

## Zur Frage niederfrequenter Rundfunkstörungen bei Gleichrichterspeisung.

(Mitteilung aus dem Reichspost-Zentralamt.)

Von Rudolf Moebes, Berlin.

**Übersicht.** In Gleichspannungsnetzen mit Gleichrichterspeisung treten häufiger niederfrequente Rundfunkstörungen auf. Die Stärke der Störungen ist einerseits von der Größe und Frequenzzusammensetzung der bei der Erzeugung bzw. Umformung der Netzspannung entstehenden Oberwellenspannung und andererseits von der Störeffektivität der Rundfunkgeräte abhängig. Um einen Überblick über die in Gleichrichternetzen tatsächlich vorhandenen Wellenspannungen zu gewinnen, wurden in verschiedenen Gegenden Deutschlands an einer größeren Zahl von Gleichrichternetzen, die aus Sechsstufen-Gleichrichtern gespeist werden, Untersuchungen durchgeführt. Ebenso wurde eine größere Zahl von Rundfunkempfängern daraufhin untersucht, welche überlagerten Tonfrequenzspannungen in der speisenden Gleichspannung zulässig sind, ohne daß eine niederfrequente Störung im Lautsprecher hörbar wird. Über diese Untersuchungen und ihre Ergebnisse wird berichtet.

Gleichspannungsnetze führen in der Regel keine reine Gleichspannung, sondern enthalten auch eine überlagerte Wechsellspannung, deren Größe und Frequenzzusammensetzung je nach der Art des Gleichstromerzeugers bzw. Umformers und nach dem Widerstand des Netzes verschieden ist. Besonders Netze, die durch Gleichrichter gespeist werden, weisen im allgemeinen eine größere Welligkeit auf. Die Zahl der Gleichspannungsnetze ist in verschiedenen Gegenden Deutschlands, z. B. in Bayern und Mecklenburg, vornehmlich in mittleren und kleineren Städten, recht beträchtlich. Der Einsatz von Gleichrichtern zur Erweiterung bestehender Netze hat in den letzten Jahren eine merkliche Steigerung erfahren. Die Gleichrichter übernehmen dann gewöhnlich den normalen Dienst, während die bisher benutzten Maschinen nur im Bedarfsfalle, beim Auftreten größerer Belastungen, verwendet werden. In vielen Fällen ist dabei das Lichtnetz als Dreileiternetz ausgestaltet, bei dem der Gleichrichter auf die Außenleiter arbeitet, während parallel zu ihm ein Spannungsteiler in Form eines Ausgleichs-Umformersatzes bzw. Gleichrichtersatzes oder auch einer Batterie liegt, von deren Mitte der Nulleiter abgenommen wird.

Im Anschluß an Gleichrichternetze zeigen Gleich- oder Allstromnetzempfänger oft einen Störton, der in Lautstärke und Klangfarbe dem Oberwellengehalt des Netzes entspricht und zu mindesten in den Pausen oder bei Pianostellen den Rundfunkempfang störend beeinträchtigt. Diese Störungen würden auch beim Übergang zu hochfrequentem Drahtfunk bestehen bleiben. Von dieser Störung werden nicht nur ältere und kleinere Empfänger betroffen, sondern man findet sie auch bei einer Anzahl neuerer Geräte vom Baujahr 1932/33 und später. Z. B. tritt beim VE 301 G, der ja in gewisser Hinsicht als Standardgerät anzusehen ist, die Störung häufig stark in Erscheinung. Rein technisch sind diese niederfrequenten Störungen nachträglich sowohl an Gleichrichter durch Einbau einer Glättungseinrichtung, bestehend aus Begrenzungsrossel und Saugkreisen, als auch auf der Empfängerseite durch Vorschaltfilter hinreichend zu senken, es ist dies nur eine Frage des genügend großen Aufwandes an Siebmitteln. Zum Teil haben die Empfängerbaufirmen bereits seit längerer Zeit den Verhältnissen gerecht zu werden versucht, indem sie ihre Empfänger an als wellig bekannten Netzen oder an Gleichrichtern im Versuchsraum auf genügend geringe Störeffektivität erproben. Teilweise wird auch von den Starkstromfirmen beim Aufstellen eines Gleichrichters von vornherein durch Einbau einer Kathodendrossel zur Herabsetzung der natürlichen Wellenspannung Wesentliches beigetragen, doch ist in dieser Hinsicht das Vorgehen bisher nicht einheit-

lich. Es gibt eine Reihe von Gleichrichternetzen, in denen keine oder keine nennenswerten niederfrequenten Störungen auftreten. Ihnen stehen andere, von Gleichrichtern gespeiste Versorgungsnetze gegenüber, aus denen Störungsmeldungen in größerem Umfange eingehen. Diese Verschiedenheit deutet darauf hin, daß die im Netz auftretenden Wellenspannungen in Größe und Frequenzzusammensetzung erhebliche Abweichungen zeigen können, wie auch andererseits die Möglichkeit besteht, daß einzelne Empfängerarten, die in dem Gebiet zufällig viel verwendet werden, eine besonders hohe Störeffektivität aufweisen. Unter diesen Umständen erscheint es wünschenswert, eine Norm zu finden, die für die Netzseite eine höchstzulässige Welligkeit vorschreibt und für die Empfänger die Wellenspannungen festsetzt, welche noch ertragen werden müssen, ohne daß der Empfang dadurch gestört wird. Dabei muß ähnlich wie in der Fernsprechtechnik die Ohreffektivität berücksichtigt werden. Wegen der Frequenzkurve der Empfänger wird es u. U. richtig sein, die Bewertung der einzelnen Frequenzen für den Rundfunkempfänger etwas anders festzusetzen, als es sich in der Fernsprechtechnik als erforderlich erwiesen hat. Als Vorarbeit für eine derartige Normung wird es sich darum handeln, aus einer größeren Zahl von Messungen einen Überblick zu gewinnen, welche Wellenspannungen in der Praxis in Gleichrichternetzen durchschnittlich auftreten und welche Wellenspannungen bei den einzelnen Frequenzen in einer größeren Zahl gebräuchlicher Empfänger Störungen hervorrufen.

Zur Klärung dieser Fragen sollen die nachstehenden Ausführungen einen Beitrag liefern. Sie bringen die Ergebnisse von Messungen, die an einer Reihe von Gleichrichternetzen im Dienst durchgeführt wurden und einen Überblick über tatsächlich auftretende Wellenspannungen und ihre Frequenzzusammensetzung geben. Soweit wie möglich wurden dabei gleichzeitig bei Rundfunkteilnehmern Beobachtungen über das Auftreten von Störungen durchgeführt. Sie enthalten weiterhin aus einer großen Zahl von Messungen an vorjährigen Rundfunkempfängern im Prüfraum Zahlenwerte, welche Wellenspannungen im Durchschnitt von diesen Empfängern ohne Störung der Wiedergabe ertragen werden konnten.

Außerdem sei noch auf folgendes hingewiesen: Die Größe und Zusammensetzung der Wellenspannung von Gleichrichtern selbst ist aus zahlreichen Untersuchungen bekannt. In Zahlentafel 1 sind z. B. die Werte für den Zahlentafel 1. Rechnerischer Effektivwert der Oberwellenspannung bei voll ausgesteuerten Gleichrichtern und Leerlauf.

Frequenz Hz	Oberwellenspannung		
	in Prozent der Gleichspannung %	bezogen auf 220 V V	
	sechsstufig		
300	4,05	rd. 9	Summe der Frequenzen 600 bis 1200 Hz 1,12% $\approx$ 2,5 V
600	0,99	rd. 2,2	
900	0,44	rd. 1	
1200	0,25	0,55	
zus.	4,2	rd. 9,3	
	dreistufig		
150	17,7	rd. 39	Summe der Frequenzen 300 Hz und darüber rd. 4,6% $\approx$ 10,2 V Summe der Frequenzen über 300 Hz rd. 2,15% $\approx$ 4,75 V
300	4,05	rd. 9	
450	1,77	rd. 3,9	
600	0,99	rd. 2,2	
750	0,63	rd. 1,4	
900	0,44	rd. 1	
1050	0,32	rd. 0,7	
1200	0,25	0,55	
zus.	18,3	rd. 40	

vollausgesteuerten Gleichrichter bei Leerlauf unter der Voraussetzung einer Sinusform der zugeführten Wechselspannung in Prozenten der Nennspannung und auch als Absolutwerte für 220 V Netzspannung aufgeführt. Verschiedene Anordnung der zum Gleichrichter gehörigen Regeleinrichtungen, Parallelarbeiten von Maschinen, Batterien oder weiteren Gleichrichtern, Verzerrung der Wechselspannungskurve, Netzverhältnisse, fehlerhaftes Arbeiten des Gleichrichters u. a. mehr können aber ohne Zweifel erhebliche Abweichungen der Wellenspannung von den normalen Werten im günstigen oder ungünstigen Sinne hervorrufen. Für das Auftreten von Störungen ist aber nur die durch Zusammenwirken aller Faktoren ins Netz hinausgehende Wellenspannung entscheidend. Daher erschien es notwendig und richtig, die Messungen ohne Untersuchung des Aufbaus der einzelnen Gleichrichterwerke an der Verteilungstafel vor dem Austritt ins Netz vorzunehmen. Demgemäß wurde auch im Rahmen dieser Messungen zunächst davon abgesehen, die Ursache für etwaige auffallende Werte der Wellenspannungen zu klären, vielmehr sollten rein statistisch unter genauer Darlegung des Meßverfahrens festgestellte Werte zusammengetragen werden.

Die Wellenspannung wurde gemessen mit einem Wechselspannungsmesser für Schwingungszahlen bis 10 kHz unter Vorschaltung eines Kondensators von 16 µF. Vergleichsweise wurden nebeneinander Detektor- und Hitzdrahtgeräte mit einem inneren Widerstand von 2 bis 20 kΩ verwendet. Die Meßwerte stimmten, wie zu erwarten, innerhalb der Meßgenauigkeit der einzelnen Spannungsmesser überein. Bei dem im Verhältnis zum Spannungsmesswiderstand geringen Widerstand des Kondensators liegt zumal bei der um etwa 90° verschobenen Phase der Teilspannungen tatsächlich die gesamte Wellenspannung auch bei den tieferen Frequenzen am Spannungsmesser.

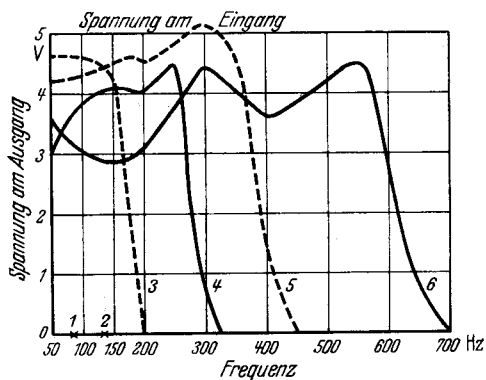


Abb. 1. Dämpfungskurven der Siebkette in den Schalterstellungen 3 bis 6 bei 600 Ω Abschlußwiderstand.

Die Wellenspannung wurde weiterhin mit einer Drosselkette zergliedert und in einem Oszillographen aufgezeichnet. Mit Rücksicht auf die Anpassung der Siebkette und die notwendige Stromentnahme für den Oszillographen wurde bei der Messung von Sechspannen-Gleichrichtern der Widerstand des Spannungsmessers durch Parallelschalten eines ohmschen Widerstandes von 600 auf 200 Ω auf etwa diese Werte verringert. Die Änderung der angezeigten Wellenspannung durch diese Parallelschaltung betrug nur einige Prozent und war deshalb vernachlässigbar.

Die benutzte mehrgliedrige Siebkette gestattet, jeweils Frequenzen oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz stark zu dämpfen und damit bei nicht zu hoher Gesamtspannung tatsächlich abzuschneiden. Aus dem Unterschied bei den verschiedenen Einstellungen der Kette läßt sich dann die Frequenzzusammensetzung und der Anteil der einzelnen Frequenzen übersehen. Die Dämpfung der durchgelassenen Frequenzen ist von dem Abschlußwiderstand der Kette abhängig. Abb. 1 zeigt die Wirksamkeit der einzelnen Einstellungen der Kette bei 600 Ω Abschluß-

widerstand. Wenn bei sechspannen Gleichrichtern bei Einstellung 4 im Verhältnis zur Gesamtspannung nur unwesentliche Restspannungen bleiben, so entspricht der Spannungswert der Stellung 5 dem Anteil der Frequenz 300 Hz mit einer Fehlermöglichkeit von höchstens 10%. Aus dem Unterschied des Quadrates der Gesamtwellenspannung  $U_g$  und des Anteiles der Frequenz 300 Hz erhält man dann den Gesamtanteil der höheren Frequenzen. Eine Errechnung des einzelnen Anteils dieser höheren Frequenzen selbst erschien zu unsicher, da schon kleine Meßfehler sich infolge der quadratischen Beziehungen sehr stark auswirken können. Die Ermittlung der beiden Anteile  $U_{300}$  und  $U_{rest}$  allein erscheint aber auch zur Beurteilung zunächst hinreichend.

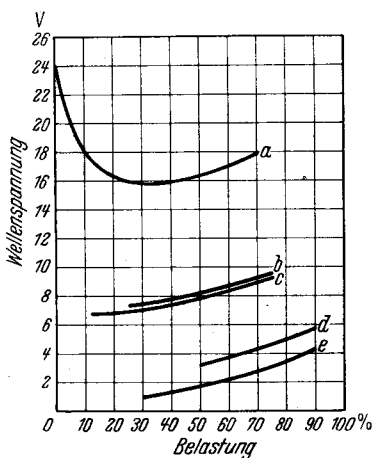


Abb. 2. Verlauf der Wellenspannung in Abhängigkeit von der Belastung bei verschiedenen nichtgittergesteuerten Gleichrichtern.

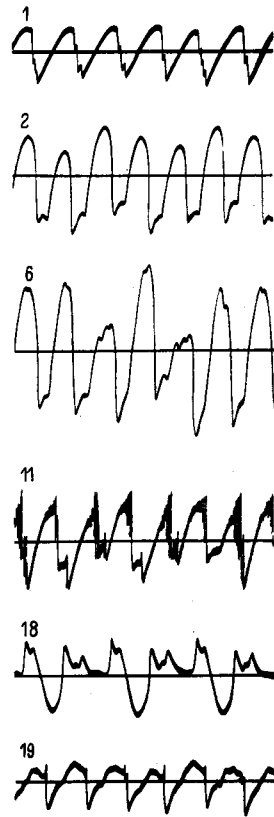


Abb. 3. Kurvenformen der Oberwellenspannung. (Die Zahlen entsprechen der lfd. Nr. in Zahlentafel 2.)

Zahlentafel 2 bringt eine Übersicht über die Meßergebnisse an Sechspannen-Gleichrichtern. Bei der Beurteilung der Größe der Wellenspannungen muß die Abhängigkeit von der Belastung des Gleichrichters berücksichtigt werden. Es ergab sich die Möglichkeit, an mehreren nichtgesteuerten Gleichrichtern während ihrer Arbeit planmäßige Versuche über diese Zusammenhänge durchzuführen. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 zusammengestellt. Es sei jedoch davon abgesehen, aus ihnen verallgemeinernde Schlüsse zu ziehen.

Von den gemessenen Oberwellenspannungen lagen etwa 2/3 unter 8 V, als Höchstwerte wurden 15 bis 20 V gemessen. In zwei Fällen (lfd. Nr. 3 und 10) wurde ein bemerkenswerter Unterschied zwischen den Welligkeiten +/0 und 0/- festgestellt. Nach den in Zahlentafel 2 zusammengetragenen Beobachtungen ergeben sich Rundfunkstörungen in einer größeren Zahl von Empfängern, wenn die Oberwellenspannung die Größe von rd. 5 V überschreitet. Der Anteil der Schwingungszahl 300 Hz liegt dann in der Regel bei 4 bis 5 V, während der Anteil der höheren Schwingungszahlen 600, 900, 1200 Hz zusammen etwa 2 V ausmacht. Zu berücksichtigen ist dabei, daß gewöhnlich in dem Netz bis zum nächsten Teilnehmer noch ein gewisser Spannungsabfall stattfindet. Für Dreiphasen-Gleichrichter konnten noch nicht genügend Unterlagen zusammengetragen werden; die Verhältnisse müssen jedoch in bezug auf den Oberwellengehalt von 300 Hz und darüber etwa die gleichen sein.

Abb. 3 bringt eine Anzahl der mit dem Oszillographen aufgenommenen Kurvenformen der Oberwellenspannung.

Zahlentafel 2. Gemessener Effektivwert der Oberwellenspannung in Gleichrichternetzen. Sechssphasige Gleichrichter.

Lfd. Nr.	Stückzahl parallel	Glas oder Eisen	Leistung		gittergesteuert	Belastung z. Z. der Messung		Oberwellenspannung an 220 V				Bemerkungen
			V	A		A	%	+0	0/-	$U_{300}$	$U_{600 \dots 1200}$	
1	2	Glas	220	350	ja	je 180	50	5,8	—	5,3	2,5	Rdf.-Störungen, ältere Empfänger
2	2	"	220	250	nein	je 170	70	3,1	—	2,7	1,5	
3	3	"	440	350	ja	je 180	50	2,9	6	2,7/5,8	0,9/1,4	
4	2	"	440	250	"	je 100	40	4,9	6	—	—	stärkere Anteile an Frequenzen unter 300 Hz
5	2	"	440	250	"	je 60	25	7,2	7	6,8	2	
6	3	"	440	200	nein	je 100	50	6,2	7	—	—	stärkere Anteile an Frequenzen unter 300 Hz
7	3	"	440	350	ja	je 100	30	18	17	15	9	wegen Rdf.-Störungen außer Betrieb
8	1	"	440	350	"	60	17	15	16	13	7	wegen Rdf.-Störungen mögl. wenig in Betrieb
9	1	"	220	250	nein	100	40	3	—	2,7	1,3	
10	2	"	440	250	"	je 120	50	13	20,5	12/19,5	3,5/6	Rdf.-Störungen
11	2	"	440	500	ja	je 400	80	7	6,8	—	—	stärkere Anteile an Frequenzen unter 300 Hz
12	1	Eisen	220	500	nein	je 350	70	9	9	—	—	
13	1	"	440	2000	"	200	40	8,4	—	7,8	3	Rdf.-Störungen
14	1	"	220	4000	"	1800	65	9	8,5	8,5	4	
15	1	"	440	500	"	600	33	7,4	7,2	—	—	
16	2	Glas	440	400	"	500	13	6,4	—	5,7	2,6	
17	1	"	440	400	"	3000	75	9,1	—	—	—	
18	2	"	440	300	"	130	26	10	12,5	9/11,5	4,5/5	stärkere Anteile an Frequenzen unter 300 Hz
19	1	"	220	50	"	je 200	50	10	10	9	4,5	
20	1	"	440	400	"	150	38	6,3	6,8	—	—	stärkere Anteile an Frequenzen unter 300 Hz
21	1	"	220	150	"	je 100	33	4,5	4,5	4	2	hinter Glättungseinrichtung, Rdf.-Störungen
22	1	"	440	400	"	400	80	6	—	—	—	hinter Glättungseinrichtung
			220	150	"	30	20	1,9	—	—	—	Rdf.-Störungen VE 301 G und ältere Geräte
			440	400	"	200	50	5,2	4,5	4,8	2	
			220	400	"	200	50	5	—	—	—	Rdf.-Störungen VE 301 G, auch neuere Geräte

Die Nummern entsprechen den laufenden Nummern in der Zahlentafel 2. Die meistens stark ausgeprägte Grundfrequenz ist 300 Hz, es zeigt sich in der regelmäßigen Verschiedenheit der Amplituden teilweise die Einwirkung einer unsymmetrischen Spannungsregelung. Bei einigen Gleichrichtern (6 und besonders 18) arbeiten einzelne Phasen offenbar nicht einwandfrei. Infolgedessen schwankt die Spannung in gewissen Grenzen, und auch tiefere Frequenzen als 300 Hz zeigen noch eine merkliche Größe.

Bezüglich der Rundfunkempfänger sei zunächst nochmals kurz auf die Frage eingegangen, wie die niederfrequenten Störungen aus dem Netzteil des Gerätes in den Verstärkerteil gelangen. Es sei dabei Bezug genommen auf die Schaltung des Volksempfängers VE 301 G (Abb. 4). Man kann im Netzteil den Anodenspannungs-

ist anzunehmen, daß die bei Sechssphasen-Gleichrichtern üblichen Größen der tieferen Frequenzen bereits zu klein sind, um eine Störung hervorzurufen, bei Dreiphasen-Gleichrichtern mit ihrem starken Anteil an 150 Hz wächst die Beeinflussungsmöglichkeit.

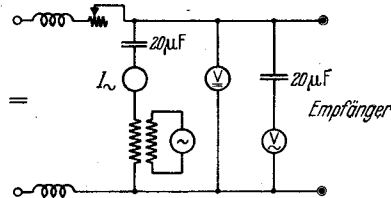


Abb. 5. Meßanordnung zur Untersuchung der niederfrequenten Störfrequenzempfindlichkeit von Rundfunkempfängern.

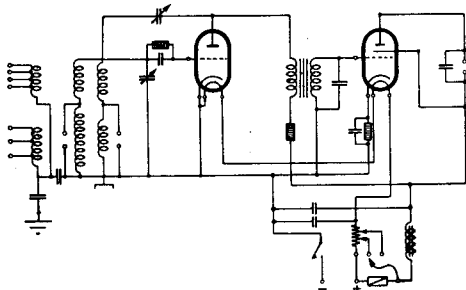


Abb. 4. Schaltung des Volksempfängers VE 301 G.

kreis und den Heizkreis unterscheiden, und die Einwirkung kann vornehmlich aus einem von ihnen oder auch aus beiden zusammen erfolgen.

Der Anodenkreis ist stets durch eine Drossel und einen größeren Kondensator beruhigt; je höher die Störfrequenz, um so stärker wird die Wirkung dieses Siebgliedes sein. Im Anodenkreis werden sich also im wesentlichen nur die tiefen Frequenzen mit ihren höheren Spannungen bemerkbar machen können. Dabei muß sich aber auf die Störlautstärke günstig auswirken, daß die Abstrahlung der tieferen Frequenzen in den bisher gebräuchlichen Geräten häufig schon merklich kleiner wird. Daher

Diese Überlegungen wurden bestätigt durch Versuchsmessungen am VE 301 G, wobei einmal der Empfänger ganz aus dem Netz gespeist wurde, während das andere Mal der Anodenkreis abgetrennt und aus Anodenbatterien gespeist wurde. Abb. 5 zeigt die Meßanordnung. Die Gleichspannung wird einer Akkumulatorenbatterie entnommen, die ihrerseits gegen das Eindringen der Wechselspannung durch Drosseln abgeriegelt ist. Dem Gleichstromkreis wird über einen Übertrager, dessen Sekundärseite in Reihe mit einem großen Kondensator von etwa 20 µF quer zu den Leitungen liegt, eine Tonfrequenzspannung einstellbarer Größe überlagert. Am Eingang des Empfängers werden die Gleichspannung mit einem hochohmigen Drehspulspannungsmesser und die überlagerte Wechselspannung mit einem durch einen Kondensator von 20 µF abgeriegeltes Detektorgerät gemessen. Am Lautsprecher des Empfängers wurde neben einem Hörvergleich die auftretende Tonfrequenzspannung ermittelt. In Abb. 6 ist das Meßergebnis in Kurvenform zusammengestellt. Für die Frequenzen 300 Hz und darüber ist selbst spannungsmäßig kaum ein Unterschied bei den verschiedenen Speisungen vorhanden, bei 150 Hz nähert sich der Unterschied mit wachsender Wechselspannung im Verhältnis 1 : 2, kann also bei den im Betrieb von Dreiphasen-Gleichrichtern vorkommenden Wellenspannungen vielleicht hörbar werden. Für die tieferen Frequenzen als 150 Hz ergaben sich meßbare Spannungen an Lautsprechern nicht (kleiner 0,2 V). Hörbar wurden 100 Hz

etwa ab 20 V Wechselspannung, 50 Hz überhaupt nicht. Danach kann angenommen werden, daß eine Beeinflussung des Anodenkreises durch die Welligkeit bei Sechspannen-Gleichrichtern keine, bei Dreiphasen-Gleichrichtern keine große Rolle spielt.

Anders werden natürlich die Verhältnisse, wenn z. B. die Drosselspule infolge unglücklicher räumlicher Anordnung und mangelnder Schirmung auf Gitterleitungen einstrahlen kann; diese Möglichkeit ist jedoch beim neuzeitlichen Empfängerbau als wenig wahrscheinlich anzunehmen.

Das Eindringen der Störungen erfolgt demnach vornehmlich über den Heizkreis. Der Versuch zeigt, daß eine Beschaltung des Heizkreises beim VE 301 G mit einem allerdings sehr großen Kondensator von 40 bis 50  $\mu$ F die Stöempfindlichkeit des Empfängers ganz beträchtlich herabsetzt. Empfänger mit direkt geheizten Röhren sind wesentlich stöempfindlicher als solche mit indirekt geheizten. Es sei die Frage offengelassen, welche Daten der Röhren für die Ausbildung des Spannungsunterschiedes

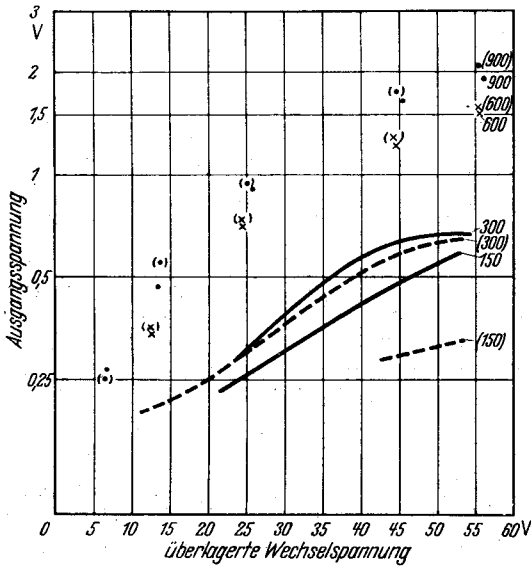


Abb. 6. Spannung am Lautsprecher des VE 301 G in Abhängigkeit von der netzseitig überlagerten Wechselspannung bei den Frequenzen 150, 300, 600 u. 900 Hz, a) bei vollem Netzanschluß (obere Werte), b) bei Speisung des Anodenkreises aus Batterien (untere Werte).

zwischen Gitter und Kathode bestimmend sind. Auch die durch die Leitungsführung bedingte Schaltkapazität wird zu dem Auftreten der Störung beitragen. Daraus dürfte sich wohl auch die Erscheinung erklären, daß z. B. Volksempfänger verschiedener Firmen mitunter eine sehr verschiedene niederfrequente Empfindlichkeit aufweisen, und daß durch Röhrenaustausch diese Unterschiede nicht zu beseitigen sind. Zur Verminderung der Schaltkapazität wird die Anordnung des Gitters am Kopf der Röhre beitragen, indem sie eine im Vergleich zu früher weiter auseinanderliegende Leitungsführung gestattet. Die Beobachtungen bestätigen, daß die mit solchen Röhren ausgerüsteten neuen Empfänger eine geringere Störanfälligkeit zeigen, z. B. erträgt der VE 301 GW mit den neuen V-Röhren merklich höhere Wellenspannungen als der VE 301 G.

Um zu Zahlenwerten über die Wellenspannung bei den einzelnen Frequenzen zu kommen, die im Durchschnitt von den Empfängern noch ohne Störung ertragen werden können, wurden unter Benutzung der vorhin beschriebenen Meßschaltung (Abb. 5) eine größere Anzahl Allstromempfänger des Baujahres 1936/37 sowie einige Volksempfänger (Gleich- und Allstrom) untersucht. Für die Bewertung der sich ergebenden Störlautstärke wurden zwei Verfahren benutzt: einmal wurde mit Hilfe eines Geräuschmessers die subjektive Lautstärke in 50 cm Abstand vom Lautsprecher in Phon gemessen, das andere

Mal wurde durch verschiedene Versuchspersonen unabhängig voneinander die Wellenspannung der jeweiligen Frequenz bestimmt, bei der der Störton für das Ohr des Betreffenden unhörbar wurde. Der Abstand vom Lautsprecher betrug dabei ebenfalls etwa 50 cm. Die Streu-

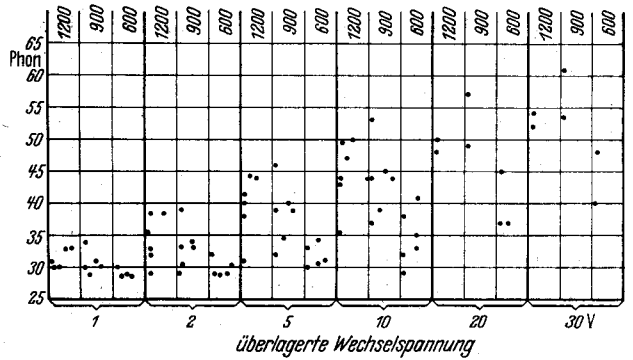


Abb. 7. Störlautstärke in Abhängigkeit von der überlagerten Wechselspannung bei verschiedenen Frequenzen.

ungen bei diesem letzten Verfahren waren bei den verschiedenen Versuchspersonen nicht größer als etwa 1 : 2. Die Ergebnisse decken sich mit denen des ersten Verfahrens, wenn man hier eine Lautstärke von rd. 30 Phon als zulässig ansieht, was den durchschnittlichen Raumverhältnissen entsprechen dürfte.

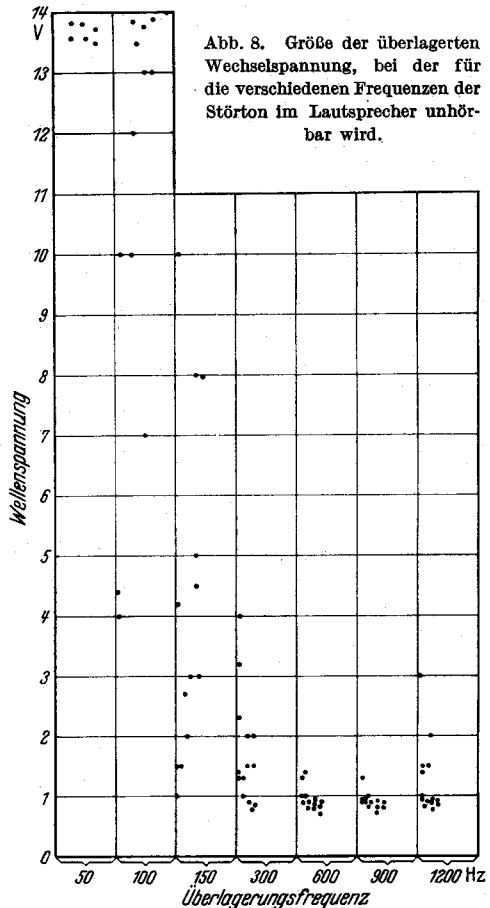


Abb. 8. Größe der überlagerten Wechselspannung, bei der für die verschiedenen Frequenzen der Störton im Lautsprecher unhörbar wird.

Die bei der Messung erhaltenen Werte sind in den Abb. 7 und 8 zusammengestellt. Aus Abb. 7 ist zu entnehmen, daß bei kleinen Wellenspannungen die lautstärkemäßigen Unterschiede zwischen 600 und 1200 Hz nicht sehr groß sind, daß sie aber bei zunehmender Wellenspannung stärker anwachsen. Grob geschätzt könnte man danach bei größeren Wellenspannungen ein notwendiges Spannungsverhältnis von 4 : 2 : 1 für 600, 900 und 1200 Hz für gleiche Störlautstärke annehmen. Abb. 8 läßt die Frequenzen 600 bis 1200 Hz etwa gleichwertig er-

scheinen, der Störton 600, 900 und 1200 Hz verschwindet für das Ohr des Beobachters im Durchschnitt, wenn die Spannung unterhalb von 1 V liegt. Bei 300 Hz ist dies etwa bei 1,5 bis 2,5 V der Fall, während bei 150 Hz die entsprechenden durchschnittlichen Spannungen bei 3 bis 5 V liegen. Bei 50 und 100 Hz trat im allgemeinen bei Spannungen über 15 V noch kein Störton auf. Als erträglich wird man nach diesen Untersuchungen beim Rundfunkempfang je nach der Empfindlichkeit des einzelnen Teilnehmers durchschnittlich die zwei- bis dreifachen Spannungswerte ansehen können.

#### Zusammenfassung.

Es ist wünschenswert, eine Norm zu finden, die einerseits in Gleichrichternetzen die höchstzulässige Welligkeit vorschreibt und andererseits die Wellenspannung festsetzt, bei der der Gleichstrom- oder Allstromempfänger noch störfrei arbeiten muß. Der Anteil der einzelnen Frequenzen muß dabei entsprechend der Ohrempfindlichkeit und der durchschnittlichen Verstärkungskurven verschieden bewertet werden. Die bei einer größeren Zahl von Gleichrichternetzen mit Sechspannen-Gleichrichtern festgestell-

ten Wellenspannungen liegen größtenteils zwischen 3 und 8 V, verschiedene Netze gehen aber auch merklich darüber hinaus. Nach gleichzeitig durchgeführten Beobachtungen bei Rundfunkteilnehmern ist bei den z. Z. benutzten Geräten mit Störungen in größerem Umfange zu rechnen, wenn die Wellenspannung etwa 5 V überschreitet. Der Anteil der Frequenz 300 liegt dann rd. bei 4 bis 5 V, der der höheren Frequenzen bei 2 V. Unter Berücksichtigung des Umstandes, daß zwischen Verteilungstafel und Teilnehmersteckdose noch ein gewisser Spannungsabfall eintritt, decken sich diese Werte ganz gut mit den im Prüfraum durchgeführten Empfängeruntersuchungen. Nach diesen kann im Durchschnitt bei neuzeitlichen Empfängern bei 300 Hz eine Wellenspannung von etwa 3 bis 8 V, bei höheren Frequenzen eine solche von 1,5 bis 3 V an der Teilnehmersteckdose ertragen werden. Bei älteren Geräten, beim VE 301 G sowie auch bei einigen anderen neueren Geräten hat man häufig bereits bei einer Wellenspannung von 3 bis 4 V in normaler Frequenzzusammensetzung, d. h. also an der unteren Grenze der genannten Werte, mit dem Auftreten merklicher niederfrequenter Störungen zu rechnen.