ist, da das unmittelbare Aufschalten der vollen Anodengleichspannung ihres weicheren Charakters wegen nicht als Betriebsnorm zulässig ist.

Diese — hier notwendig gewordene — Möglichkeit, die Anodenspannung vom Bedienungspult aus beliebig langsam hochfahren zu können, ist aber im Betrieb eines grossen Senders auf jeden Fall wünschenswert, nicht nur bei allen Abstimm- und Auskopplungsarbeiten, sondern bei jeder Art Fehlersuche in den leistungführenden Kreisen, insbesondere bei all jenen von den Betriebsleuten gefürchteten Störungsfällen, in welchen der zum Beispiel durch ein Ueberschlagsgeräusch an noch unbekannter Stelle sich ankündigende Fehlerort erst gesucht werden muss. Jedes Zuschalten der vollen Anodenspannung nach der Selbstabschaltung — dort wo eben nur diese

eine Möglichkeit vorgesehen ist — führt dann gewöhnlich augenblicklich wieder zur Ueberlastausschaltung, und man ist so klug als vorher. Dann beginnt — wenn sich nicht der Zeiger irgendeines Instrumentes wegen Ueberstrom ein paarmal um seine Achse gewickelt und so einen Hinweis auf den Fehlerort gegeben hat — jenes im wörtlichen Sinn auf Spürnase, nämlich nach Brandgeruch — angewiesene Herumsuchen im ganzen Sender, mit dem peinlichen Gefühl, gewissermassen die Sekunde im Genick zu haben, wegen des Bewusstseins, dass sogleich an allen vorhandenen Telephonen Rückfragen zu erwarten sind, als ganz natürliche Reaktion auf den Senderausfall; dabei möchten die Rufenden schon gerne wissen, wie lange der Senderausfall dauern wird, dies in einem Augenblick, in welchem die diensthabenden Beamten selbst noch keine Ahnung haben, was eigentlich passiert ist. Wenn auch erfahrenes und gut geschultes Personal gewöhnlich die schwachen Stellen der Sender nach einiger Zeit recht gut kennt, die meisten Senderausfälle also auf gleiche Ursachen zurückgehen und geringfügige Erscheinungen dann auch eine schnelle Diagnose und dementsprechende Fehlerbeseitigung ermöglichen, so kennt doch gerade der erfahrene Betriebsmann jene auch bei den bestgepflegten und modernsten Sendern vorkommenden Ausfälle, die zunächst gänzlich rätselhaft erscheinen und durch keine noch so raffinierte Schutz- und Anzeigeeinrichtung gemeldet werden. In solchen Fällen ist die Möglichkeit, die Anodenspannung der Leistungsstufen beliebig langsam hochfahren und dabei in aller Ruhe alle Instrumente beobachten zu können, für die Fehlersuche von unschätzbarem Vorteil, um so mehr, als bei der herabgesetzten Leistung verborgene Fehlerstellen — wenn einmal sonst gar nichts anderes übrigbleibt und aus den Instrumentausschlägen kein Schluss auf den Fehlerort gezogen werden kann — ruhig so weit «ausgebrannt» werden können, dass sie durch die Leuchterscheinung eines Funkens oder Lichtbogens sich verraten, ein Verfahren, das natürlich dort ganz unmöglich ist, wo nur die volle Anodenspannung mit einem Schlag oder einer Zwischenstufe eingetastet werden kann.*)

Wer mit der kontinuierlichen Hochfahreinrichtung der Endstufen-Anodenspannung zu arbeiten gewohnt ist, will sie nie mehr entbehren. Sie gibt zum Beispiel auch die Möglichkeit, etwa mit einer weichgewordenen Endröhre, die der vollen Anodenspannung nicht mehr ohne gehäufte Innenüberschläge standhält, oder anderen leichteren Defekten an Schwingkreisen und an Schaltelementen, bei entsprechend herabgesetzter Anodenspannung und Ausgangsleistung den Betrieb bis zur nächsten Senderpause ungestört fortführen zu können (Schonbetrieb), um dann erst in aller Ruhe die weiche Röhre zu ersetzen oder zu härten oder den sonstigen Schaden zu beheben.

Auch für den im Kriege oft mehrmals täglich schnell durchzuführenden Wellenwechsel am Umbausender war bei Inbetriebgehen nach durchgeführter Wellenumschaltung an Hand von Tabellen das langsame Hochschalten der Anodenspannung sehr erwünscht. Man fährt mit gedrückter Taste bis auf einige kV hoch und beobachtet, ob dabei alle Instrumente am Bedienungspult und in den verschiedenen Stutzen mit den zu erwartenden Anzeigewerten «kommen», verhält einen kurzen Moment, um die Lastauskopplung und die Feinabstimmungen nachzuziehen, und geht dann ruhig auf Vollast hoch. Wenn dabei einmal ein Windungsabgriff auf einem Variometer falsch gewählt oder ein falscher Tabellenwert an einer Abstimmskala eingestellt wurde, was bei schnellem Wellenwechsel passieren kann, so ist dies bei den niederen Anfahrspannungen sofort an einem Instrument ebenso erkennbar, wie etwa ungenügende Lastauskopplung an einem

*) Trotzdem verbleiben noch seltsame Ursachen von Senderausfällen. So fällt z. B. eines Tages beim Deutschlandsender, der mit Gruppen B+C arbeitet, der Sender durch Selbstabschaltung aus. Die 10-kV-Endanodengleichrichter waren durch die Blockierungsschleife «abgeworfen» worden. Da keine nähere Ursache durch ein Melderelais angezeigt und sonst nichts Verdächtiges bemerkt wird, schaltet der Senderbeamte die Gleichrichter sogleich wieder ein und fährt anstandslos hoch. Nach kurzer Zeit wiederholt sich dasselbe. Man nimmt schliesslich Gruppe A allein, dann B allein, dann C allein, immer das gleiche, nach einiger Betriebszeit wird der Sender wieder abgeworfen; obwohl das ganze greifbare Personal in allen Teilen des Senders, der Stromversorgungsanlage und im Antennenhaus beobachtet, es ist gar nichts Verdächtiges zu bemerken, und immer lässt sich der Sender nach dem Ausfall ohne weiteres wieder einlegen. Nach einiger Zeit ergibt sich folgende Erklärung: In den Anodenkreisen der RS 301 sind niederohmige Schutzwiderstände zur Begrenzung des Kurzschlußstosses bei Röhreninnenüberschlägen eingebaut, die durch einen Luftstrom gekühlt werden. Das Ansaugen der Frischluft erfolgt nahe dem Erdboden an der Nordaussenseite des Sendersaales. Dort waren zwei Spenglerlehrjungen mit irgendwelchen Reparaturen an einer Dachrinne beschäftigt. Der kalte Luftstrom an der durch ein Gitter verdeckten Ansaugöffnung störte sie, und einer kam auf die Idee, einen leeren Sack vorzuhalten; sie waren sehr erfreut, dass dieser durch die Saugwirkung von selbst an dem Gitter kleben blieb. Die Folge aber war, dass der Lüfter im Leerlauf arbeitete, der Kühlluftstrom blieb aus, und ein zum Schutz der hochbelasteten Widerstände für den Fall des Versagens der Lüfter eingebautes Windklappenrelais, welches in der Blockierungsschleife der Anodengleichrichter lag, schaltete pflichtgemäss die Gleichrichter und damit auch den Lüfter ab. Dadurch fiel auch der Sack von der Ansaugöffnung und der normale Betriebszustand war wieder hergestellt, so dass der Sender anstandslos wieder hochgeschaltet werden konnte, was nach einiger Zeit die Lehrjungen dazu veranlasste, das Spiel mit dem Sack zu wiederholen usw. Gerade dieses Windklappenrelais, das auch im jahrelangen Betrieb noch nie angesprochen hatte, war nicht mit Melderelais ausgestattet!

In einem anderen Falle wieder — bei einem norddeutschen Sender — wurde der Sender jedesmal beim Betätigen einer kleinen Hausluftschutzsirene, die im Gleichrichterraum montiert war, selbsttätig abgeschaltet. Es zeigte sich, dass ein Lüfter-Windklappenrelais eines Endstufen-Trockengleichrichterschrankes zufällig durch starke mechanische Resonanz bei einer bestimmten Frequenz des Heultones die Heizblockierungsschleife öffnete und damit — wie beim Ausfall der Kathodenheizung — den Sender abschaltete. Die Sirene wurde dann natürlich in einem entfernteren Raume montiert.

Schwingkreis am zu grossen Schwingstrom, dies bei einer Belastung, bei der noch keine Schäden entstehen können.

Gerade dadurch ist es zu erklären, dass auch bei dem jährlich vielhundertmaligen, jeweils in wenigen Minuten durchzuführenden Wellenwechsel der Umbausender — bei Mittelwellensendern in Friedenszeiten ein unbekannter Vorgang — Senderausfälle und Störungen, soweit sie auf technische Ursachen im Sender selbst und nicht auf Störungen der Programmzuleitung zurückzuführen sind, zu den grössten Seltenheiten gehörten, und dass die Ausfallzeit im Frieden kaum höher als 1...2% der Gesamtbetriebszeit lag.

Wie erwähnt, sind die ältern Sender I und der Deutschlandsender Herzberg in den Endstufen mit der Röhre RS 301 mit halbindirekt geheizter Rohrkathode ausgestattet. Für die Umbausender II der Mittelwellenanlagen, die in Anoden-B-Modulation betrieben werden, ist diese Röhre für die Gegentaktendstufen von 100...120 kW Antennenleistung zu gross und wäre daher schlecht ausgenützt. Auch hat die Type RS 301 den Nachteil einiger Transportempfindlichkeit; diese Röhren sind im allgemeinen mit Begleitmann verschickt worden, um sie vor rauher Behandlung beim Verladen zu schützen, weil solche wegen des grossen Systemgewichtes zu Haarrissen im Glastempel führen kann, also zu «Luftziehern». Auch ist mit vier Röhren RS 301 (zwei im Modulator und zwei im Oszillator) bequem ein 100 Prozent modulierbarer Träger von 170 kW zu erzielen. Daher ist für die Umbausender II eine kleinere Röhre RS 366 (Nutzleistung 70 kW, Anodenverlust 50 kW) entwickelt worden, die wieder mit der konventionellen Wolframkathode (425 A bei 17,5 V) ausgestattet ist und die, wie RS 301, häufig eine Lebensdauer von 20 000 Stunden und mehr aufweist, jedoch auch nur mit 10 kV betrieben wird. Auch hier wird die gleiche Röhre für HF- und NF-Gegentaktendstufe verwendet, und zwar auch im B-Modulator ohne Gittergleichspannungsquelle. Die Modulatorendröhren arbeiten somit mit der Gittervorspannung Null, so dass die steuernden klangfrequenten Gitterwechselspannungshalbwellen je Gegentaktseite — mit dem Momentanwert zwischen Null und Wechselspannungsscheitel schwankend — eine sehr veränderliche Wirklast von der Treiberstufe, die als A-Verstärker arbeitet, begehren. Es ist deshalb notwendig, die Treiberstufe mit einem Ballastwiderstand, der parallel zu der veränderlichen Gitterlast der Endstufe, also quer über die beiden Gegentaktgitter, geschaltet ist, dauernd vorzubelasten. Da der gesamte Niederfrequenzkanal ab Mikrophon bis einschliesslich Treiberstufe als A-Verstärker gitterstromlos im negativen Aussteuerungsgebiet betrieben wird, der Hauptanteil am Klirrfaktor also erst in der letzten NF-Leistungsstufe anfällt, besteht bei richtiger Bemessung dieses Gittervorbelastungswiderstandes keine Schwierigkeit, den hohen Anforderungen des deutschen Pflichtenheftes hinsichtlich der Verzerrungsfreiheit selbst mit alten Röhren zu entsprechen.

3. *Aussteuerungsgüte, Mess- und Ueberwachungsgestell*

Hinsichtlich der Senderaussteuerung waren im Pflichtenheft nach dem letzten Entwurf sehr strenge Forderungen vorgesehen, die auszugweise hier angeführt und die von den neueren Anlagen für Mittel- und Kurzwellenrundfunk erfüllt werden.

Der Aussteuerungsgrad m muss für alle Tonfrequenzen von 100 bis 3000 Hz 100 Prozent, bei 30 Hz noch 70 Prozent und bei 10 000 Hz noch 60 Prozent betragen. Dabei darf, bei für alle Tonfrequenzen gleichgehaltener Eingangsspannung am Kabelendverstärker, bei Belastung des Senders auf die Ballastantenne das dort gemessene m in bezug auf jenes bei 800 Hz und m = 50 Prozent nur folgende Abweichungen zeigen (*lineare* Verzerrung):

zwischen 50 und 7 000 Hz: ± 10 Prozent
zwischen 30 und 10 000 Hz: ± 20 Prozent

Dabei wird der Modulationsgrad m hinter einem linearen Hochfrequenzmessgleichrichter im Ballastantennenkreis mit einem den Effektivwert anzeigenden Instrument gemessen. An der mit 600 Ohm abzuschliessenden Modulationskabelleitung sind dabei 100...500 mV Modulationsspannung als verfügbar anzunehmen.

Der Klirrfaktor k ist das wichtigste betriebsmässig zu kontrollierende Mass für die *nichtlinearen* Verzerrungen. Bei den deutschen Sendern wird stets mit der Klirrfaktormessbrücke von Siemens & Halske bestimmt, welche die k-Messung bei allen Tonfrequenzen zwischen 30 und 5000 Hz ermöglicht. Bei den ausländischen Sendern findet man hierfür stets einfache Siebkettenmessgeräte für die Obertöne von 400 Hz, besonders häufig das Noise-and-Distortion-Meter der General Radio Co. (Massachusetts USA), ein einfaches Gerät, das eine schnellere Betriebsmessung ermöglicht, als dies mit der Brücke möglich ist, aber auch nur eine Messung mit nur einer Frequenz (400 Hz). Praktisch ist — von Abnahmemessungen abgesehen, wo zusätzlich tragbare Messgeräte verfügbar sind — auch in Deutschland betriebsmässig die Klirrfaktormessung aber auch immer nur bei einer Frequenz (800 Hz) durchgeführt worden, schon deshalb, weil nur ein klirrarmer Röhren-Summer (Eigen k $\leqq$ 2 ‰) für diese eine Frequenz im Klirrfaktormessgestell vorgesehen ist, so dass der Vorteil der k-Brücke, bei allen Frequenzen bis 5000 Hz messen zu können, gar nicht ausgenützt wird. Denn der Schwebungssummer des später noch beschriebenen Pegelschreibers liefert keine für k-Messungen genügend reinen Sinustöne, müsste also für solche Messungen mit zusätzlichen Stromreinigern versehen werden, die gestellmässig nicht vorgesehen sind. Man kann daher sehr wohl der Meinung sein, dass der Aufwand für die Klirrfaktormessbrücke, die teuerer ist als ein Siebkettenmessgerät von der Art des Noise-and-Distortion-Meters, nicht gerecht-

fertigt ist, da die Brücke betriebsmässig doch nur für die k-Messung bei einer Frequenz verwendet wird.

Bei den anodenmodulierten Sendern sind folgende k-Werte bei den Modulationsfrequenzen 110, 800 und 3000 Hz zugelassen:

m in Prozenten	k_{800} Hz	$k_{110,\ 3000}$ Hz
20	2,0	2,0
40	2,0	2,5
60	2,5	3,0
80	3,0	4,0
90	4,0	6,0
100	8,0	10,0

(Bei Kurzwellensendern 0,5 Prozent höhere Werte.)

Die sehr harten Forderungen des letzten deutschen Pflichtenheftentwurfes zeigen, was für erreichbar gehalten wird, da diese im Einvernehmen mit der Fachindustrie von der Postverwaltung aufgestellt wurden. Tatsächlich aber sind bei den Abnahmeversuchen, bei denen der Entwurf des neuen Pflichtenheftes noch nicht verbindlich war, stets für 800 Hz bei m = 80 Prozent ein k von höchstens 4 Prozent und bei m = 100 Prozent ein k von höchstens 10 Prozent noch zugelassen worden, also etwas mildere Forderungen.

Für gittermodulierte Rundfunksender und Gleichwellensender gilt:

für m =	20	50	70	80	100
k bei 110, 800, 3000 Hz	2,0	3,0	4,0	6,0	10,0

Für Gleichwellensender mit hochgesetzter Trägerleistung:

für m =	20	50	60	70 %
k bei 110, 800, 3000 Hz	2,0	3,5	6,0	10,0

Bei allen neueren deutschen anodenmodulierten Sendern müssen an die Ausgänge *aller* NF-Stufen, vom Kabelendverstärker angefangen bis einschliesslich der Endstufe, Messleitungen über entsprechende Spannungsteiler angeschlossen sein, die zum Buchsenfeld des Mess- und Ueberwachungsgestelles geführt sind und dort gleichstromfreie Meßspannungen von etwa 0,5 V liefern beim Betriebsmodulationsgrad des Senders, der 80 Prozent beträgt und täglich vor Betriebsbeginn durch Pegeln mit dem 800-Hz-Ton eingestellt wird (bei gitterspannungsmodulierten Sendern 70 Prozent, bei Gleichwellensendern 50 Prozent). An das Buchsenfeld ist auch der Eingang der Klirrfaktormessbrücke und des Pegelschreibers geführt, so dass für schnelle Kontrollen der linearen und nicht-linearen Verzerrung an allen NF-Stufen am Buchsenfeld Messpunkte verfügbar sind. Hochfrequenzmessgleichrichter sind im Senderausgang, im Ballastantennenkreis und — bei den gitterspannungsmodulierten Sendern — auch in den andern Ausgängen modulierter Senderstufen vorgesehen und so angekoppelt, dass sie einen genormten Richtstrom (25 mA) für den normalen unbesprochenen Träger über ein kapazitätsarmes Kabel an eine genormte Endschaltung im Ueberwachungsgestell liefern. Auch diese Ausgänge sind am Buchsenfeld in der Ausführung von Siemens & Halske verfügbar. Klinken mit Stöpselschnüren werden in Messfeldern nicht mehr verwendet, sondern nur Buchsenfelder mit geschirmten Schnüren und dreifachen Bananensteckern (3. Buchse ist Schirm-Erde).

Am Buchsenfeld sind somit alle wesentlichen Betriebsmessungen und Fehlereingrenzungen in bequemer Weise und rasch durchführbar. Höchst- und Mindestwertzeiger sind dauernd an den Ausgangs-Hochfrequenzmessgleichrichter zur laufenden Ueberwachung des Aussteuerungsgrades angeschaltet und das Anzeigeinstrument des Höchstwertanzeigers ist am Bedienungspult und zuweilen im Bureau des Sendeleiters wiederholt. Ein von einer Aussenantenne, also aus dem Strahlungsfeld gespeister Empfänger in Sonderausführung versorgt einen hochwertigen Ueberwachungslautsprecher zur laufenden akustischen Kontrolle der Aussendung. Freilich sind die Sendersäle akustisch wenig geeignet für eine hochwertige Wiedergabe, so dass die akustische Senderüberwachung durch den diensttuenden Senderbeamten ein kaum befriedigend zu lösendes Problem darstellt.

An den Modulationskabel*eingang* ist übrigens ein als Aussteuerungsmesser bezeichnetes Ueberwachungsgerät geschaltet, ein Impulsmesser, wie Höchstwert- und Mindestwertzeiger. Auf dem Bedienungspult ist ein Kipptaster vorgesehen, mit zwei Stellungen «Vor dem Sender» und «Hinter dem Sender», der den Ueberwachungslautsprecher sinngemäss umschaltet und einen sofortigen Vergleich des Programmeinganges mit der Sendermodulation ermöglicht und damit bei schlechter Wiedergabe die sofortige Feststellung, ob der Sender oder das Funkhaus (Aufnahmeraum) die Ursache einer Verzerrung ist. Normalstellung ist natürlich «Hinter dem Sender». Kathodenstrahloszillographen werden in den deutschen Sendern im Gestelleinbau nicht verwendet, sind aber in der Regel als tragbares Gerät vorgesehen.

Die Höchstwertanzeiger (Impulsmesser) sollen bei Dauermodulierung öfters mit dem 800-Hz-Messton hinsichtlich richtiger m-Anzeige geprüft werden, da die richtige tägliche Sendereinpegelung des Betriebsmodulationsgrades davon abhängt. Bekanntlich ist dies in einfacher Weise mit einem guten Kathodenstrahloszillographen durch Ausmessen der Träger- und der NF-Amplitude am Schirmbild möglich. Die Messung des m nahe 100 Prozent ist damit etwas unsicher. Zumindest bei Abnahmemessungen sollte daher daneben ein genaueres Verfahren verwendet werden. Von mehreren möglichen Verfahren hat es sich nach meiner Erfahrung am besten bewährt, hinter dem Hochfrequenzmessgleichrichter mit einem genau geeichten elektrostatischen Niedervoltinstrument (20-V-Licht-

zeigerinstrument von Hartmann und Braun oder elektrostatisches Lichtmarkenspannbandinstrument von Siemens & Halske) einerseits — nach Ueberbrückung des normal zum Abhalten der Gleichspannung vorgeschalteten Kondensators — bei Normalträger die Trägeramplitude (U_{tr}) zu messen und anderseits nach Entfernung der C-Ueberbrückung bei verschiedenen Modulationsgraden den Effektivwert der NF-Amplitude U_m bei 800 Hz. Das Verhältnis des Scheitelwertes dieser NF-Amplitude, der auch bei den höchsten zulässigen Verzerrungen noch genügend genau mit $U_m \sqrt{3}$ gegeben ist, zu U_{tr} gibt den Aussteuerungsgrad m.

Voraussetzung aller Modulationsgradmessungen ist, dass der Sender bei den höheren Werten von m keine Trägerverlagerung (Absinken der Trägeramplitude) zeigt, weil dann die Modulation unsymmetrisch, also verschieden für die beiden Halbperioden der modulierenden Tonfrequenzspannung ist; das m ist dann nicht mehr eindeutig definiert und es gibt eigentlich zwei Modulationsgrade, die Aussteuerung ist nicht einwandfrei vom Standpunkte der hohen Güteforderungen, die an die Rundfunksender zu stellen sind.

Alle deutschen Grossrundfunksender sind überdies im Ueberwachungsgestell mit dem selbsttätigen Pegelschreiber von Siemens & Halske ausgestattet, der zur Kontrolle der *linearen* Verzerrungen dient. Er besteht aus einem durch Uhrwerk angetriebenen Schwebungssummer für den Tonfrequenzbereich von 30...10.000 Hz, der (über eine Eichleitung und ein Messfeld zur Pegeleinstellung) auf den Sendereingang an Stelle des Modulationskabels geschaltet wird, wobei der Hochfrequenzmessgleichrichter des Senderausganges auf den Pegelschreiber arbeitet. Durch Druck auf den Startknopf des Schwebungssummers wird dessen Antrieb ausgelöst und kurz nachher selbsttätig ein Startstoss über den Messkreis (Sender) gegeben, der seinerseits den Federantrieb des Pegelschreibers (Tintenschreiber) auslöst, so dass dieser synchron mit dem Ablauf des Schwebungssummers das mit logarithmischer Frequenzskala versehene, auf einer Rolle gestapelte Papier vorzieht. Während also der Schwebungssummer den Sender kontinuierlich mit dem eingestellten Messpegel mit den Tonfrequenzen von 30...10 000 Hz mit gleichbleibender NF-Amplitude moduliert, zeichnet der Tintenschreiber auf dem Meßstreifen über der dazugehörigen Frequenzskala die Frequenzkurve des Senders auf. Beim Ueberschreiten der Frequenz 10 000 Hz wird der Schreiber selbsttätig angehalten, während der Schwebungssummer nach seinem Nullpunkt zurückkehrt. Zur Kontrolle des Gleichlaufes des Schwebungssummers mit dem Tintenschreiber, das heisst des richtigen Startes des Schreibers und damit der richtigen Lage der Frequenzskala des Papiers, wird beim Durchlaufen z.B. der Frequenz 800 Hz durch einen Taster von Hand aus ein Stoss über das System gegeben, der eine tiefe Zacke in der Frequenzkurve am Tintenschreiber verursacht, die natürlich dort liegen muss, wo auf der Frequenzskala die Zahl 800 Hz vorgedruckt ist.

Auf die gleiche Weise werden übrigens auch seit langem die Rundfunk-Kabelleitungen laufend hinsichtlich ihres Frequenzganges überwacht, oder auch die Einheit: Leitung plus Sender, oder sonstige Senderteile, die auf dem Buchsenfeld des Ueberwachungsgestelles mit Messpunkten zugänglich sind. Der selbsttätige Ablauf liefert in wenigen Minuten die ganze lückenlose Frequenzkurve. *Nur* durch diese kontinuierliche Frequenzkurve werden gewisse merkwürdige Fehler durch Unregelmässigkeiten in der Kurve erkennbar, deren Auffindung bei der punktweisen Aufnahme kaum oder nur durch Zufall möglich ist. So sind mir zwei Fälle von mechanischen Röhrenresonanzen als Ursache linearer Verzerrung in Erinnerung, die so entdeckt wurden; in einem Falle bei einer NF-Vorstufe eines deutschen Senders, im zweiten Falle bei der Endstufenmodulationsröhre eines ausländischen Senders. Im ersten Falle handelte es sich um einen Typenfehler einer bestimmten Produktionsserie, der — so erkannt — dann leicht behoben werden konnte, im zweiten Falle anscheinend nur um einen Herstellungsfehler des betreffenden Röhrenexemplares. Dort war die offenbar durch elektrostatische Kräfte bewirkte mechanische Resonanz des Gittersystems bei einer ganz bestimmten Tonfrequenz so ausgeprägt, dass schliesslich die Röhre durch Bruch einer Schweissung in ihrem Gittertragsystem ausfiel; denn bei jedem Vorkommen der kritischen Resonanztonfrequenz im Programmablauf wurde das Tragsystem des Gitters zu mechanischen Schwingungen mit grosser, mit freiem Auge feststellbarer Amplitude angeregt, weil im Vakuum die Luftdämpfung fehlt.

Diese Einrichtung hat sich in jahrzehntelangem Gebrauch ausgezeichnet bewährt als sicherstes Mittel zur laufenden Aufrechterhaltung eines hohen Standards der Uebertragungsgüte zwischen Aufnahmemikrophonverstärker und Senderstrahlungsfeld. Mir ist von ähnlichen Einrichtungen zur selbsttätigen, *kontinuierlichen* Frequenzpegelung ausländischer Bauart nichts bekannt geworden, vielmehr wird dort punktweise mit einzelnen ausgewählten Frequenzen die Frequenzkurve in einem zeitraubenden Verfahren gewonnen.

Mit der beschriebenen Messeinrichtung ist das Siemens-&-Halske-Mess- und Ueberwachungsgestell aller deutschen Rundfunk- und Kurzwellenrundfunksender ausgerüstet, wobei der automatische Pegelschreiber bei den kleineren Sendern fehlt. Jeden Monat mindestens einmal wurde die Frequenzkurve geschrieben, der 800-Hz-Klirrfaktor gemessen und die Gesamtausfallzeit jedes Senders in Minuten festgestellt und diese Messergebnisse (neben anderen) einer zentralen Ueberwachungsstelle im Reichspostzentralamt Berlin eingesandt. Dieser Umstand allein gibt schon einen ausreichenden Antrieb für die Senderleiter, alles zu tun, um den technischen Zustand ihres Senders auf einem hohen Niveau zu halten.

Es empfiehlt sich weiter — selbstverständlich nicht nur bei den Abnahmeversuchen, sondern auch sonst öfter — den Sender mit $m_{800\ Hz} = 100$ Prozent hart zu stossen (von m = 0 ab). Ein in allen seinen Teilen spannungssicherer Sender muss dies beliebig oft hintereinander aushalten. Bei dieser strengen Prüfung werden alle spannungsschwachen Stellen ebenso offenkundig, wie etwa zu knapp eingestellter Ueberstromschutz, das heisst es ergeben sich zum Beispiel in den Endstufen- und Ausgangsschwingkreisen Hochfrequenz-Hochspannungsüberschläge oder Ueberschläge an Drosseln in Anodenspannungssiebketten und dergleichen. Diese Teile sind dann als schwache Punkte erkannt und zu verbessern oder zu ersetzen, und es bleiben dem Betrieb Senderausfälle erspart, die sich sonst bei Modulationsstössen während des Programmablaufes ergeben, wie solche gelegentlich von Unaufmerksamkeiten des Tonmeisters bei der Pegelüberwachung oder bei Schaltfehlern in den Rundfunkverstärkerämtern und dergleichen immer wieder vorkommen können. *Nur* so ist das Senderpersonal dazu zu erziehen, dass, nach durchgeführtem Einpegeln des Senders vor Betriebsbeginn, mit dem Messton 800 Hz am Verstärkungsgrad während des Programmablaufes unter keinen Umständen mehr etwas herumreguliert wird. Die Aussteuerung muss der Verantwortung einer einzigen Stelle, nämlich dem die laufende Programmwidergabe überwachenden Tonmeister des Aufnahmeraumes, überlassen bleiben. Nur dann ist der gröbste Fehler im laufenden Rundfunksenderbetrieb, nämlich längere Ausstrahlung mit zu geringer Aussteuerung, wirklich auf ein Mindestmass herabzusetzen. Hat aber das diensthabende Senderpersonal einmal Angst vor jeder Uebersteuerung, dann ist es auch nicht davon abzubringen, zur Vermeidung von Senderausfällen die Verstärkung am Modulationskabelendverstärker zurückzudrehen, wenn der Höchstwertzeiger häufiger und kräftig über den roten Strich hinaus ausschlägt. Es darf nicht sein, dass es dann jeden Moment einen Senderausfall befürchten muss, was dann und nur dann nicht der Fall ist, wenn es selbst vom regelmässigen Stossen des Senders her weiss, dass dem Sender nichts passiert, was immer auch das Modulationskabel bringt. In einem gutgeführten Rundfunkbetrieb hat der diensthabende Senderbeamte bei längerer Unter- oder Uebersteuerung telephonisch den Aufnahmeraum davon zu verständigen und Abhilfe zu begehren, keinesfalls aber selbst in der einen oder anderen Richtung nachzuhelfen. Dies muss die Regel sein, und Ausnahmen sind nur zulässig, wenn einmal Mängel am Sender während des Betriebes erkannt wurden und der Sender, zur Vermeidung von Ausfällen, kurzzeitig einen Schonbetrieb führen muss bis zur nächsten Betriebspause, welche die Behebung des Mangels ermöglicht.

Trotz dieser strengen Dienstanweisung hat es im deutschen Rundfunkbetrieb immer wieder gelegentlich Reibereien zwischen dem von der Reichsrundfunkgesellschaft (RRG) geführten Programmbetrieb in den Funkhäusern und dem von der Reichspost geführten Senderbetrieb bezüglich des Aussteuerungsgrades gegeben. Fast stets in dem Sinne, dass die Ueberwachungsstellen der RRG über zu geringe Senderaussteuerung Klage führten, die Senderleiter über zu grosse oder zu geringe Aussteuerung am ankommenden Modulationskabel. Die Nachprüfung ergab dann gewöhnlich, wenn die RRG im Recht war, dass der Sender nicht in stossfestem Zustand war, das Personal also begreiflicherweise aus dem vorbeschriebenen Grund Neigung hatte, den Sender überängstlich durch eigene Massnahmen vor Uebersteuerungen zu schützen, um in den monatlichen Meldungen nicht eine zu grosse Ausfallminutenzahl melden zu müssen und sich die eigene Qualifikation zu beeinträchtigen. Im andern Falle, also wenn die RRG im Unrecht war, war der Fehler der unrichtigen Aussteuerung wohl — abgesehen von Unaufmerksamkeiten — stets darin begründet, dass die Aussteuerungsüberwachungsgeräte der Aufnahmestellen aus an sich richtigen akustischen Erwägungen, die sich auf die logarithmische Ohrempfindlichkeit nach dem Weber-Fechnerschen Gesetz gründen, mit logarithmischen Anzeigeinstrumenten ausgestattet sind. Auf dieser logarithmischen Skala sind die hohen Aussteuerungsgrade von etwa 70 Prozent aufwärts am Ende der Skala zusammengedrängt. Der Sender, als maschineller Umformer hoher Leistung von Drehstrom 50 Hz über Gleichstrom in Hochfrequenz, muss mit linear anzeigenden Aussteuerungsmessgeräten an seinem Ausgang überwacht werden. Aus dieser Diskrepanz der Aussteuerungsüberwachung an einer logarithmischen Skala im Aufnahmeraum einerseits und an einer linearen Skala im Senderraum anderseits erklärt es sich, dass der vorsichtige Tonmeister dazu neigt, zu wenig zu modulieren, weil die hohen Modulationsgrade auf der Skala seines Ueberwachungsinstrumentes zu sehr zusammengedrängt sind, so dass er sich also lieber dort bewegt, wo er noch gut ablesen kann und wegen der künstlerischen Ueberwachung des Programmablaufes, namentlich bei Musik, keine Beanstandungen zu erwarten braucht, während der energisch veranlagte Tonmeister eher zuviel «aufdrehte», ohne an dem unbrauchbaren oberen Skalenteil seines Instrumentes wirklich beurteilen zu können, dass er eventuell dem Sender wehtut. Der richtige Ausweg aus diesem Zwiespalt wäre wahrscheinlich der, dem Tonmeister ein Doppelinstrument zu geben mit einer in erster Linie zu beobachtenden logarithmischen Skala und einer darüber oder daneben angeordneten, gelegentlich zu beobachtenden linearen Skala, was ihn durch Uebung dazu bringen würde, zwar einen durchschnittlich hohen Aussteuerungsgrad einzustellen, ohne jedoch längere Zeit oder heftig zu übersteuern. Den selben Zweck erfüllt vermutlich auch ein Instrument, bei welchem an die Stelle der zweiten linearen Skala eine Glimmlampe tritt, die von einem Thyratron, bei einstell-

baren Modulationsspitzen, gesteuert wird und jedesmal blinkt, wenn der eingestellte Modulationsgrad überschritten wird, ein vorzüglicher optischer Warner, der sich in dem bekannten, auch in Europa weitverbreiteten Aussteuerungsmesser der General Radio Co. (Modulation monitor) sehr bewährt hat.

Einen ziemlich guten Schutz vor groben Unregelmässigkeiten der Aussteuerung bildet — auf Kosten der Klanggüte und zugunsten eines hohen durchschnittlichen Modulationsgrades — ein guter Dynamikkompressor. Solche sind während des Krieges in ausgedehntem Masse für die Nachrichten- und Propagandasendungen angewendet worden. Gute Ausführungen sind anglo-amerikanischen Ursprungs; die Entwicklung solcher Geräte in Deutschland hat sich vornehmlich auf das Nachbauen beschränkt. Sie gehören nicht zum Sender, sondern in das Funkhaus (Aufnahmeraum). Vereinzelt findet man bei Sendern deutscher und ausländischer Bauart Modulationsbegrenzer in irgendeiner NF-Vorstufe, die mit einer Glimmlampe arbeiten, die quer über eine Wicklung eines NF-Uebertragers geschaltet ist. Bei Erreichen einer bestimmten Modulationsspitzenspannung wird die Zündspannung der Glimmlampe erreicht, und die Spannung bricht durch die Belastung des Uebertragers mit der gezündeten Lampe zusammen, wird also abgesenkt. Eine Glimmlampe ist zwar ein gutes Anzeigegerät, als Messgerät aber wenig geeignet. Nicht nur dass Glimmlampen mit der Zeit immer härter werden, die Zündspannung sich daher nach höheren Werten verschiebt, vielmehr ist diese auch von verschiedenen Einflüssen der Herstellung und der Umgebung abhängig (Licht, Temperatur, benachbarte Hochfrequenzfelder). Daher ist der Zündzeitpunkt nicht exakt definiert und deshalb haben sich diese Modulationsbegrenzer nach meiner Erfahrung nirgends bewährt, sie schaden zuweilen mehr, als sie nützen sollen, und man findet sie deshalb gewöhnlich unwirksam oder seitens des Personals ausgeschaltet.

(Fortsetzung folgt.)

Le téléphone aux Etats-Unis d'Amérique

Par *Alfred Langenberger*, Berne 654.15(73)

Nos lecteurs savent que le téléphone est d'un usage extrêmement répandu aux Etats-Unis d'Amérique. On le considère, à juste titre, comme une chose qui doit être à la disposition de chacun et dont nul ne saurait se passer. Avec une population s'élevant à 6 % de celle du globe, ce pays possède plus de la moitié des téléphones installés sur notre terre.

Relevons d'emblée que le service téléphonique américain est entièrement aux mains de compagnies privées. C'est dire qu'il est d'excellente qualité. Il s'améliore continuellement et est en passe d'atteindre, dans un avenir rapproché, un degré de perfection difficile à dépasser. Ce succès est l'œuvre incontestable du «Bell System», l'organisation de télécommunications la plus grande de l'Union comme aussi la plus importante du monde. Par les travaux et les découvertes de ses laboratoires, par la qualité du matériel fabriqué par ses usines, elle a contribué pour une très large part aux immenses progrès réalisés dans ce domaine des télécommunications.

Avant 1921, il était courant de trouver deux compagnies concurrentes opérant dans la même localité ou la même région. Le peuple américain s'est rendu compte qu'en définitive, cet état de choses lui procurait plus d'inconvénients que d'avantages. Pour mieux sauvegarder ses intérêts, son Congrès a adopté, en 1921, la loi Graham, libérant ainsi les compagnies téléphoniques des dispositions de la loi antitrust Sherman. L'interprétation juridique de cette loi Graham a permis aux compagnies exploitantes de s'entendre, de se grouper et de conclure des accords reconnaissant à chacune d'elles un monopole de fait en matière d'exploitation téléphonique dans les régions qu'elles s'attribuaient d'un commun accord.

D'autre part, il avait été jugé utile d'instaurer déjà en 1919 un contrôle officiel des prix des prestations des compagnies téléphoniques. A cet effet, presque chaque Etat de l'Union a créé une «Public Service Commission». Toute compagnie opérant dans un Etat est obligée de soumettre ses tarifs ou modifications de tarifs ainsi que tous les changements envisagés dans l'exécution du service à l'approbation de la commission. Quand elle l'estime justifié, celle-ci peut imposer des modifications de tarifs et même d'exploitation. Quant au service téléphonique inter-Etats, il est également soumis à un contrôle officiel, celui de la «Federal Communications Commission».

Actuellement, le service téléphonique aux Etats-Unis est assuré par quelque 6000 compagnies privées. Le «Bell System» y compris l'«American Telephone and Telegraph Company» et ses 22 compagnies affiliées dessert plus de 30 000 000 d'abonnés. Les autres entreprises ou «compagnies indépendantes» groupent environ 6 500 000 abonnés. Il convient aussi de mentionner les 60 000 associations de fermiers qui possèdent leurs propres installations téléphoniques. Par accords conclus avec le «Bell System», ces compagnies indépendantes peuvent profiter de tous les avantages offerts à ses abonnés, par l'intermédiaire de son immense réseau interurbain, couvrant tout le territoire de l'Union et une partie du Canada, et de ses nombreuses relations par sans fil avec les autres continents.

CHAPITRE I

Organisation du «Bell System»

Sous la dénomination de «Bell System», on comprend l'ensemble constitué par l'«American Telephone