

# Elektrotechnische Zeitschrift

(Zentralblatt für Elektrotechnik)

Organ des Elektrotechnischen Vereins seit 1880 und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker seit 1894

Schriftleitung: E. C. Zehme, Dr. F. Meißner, Dipl.-Ing. W. Kraska - Verlag von Julius Springer - Berlin W 9, Linkstr. 23/24

48. Jahrgang

Berlin, 31. März 1927

Heft 13

## Gefahren bei Verwendung von Gleichstromnetzen für Rundfunkempfänger.

Von Oberingenieur M. Sichter, Berlin.

**Übersicht.** Durch den Rundfunk tritt für die Lichtnetze ein neuer Stromverbraucher in Erscheinung. Die hierzu benutzten Geräte werden unter dem Gesichtspunkt der durch die Eigenart der Verwendung auftretenden Gefahrenquellen und des Verbotes des VDE für Geräte zur Ansehung an Gleichstromnetze behandelt.

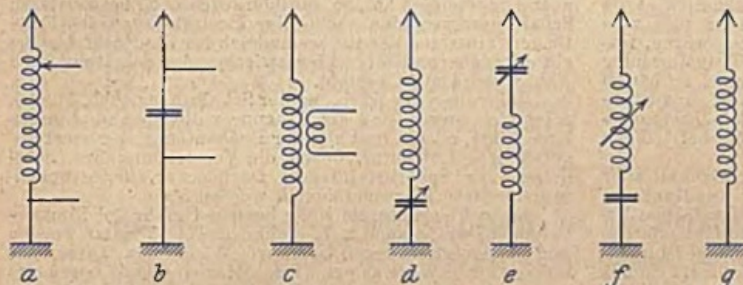
Zu den dringendsten Fragen im Rundfunk gehört die Abschaffung der leidigen Heiz- und Anodenbatterien und die Heranziehung der Lichtnetze zum Betreiben der Rundfunk-Empfänger. Daß von seiten der einschlägigen Industrie diesem Bedürfnis Rechnung getragen wird, bewies die letzte Berliner Funkausstellung im Herbst 1926, wo sogenannte Netzanschlußgeräte in allen Variationen gezeigt wurden.

Die Verwendung des Lichtnetzes zur Speisung der Empfängerröhren ist an sich sehr naheliegend und bereits lange vor Einführung des Rundfunks in Deutschland durch Radiofirmen praktisch benutzt worden. So lange der draht-

schon nach relativ kurzer Zeit stark zersetzt, mehr oder weniger leitfähig und führen dann zur Zerstörung aller zufällig mit diesen Kästen in Berührung kommenden Gegenstände. Durch die unvermeidlichen Stöße beim Transport wird ferner die Lebensdauer der einzelnen Zellen infolge Herausfallens der Masse sehr herabgesetzt. Oxydierte Verbindungsleitungen und Klemmen sind eine ständige Ärgnisquelle für den Benutzer.

Alle diese störenden Mängel der Batterien werden durch die Verwendung der Lichtnetze restlos beseitigt. Dafür treten jetzt aber ganz andersartige Schwierigkeiten und Gefahrenquellen in Erscheinung. Für die Benutzer der Lichtnetze sind die Gefahren im wesentlichen abhängig von der zur Verfügung stehenden Spannungsart.

Bei den Wechselstrom-Netzanschlußgeräten wird die Netzspannung über Transformatoren an einen oder mehrere Gleichrichter gelegt, gleichgerichtet und nun den Empfangsgeräten zugeführt. Hier liegen die Verhältnisse hinter dem Netzanschlußgerät also relativ einfach, da durch den Transformator eine vollkommene elektrische Trennung zwischen dem Netz einerseits und dem Empfangsapparat andererseits zu erreichen ist, wenigstens insoweit, als keine direkte leitende Verbindung zwischen beiden vorhanden ist. In Erkenntnis dieses Gesichtspunktes sind auch von seiten des VDE Wechselstrom-Netzanschlußgeräte für den Rundfunkempfang zugelassen und die Bedingungen in der Vorschrift Nr. 64 des Verbandes festgelegt.



- a galvanische Koppelung
- b kapazitive Koppelung
- c induktive Koppelung
- d kapazitiv abgestimmte Antenne
- e kapazitiv abgestimmte Antenne
- f induktiv abgestimmte Antenne
- g aperiodische Antenne

Abb. 1. Koppelung und Abstimmung.

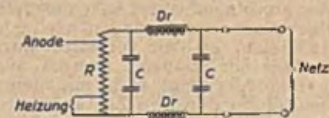


Abb. 2. Prinzip des Gleichstrom-Netzanschlusses.

lose Empfangsapparat noch nicht Allgemeingut war, vielmehr lediglich zum Empfang von Telegrammen, Presse- und Nachrichten usw. benutzt wurde, kamen mit derartigen Einrichtungen auch nur technisch gut vorgebildete Personen in Berührung.

Durch die Einführung des Rundfunks haben sich die Verhältnisse auf diesem Gebiete grundsätzlich geändert, indem jetzt auch Empfangsapparate in großer Zahl in die Hände von Laien gelangen, die der Elektrotechnik und ihren Sicherheitsvorschriften völlig fremd gegenüberstehen. Die Höhe der praktisch in Frage kommenden Gleichspannung, bis zu 200 V, zwingt aber, der Gefahrenquelle, in bezug auf Leben und Gesundheit der Benutzer, besondere Beachtung zu schenken.

Für die größeren Empfangsapparate mit 3 und mehr Röhren ist die Leistung der im Handel gebräuchlichen Heiz- und Anodenbatterien nicht ausreichend, so daß die Benutzer derartiger Apparate gezwungen waren, Batterien höherer Amperestunden-Kapazität zu beschaffen. Bei den Heizbatterien, für die größtenteils Blei-Akkumulatoren in Frage kommen, tritt nun aber die leidige Frage des Transports dieser relativ schweren Gegenstände zur Ladestation und zurück in den Vordergrund. Die zum Schutz der Zellen benutzten Holzkästen werden durch überfließende Säure bei unachtsamem Nachfüllen, beim Transport oder aber durch die beim Laden sich bildenden Säuredämpfe

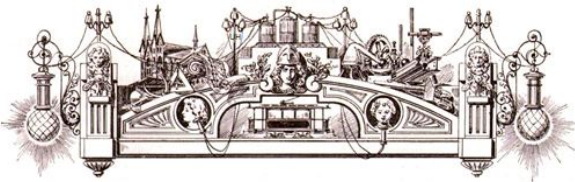
Wie liegen nun die Verhältnisse bei einem Gleichstromnetz?

Zunächst ist zu berücksichtigen, daß die Rundfunkteilnehmer wohl größtenteils mit Zimmer- oder Hochantennen arbeiten. Diese Antennen werden in fast allen Fällen betriebsmäßig einpolig geerdet. Ferner werden, um gewisse kapazitive Einflüsse (Handempfindlichkeit), welche sich beim Bedienen des Empfängers oder Verstärkers außerordentlich störend bemerkbar machen können, aufzuheben, größere Metallteile innerhalb der Apparate, z. B. die einzelnen Schwingungskreise, nachdem sie untereinander galvanisch verbunden sind, oder bei Metallkästen diese selbst, geerdet.

Die Antenne wird mit dem Schwingungskreis entweder galvanisch (Abb. 1 a), kapazitiv (Abb. 1 b) oder induktiv (Abb. 1 e) gekoppelt.

Als Antennen können sowohl nicht abgestimmte als auch solche verwendet werden, die sich entweder durch eine variable Kapazität oder Induktivität auf die zu empfangende Frequenz (Welle) abstimmen lassen (s. Abb. 1 d bis 1 g).

Da die Schaltungen der im Besitze der Rundfunkteilnehmer befindlichen Empfänger sehr verschiedenartig sind, können mit Bezug hierauf genaue Normen nicht aufgestellt werden.



Betrachten wir nun zunächst ein Zweileiter-Gleichstromnetz, bei welchem der Minuspol geerdet ist, so könnte diesem Netz die Heiz- als auch Anodenspannung oder auch nur die Anodenspannung allein entnommen werden, ohne daß sich die Verhältnisse gegenüber den Batterien oder den gleichgerichteten Spannungen aus einem Wechselstromnetz irgendwie ändern würden. Ein derartiges Anschlußgerät könnte z. B. grundsätzlich nach Abb. 2 geschaltet sein:

In dieser Schaltskizze bedeuten  $D_r$  Drosseln mit Eisenkern,  $C$  Kondensatoren von mehreren  $\mu F$  Kapazität und  $R$  einen genügend hochohmigen Widerstand. Für die weiteren Betrachtungen diene der Übersicht halber das Schaltbild eines einfachen rückgekoppelten Audions, da sich die Verhältnisse, welche hier kritisch zu betrachten sind, auch bei Mehrrohrempfängern einschließlich Hoch- und Niederfrequenzverstärkern kaum wesentlich ändern werden.

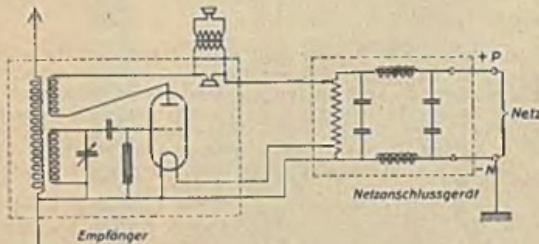


Abb. 3.

So lange sich bei dieser Anordnung die Polarität des Netzes nicht ändert, d. h. so lange der Minuspol geerdet ist oder geerdet sein darf, wäre es technisch denkbar, ein Gleichstrom-Netzanschlußgerät herzustellen, welches spannungsmäßig allen Anforderungen gerecht würde. Wenn ferner in den Empfängern alle spannungsführenden Metallteile verdeckt oder über zufälligen Berührung unzugänglich sowie die Verbindungsleitungen zum Netz einerseits und zum Empfänger andererseits ordnungsmäßig verlegt wären, ferner noch der Kopfhörer evtl. über einen Transformator mit dem Empfänger in Verbindung stände, so hätten wir in bezug auf Bequemlichkeit, Sauberkeit und Spannungssicherheit für den Benutzer die idealste Empfangsanlage, welche auch den kritischsten Techniker befriedigen würde.

Wie sehen die Verhältnisse aber in Wirklichkeit aus? Abgesehen davon, daß die im Besitz der Rundfunkteilnehmer befindlichen Empfänger in bezug auf zufällige Berührung spannungsführender Metallteile, Spannungsfestigkeit der einzelnen Stromkreise untereinander und Isolation im allgemeinen einen sehr geringen oder überhaupt keinen Schutz bieten, ist aber vor allem nur bei einem Teil des Lichtnetzes der Minuspol geerdet, und ferner ist, selbst wenn er geerdet wäre, nicht mit Sicherheit damit zu rechnen, daß dieser günstige Zustand bestehen bleibt.

Soweit Deutschland in Frage kommt, sind Zweileiter-Gleichstromnetze im Verhältnis zu Dreileiternetzen wohl in der Minderheit. Bei Zweileiternetzen ist im allgemeinen der Minuspol der Lichtleitung schon von seiten der Elektrizitätswerke aus betriebsmäßig geerdet. In anderen Fällen, bei Verwendung von Gleichrichtern als Stromerzeuger, ist in einzelnen Netzen der Pluspol betriebsmäßig geerdet.

Bei Dreileiternetzen wird der Mittelleiter auf jeden Fall geerdet, und der dem einzelnen Verbraucher zur Verfügung stehende Außenleiter seines Lichtnetzes muß nun in einem Falle positiv, im anderen Falle negativ sein. Wenn auch die Elektrizitätswerke eine gewisse Garantie übernehmen könnten, daß ihre Netze, soweit die Polarität in Frage kommt, nicht geändert werden, so sind doch bei Nachinstallationen innerhalb eines Wohnhauses oder bei sonstigen Arbeiten an der Hauptverteilung absichtliche oder unabsichtliche Verwechselungen der Außenleiter und damit der Polarität sehr naheliegend. Eine solche Verwechslung der Außenleiter wird bei den Lichtkonsumenten im allgemeinen nicht zu Störungen Anlaß geben, bei Benutzung des betr. Lichtnetzes zur Speisung von Rundfunkempfängern wird sich jedoch eine solche Umpolung außerordentlich störend bemerkbar machen. Hier liegt auch der Angelpunkt, der der generellen Zulassung von Gleichstrom-Netzanschlußgeräten als Einzelapparaten im Wege steht. Ob bei Zweileiteranlagen eine Umpolung praktisch in Frage kommt, ist für unsere Betrachtungen unwesentlich, da ja wohl größtenteils mit Dreileiteranlagen zu rechnen ist und der Hersteller bzw. Verkäufer von

einzelnen Netzanschlußgeräten keinen oder nur geringen Einfluß auf die spätere Verwendung der Geräte hat.

Ist nun eine solche Umpolung vorgenommen worden, und verfolgen wir den Stromverlauf an Hand der Abb. 3, so zeigt sich zunächst, daß die Anode jetzt eine negative und die Kathode eine positive Spannung erhält. Da aber zum Arbeiten des Rohres unbedingt eine positive Spannung an der Anode notwendig ist, so würde der Empfänger zunächst, ohne daß der Benutzer über die Gründe des Versagens orientiert ist, nicht arbeiten. Durch eine Vertauschung der Zuleitungen  $N$  und  $P$  zwischen Netz und Netzanschlußgerät wäre anscheinend alles wieder in Ordnung gebracht. Diese Auffassung ist aber nur bedingt zutreffend. Wie nachstehende Skizze, Abb. 4, zeigt, liegt jetzt zwar wieder eine positive Spannung an der Anode und eine negative an der Kathode, jedoch haben sich die Spannungsverhältnisse gegen Erde vollkommen geändert, und es würde bei dieser Umschaltung bzw. Umpolung der Zuleitungen zum Netz ein Kurzschluß entstehen.

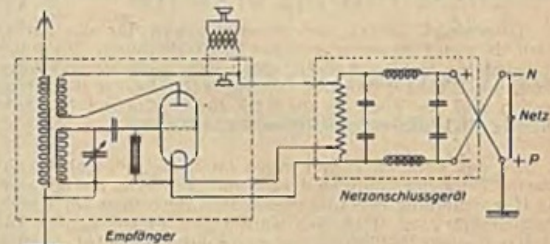


Abb. 4.

Die Kurzschlußgefahr wäre nicht vorhanden, wenn die Erdung des Empfängers bzw. der Antenne z. B. über einen genügend spannungsfesten Kondensator erfolgt, wie Abb. 5 zeigt. Für diesen Fall ist noch zu bemerken, daß jetzt zwar an der Anode eine positive Spannung herrscht, die aber Erdpotential hat, so daß hierdurch evtl. bei gewissen Schaltungsarten eine nachteilige Beeinflussung des Empfängers eintreten könnte, wenngleich für die Hochfrequenz ein erkennbarer Unterschied zwischen der Schaltung nach Abb. 3 und 4 nicht besteht.

Bei weiterer Verfolgung der Schaltungen, Abb. 4 und 5, zeigt sich ferner, daß die Antenne volle Spannung gegen Erde führt, mithin im Falle der Dachantenne, der sonst ungefährliche Luftleiter, durch die Verwendung des Lichtnetzes für Schornsteinfeger, Dachdecker, Telegraphenarbeiter usw. lebensgefährlich werden kann.

In noch erhöhtem Maße besteht Gefahr bei Zimmerantennen, wo ja auch z. T. blanke Drähte benutzt werden und auf Isolation gegen Gasrohre, Wände usw. kaum oder nur geringer Wert gelegt wird. Hier sind ganz besonders Brandgefahren durch Kriechströme und Kurzschluß oder Unfälle durch zufällige Berührung zu befürchten. Ein wirksamer Schutz gegen diese Gefahren könnte z. B. dadurch erreicht werden, daß ein zweiter Kondensator an der Antennenseite des Empfängers eingeschaltet würde, wie in Abb. 6 ausgeführt wurde. Auf den Empfang würden Kondensatoren in der Größenordnung von 0,5 bis  $2 \mu F$  Kapazität im allgemeinen keinen störenden Einfluß haben. Es ist aber zu beachten, daß der Schutz durch Kondensatoren nur dann einen Zweck hat, wenn ihre Spannungssicherheit gewährleistet ist.

Bisher galten unsere Betrachtungen unter der Voraussetzung, daß sowohl der Heiz- als auch der Anodenstrom aus dem Lichtnetz genommen werden. Der Heizstromverbrauch der z. Z. auf dem Markt befindlichen Röhren schwankt zwischen 50 bis 500 mA je Röhre. Die Schaltungen von kombinierten Empfängern und Verstärkern sehen für die Heizung der Röhren fast ausschließlich Parallelschaltungen vor, so daß z. B. bei einem Dreirohrenapparat im Mittel 600 mA bei etwa 2 bis 4 V Spannung in Frage kommen. Da es einerseits gewisse Schwierigkeiten machen wird, billige Widerstände, die auch genügend konstant sind, für diese Stromstärke in Verbindung mit dem Potentiometerwiderstand zum Anschluß an das Lichtnetz herzustellen, andererseits manche Benutzer an dem großen Strom- und dadurch Wattverbrauch Anstoß nehmen könnten, wäre die Einführungsmöglichkeit für ein reines Anodenspannungsgerät unter Beibehaltung der lästigen

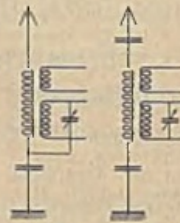
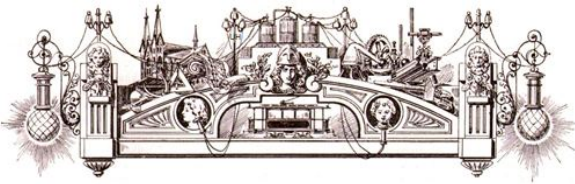


Abb. 5.

Abb. 6.



gen Heizbatterie wohl das gegebene. Bei einem solchen Gerät kommt dann aber noch eine weitere Gefahrquelle hinzu. Betrachten wir die nachstehende Skizze Abb. 7, so sehen wir, daß jetzt die Heizbatterie gegen Erde die volle Netzspannung führt.

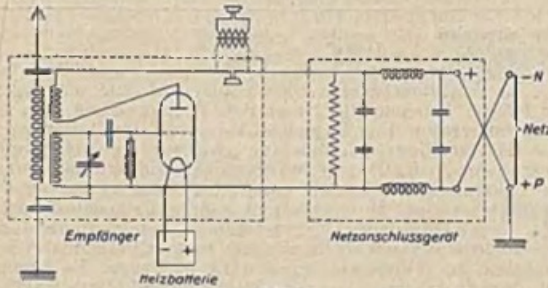


Abb. 7

Bei den handelsüblichen Batterien sind die Anschlußklemmen größtenteils blank und direkt auf dem Holzkasten aufgeschraubt. Wie oben schon näher ausgeführt, wird der Zustand dieser Kästen in bezug auf Isolationsfähigkeit durch die Schwefelsäure schon nach kurzer Zeit so schlecht, daß beim Berühren der Batterien, die ja doch wohl aus praktischen Gründen größtenteils auf dem Fußboden stehen, Spannungsschläge hervorgerufen werden und unter Umständen noch weit größere Schäden entstehen können. Aber gerade bei derartigen Heizbatterien mit ihrer geringen Nennspannung von 2 bis 4 V werden weder Laien noch selbst Fachleute eine gefährliche Spannung vermuten. Die Wahrscheinlichkeit, daß z. B. bei Säuberungsarbeiten diese Batterien zu Schädigungen eines Menschen führen, ist jedenfalls außerordentlich groß. Es ist kaum anzunehmen, daß der einzelne Rundfunkteilnehmer über die genaue Schaltung seines Apparates orientiert ist. In den wenigen Ausnahmefällen, wo die genaue Schaltung be- und erkannt ist, erscheint es doch mindestens fraglich, ob alle geschilderten Gefahrmomente richtig gewürdigt und durch entsprechende Umschaltung, soweit überhaupt möglich und wirksam, abgestellt werden.

In bezug auf Spannungsschläge sei noch erwähnt, daß sich hier eine Anodenbatterie von 200 V, ganz gleich, ob dieselbe aus einzelnen Trockenelementen oder Akkumulatoren zusammengestellt ist, genau so verhalten wird, wie

die gleichgerichtete Wechselspannung bzw. die Gleichspannung eines Netzes. Die Anschlußpunkte bei den Anodenbatterien sind aber im allgemeinen so klein dimensioniert, daß schwere Beschädigungen eines Menschen bei den kleinen Berührungsflächen und dem dadurch bedingten hohen Ohmschen Widerstand wohl kaum in Frage kommen. Auch bei den Empfängern gilt analog, daß die spannungsführenden blanken Metallteile, soweit dieselben zugänglich sind, relativ kleine Oberflächen haben und somit auch hier ernste Gefahren kaum bestehen.

Ein wesentliches Gefahrmoment bilden bei den Rundfunk-Röhrenempfängern die Kopfhörer, wenn sie ohne Zwischenschaltung eines Transformators benutzt werden. Wir sehen z. B. in Abb. 3, daß bei dieser Schaltung fast die ganze Netzspannung am Telefon liegt, so daß am Kopf des Benutzers Spannungsschläge über die Metallteile des Telefons eintreten können.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß Gleichstrom-Netzanschlußgeräte als Einzelapparate für Rundfunkempfänger unter Umständen äußerst gefährlich sind, da die Polarität und die Erdungsverhältnisse der Lichtnetze in den einzelnen Wohnräumen verschieden sein können und die Schaltungen der bereits im Gebrauch befindlichen Empfänger nicht einheitlich sind.

In Würdigung dieser Tatsachen hat auch der VDE in seinen diesbezüglichen Vorschriften die Gleichstrom-Netzanschlußgeräte nicht zugelassen. Wie die letzte Funkausstellung gezeigt hat, wird dieses Verbot in Zukunft nicht ausschließen, daß einzelne Firmen nach wie vor Gleichstrom-Netzanschlußgeräte auch ohne das VDE-Zeichen auf den Markt bringen, analog allen anderen elektrischen Einzelapparaten, die sowohl mit als auch ohne VDE-Zeichen hergestellt und verkauft werden. Die Frage, inwieweit dann bei evtl. eintretenden Unfällen die Hersteller schadenersatzpflichtig sind, mag hier offen bleiben. Auch die Bastler werden sich ihre Netzanschlußgeräte weiterhin selbst zusammensetzen und benutzen. Es ist hier Aufgabe der betreffenden Rundfunkgruppen, aufklärend und warnend zu wirken.

Zum Schluß sei noch besonders hervorgehoben, daß die vorangehende Erörterung der Gefahren sich nur auf Gleichstrom-Netzanschlußgeräte als Einzelapparate bezieht. Es ist technisch wohl denkbar, Empfangsgeräte, die organisch mit einem Netzanschlußgerät vereinigt sind, so zu konstruieren, daß weder Benutzer noch die Netze besonders gefährdet sind. Vorschriften für solche Geräte werden vom VDE z. Z. bearbeitet.