Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 62 (1971)

Heft: 26

Artikel: Vorschaltgeräte : Konstruktive Probleme mit Vorschaltgeräten für Fluoreszenzlampen

Autor: Gebauer, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915890

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: 08.07.2025

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

II. Konstruktive Probleme mit Vorschaltgeräten für Fluoreszenzlampen

Von *W. Gebauer,* Oberglatt

621.316.5

Die Qualität von Vorschaltgeräten kann man weitgehend durch die Begriffe Eigenerwärmung, Eigenverluste, Temperaturbeständigkeit (Lebensdauer) und Geräuschfreiheit beurteilen. Diese Grössen lassen sich aber nur in einer bestimmten Anordnung messtechnisch erfassen, so dass die Messwerte nicht immer mit den Werten, welche in Anlagen auftreten, korrelieren.

Gegenstand der folgenden Ausführungen ist es, auf diese und auch andere Konstruktionsprobleme einzutreten.

1. Erwärmung des Vorschaltgerätes

Der zur Stabilisierung der Entladungslampe notwendige Widerstand, das sog. Vorschaltgerät, wird aus einem Wechselstromwiderstand, d. h. aus einer Induktivität gebildet. Diese Induktivität besteht aus Eisenkern und Kupferwicklung und ist verlustbehaftet.

Man unterscheidet in der Praxis bezüglich den Eigenverlusten zwischen verlustarmen und Standard-Vorschaltgeräten. Diese Verlustunterschiede sind im Hinblick auf einen wirtschaftlichen Betrieb der Beleuchtungsanlage interessant; doch treten die Probleme der Verlustwärme viel stärker in den Vordergrund. Die Verlustleistung des Vorschaltgerätes wird in der Wicklung und im Eisenkern in Wärme umgesetzt. Wärme ist Energie und bedeutet einen Temperaturanstieg Δt im Objekt (Fig. 1).

Die Gerätetemperatur, im speziellen die Wicklungstemperatur t_w wird gegenüber der Umgebungstemperatur $t_{amb.}$ um so grösser, je mehr Verlustleistung im Gerät umgesetzt werden muss und je schlechter die Wärme vom Objekt abgeleitet wird, d. h. je grösser der Wärmewiderstand des Vorschaltgerätes ist.

Im Interesse einer niedrigen Wärmebeanspruchung, insbesondere der Wicklung von Vorschaltgeräten (zur Erreichung einer hohen Lebensdauer) trachten Vorschaltgeräte-Hersteller einerseits nach niedrigen Eigenverlusten und anderseits nach einer guten Wärmeableitung. Niedrige Eigenverluste sind aber nur durch höheren Materialaufwand von Kupfer und Eisen zu erreichen, was somit den Preis und das Volumen des Vorschaltgerätes entscheidend beeinflusst. Eine gute Wärmeableitung im Vorschaltgerät bedeutet, dass besonders die Wärme der Wicklung auf möglichst kurzem und gut wärmeleitendem Weg auf eine möglichst grosse Geräteoberfläche geführt wird.

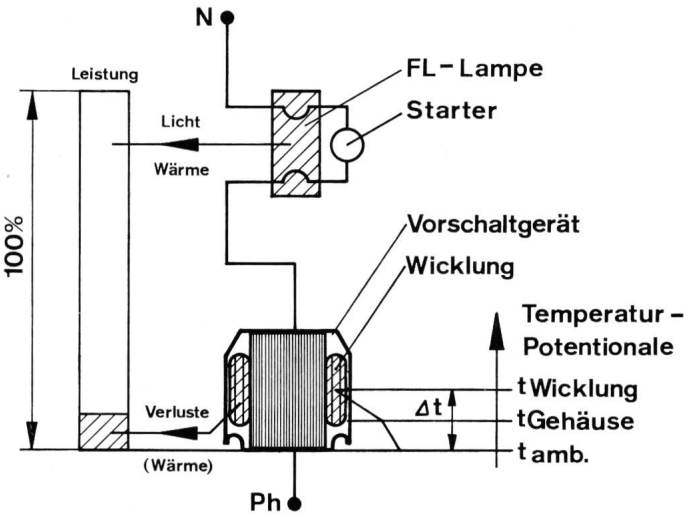


Fig. 1
Transformierung der elektrischen Netzanschlussleistung (Ph, N) in Licht, Wärme und Stromwärmeverluste im Vorschaltgerät

2. Abführung der Wärme von der Geräteoberfläche

Dies geschieht durch Konvektion, Strahlung und Wärmeableitung. Damit überhaupt der notwendige Wärmestrom (kcal/h äquivalent den Eigenverlusten in Watt) vom Gerät, im speziellen von der Wicklung (t_w) zur Umgebung ($t_{amb.}$) zustande kommt, bildet sich in jedem Fall, unabhängig von der Umgebungstemperatur, die Temperaturdifferenz Δt. Die Geräteaufschrift Δt ist somit die Angabe für die Eigenerwärmung eines Vorschaltgerätes, d. h. für die Eigenerwärmung der Kupferwicklung bei einer bestimmten Eigenverlustleistung, einer bestimmten Vorschaltgerätegrösse und einer bestimmten Anordnung für die Wärmeableitung. Hier ist natürlich die Leuchtenarmatur stark mitbestimmend betreffend die Luftzirkulation, Oberfläche der Armatur, Strahlungszahlen der Armaturflächen, Wärmeleitung der Armatur und den Einfluss der Lampenstrahlungswärme.

Um überhaupt eine Angabe über den Temperaturanstieg Δt eines Vorschaltgerätes machen zu können, ist eine definierte Messanordnung notwendig: der CEI-Kasten.

3. Einflüsse auf die Eigenverlustleistung eines Vorschaltgerätes

Die Verluste P_v eines Vorschaltgerätes setzen sich aus Eisen- und Kupferverlusten zusammen:

$$P_v = P_{vCu} + P_{vFe}$$

Die Kupferverluste P_{vCu} werden aus dem Ohmschen Widerstand der Wicklung R_w und dem Quadrat des Geräte- oder Lampenstromes I gebildet.

$$P_{vCu} = I^2 R_w$$

Der Ohmsche Widerstand R_w ist temperaturabhängig, so dass die Angabe der Eigenverluste nur für eine bestimmte Wicklungstemperatur, z. B. Betriebstemperatur, in einer definierten Anordnung erfolgen kann.

In der Praxis unterscheidet man Kalt- und Warmverluste. Das gleiche gilt für den Vorschaltgerätestrom I, welcher von folgenden Einflüssen abhängig ist:

a) Stromeinstellung bzw. Toleranz des Gerätes (± 3 %) (*1* in Fig. 2)
b) Netzspannungsänderung (± 10 %) (*3* in Fig. 2)

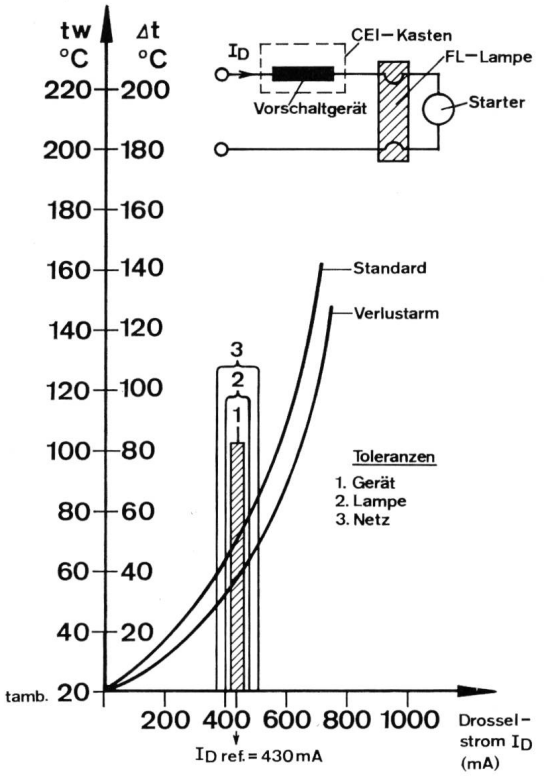


Fig. 2
Wicklungstemperaturen t_W in Abhängigkeit von möglichen Toleranzen des Vorschaltgerätestromes I_D (z. B. einer 40-W-Anordnung), ausgelöst durch Geräte und Lampendaten-Streuungen sowie Netzspannungsänderungen

c) Stromaufnahme der Lampe, abhängig von Alter und Umgebungstemperatur (*2* in Fig. 2)

Die Zusammenhänge über die Erwärmung des Vorschaltgerätes in Funktion der Stromänderung sind in Fig. 2 dargestellt.

4. Gerätelebensdauer

Die Gerätetemperatur, besonders die Wicklungstemperatur, welche dauernd auf die Gerätebestandteile (Isolationen usw.) einwirkt, ist wesentlich für die Gerätelebensdauer. Ausfälle von Geräten im Laufe der Zeit ereignen sich infolge Alterung der Isoliermaterialien, d. h. durch Änderung ihrer Durchschlagfestigkeit und Leitfähigkeit, so dass Kurz- oder Windungsschlüsse auftreten. Der Alterungsprozess verläuft um so schneller, je höher die Temperatur, im besonderen die Wicklungstemperatur, ist. Durchschnittlich erwartet man von einem Vorschaltgerät eine mittlere Lebensdauer von 10 Jahren bei ununterbrochenem Betrieb. Dabei wird eine bestimmte max. Wicklungstemperatur zugrunde gelegt (gemäss den Ausführungen im ersten Teil). Je höher die zulässige maximale Wicklungstemperatur t_W geplant wird, um so qualitativ bessere aber auch teurere Isoliermaterialien müssen eingesetzt werden. Vakuumimprägnierung in Polyestermassen kann die Qualität der Isolationen wesentlich erhöhen und verbessert zudem die Wärmeabführung beträchtlich. Je höher die Vorschaltgerätewicklung über dem zulässigen t_W betrieben wird, um so kürzer wird die Lebensdauer, oder je tiefer die Wicklung unter dem zulässigen t_W arbeitet, um so höher ist die zu erwartende Lebensdauer.

Aus Fig. 3 kann folgende Faustregel abgeleitet werden: 10 °C Abweichung gegenüber dem geplanten t_W bewirken eine Verdoppelung bzw. Halbierung der vorgesehenen Lebensdauer (d. h. +10 °C = Halbierung, —10 °C = Verdoppelung). Wird zum Beispiel eine Beleuchtungsanlage so ausgelegt, dass keine höhere Wicklungstemperatur als 110 °C beim Vorschaltgerät mit t_W 120 °C auftritt, so beträgt die zu erwartende mittlere Lebensdauer 20 Jahre oder bei dauernder Einwirkung von 130 °C eben nur 5 Jahre.

In diesem Zusammenhang ist der abnormale Betrieb eines Vorschaltgerätes von grösster Wichtigkeit. Ist z. B. eine Lampe deaktiviert, so versucht der Starter die Lampe dauernd zu starten, bis schliesslich die Starterkontakte kleben und die Anlage konstant im Kurzschluss, im sog. Vorheizbetrieb, arbeitet. Dies bedeutet, dass der Vorschaltgerätestrom ca. den 1,7fachen Wert aufweist.

In diesem sog. Vorheizzustand darf nach den neuesten SEV-Vorschriften (Entwurf) das Gerät mit der Aufschrift t_W 120 °C eine max. Wicklungs-Temperaturerhöhung von Δt = 172 °C annehmen, d. h. bei einer Umgebungstemperatur von 35 °C wird eine absolute Wicklungstemperatur von 207 °C erreicht, was nach Fig. 3 eine Lebensdauer von 30 Tagen ergeben würde, sofern das Gerät dauernd in diesem Zustand arbeitet. In Anlagen, in welchen Vorschaltgeräte unkontrolliert längere Zeit mit deaktivierten Röhren betrieben werden, muss mit niedrigeren mittleren Lebenserwartungen als 10 Jahre gerechnet werden.

Natürlich sind auch andere Faktoren für die Lebensdauer eines Gerätes bestimmend, wie z. B. Feuchtigkeit, chemische Zusammensetzung der Atmosphäre, vor allem aber die Beanspruchung der Isoliermaterialien durch hohe Spitzenspannungen im Startvorgang. Ferner ist der Erwärmungs- und Abkühlungszyklus ebenfalls von Einfluss.

5. Geräuschprobleme

Vorschaltgeräte verursachen bekanntlich ein mehr oder weniger stark hörbares Geräusch, auch «Brumm» genannt.

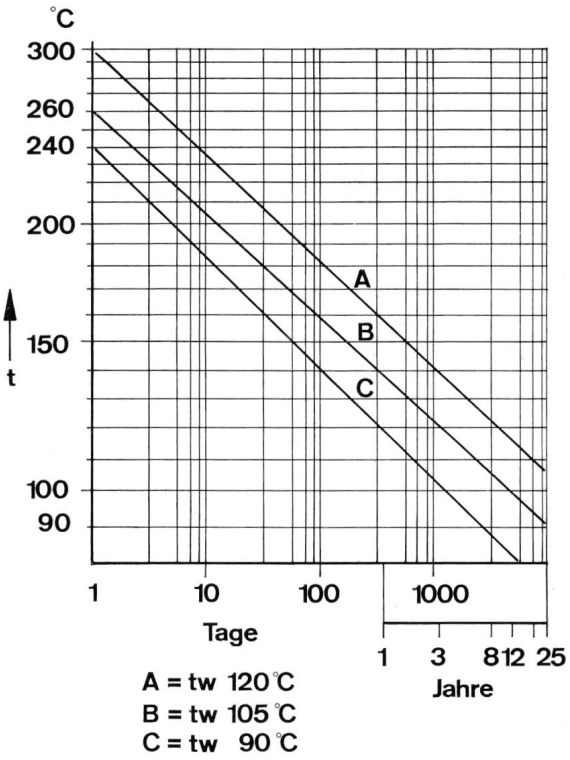


Fig. 3
Lebensdauer von Vorschaltgeräten in Abhängigkeit von einer konstant angelegten Wicklungstemperatur t_W

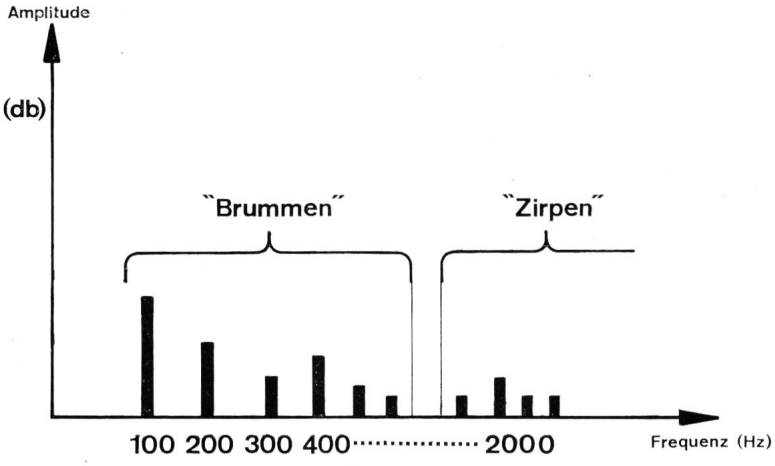


Fig. 4
Frequenzanalyse des Brummgeräusches eines Vorschaltgerätes

Die Ursache liegt im Eisenkern des Vorschaltgerätes, welcher im Rhythmus der Netzfrequenz ummagnetisiert wird. Diese Ummagnetisierung lässt solche Kräfte im Eisenkern wirken, dass dieser in mechanische Schwingung gerät. Diese Kräfte wirken besonders über dem notwendigen Luftspalt des Eisenkerns.

Leider pflanzen sich diese mechanischen Schwingungen über alle Kontaktstellen des Kerns fort, also auf das Vorschaltgerätegehäuse, die Leuchtenarmatur und sogar auf die Decke. Dadurch wird die Luft in Schallschwingungen versetzt und das gefürchtete Brummgeräusch ist hörbar.

Ein Geräusch setzt sich bekanntlich aus einer Vielzahl von Frequenzen unterschiedlicher Phase und Amplitude zusammen. Die Geräuschfrequenzen, die hier auftreten, sind zur Hauptsache Vielfache der doppelten Netzfrequenz (Fig. 4). 100, 200, 300 Hz usw. bis ca. 700 Hz, aber auch höhere Frequenzen zwischen 1000 und 5000 Hz sind möglich. Das sog. Zirpen wird durch molekulare Schwingungen der Eisenteile um den Luftspalt ausgelöst.

Eine weitere Geräuschursache ist das magnetische Streufeld, welches um jeden magnetischen Kreis mehr oder weniger stark auftritt. Dieses Magnetfeld hat die Eigenschaft, alle in der Nähe befindlichen Teile aus ferro-magnetischem Material, z. B. Eisen, ebenfalls in mechanische Schwingungen zu versetzen. Fig. 5 zeigt ein Geräuschschema.

Zur Bekämpfung der Geräuschursachen trachten Vorschaltgeräte-Hersteller grundsätzlich danach, möglichst kleine Kräfte im Eisenkern zu haben. Diese sind aber nur durch schwache magnetische Ausnützung zu erreichen, d. h. Volumen und Preis des Vorschaltgerätes steigen. Anderseits wird ein möglichst starrer Kern- und Gehäuseaufbau angestrebt, was durch geschickte Schnittwahl, gute Verpressung, Verklinkung oder

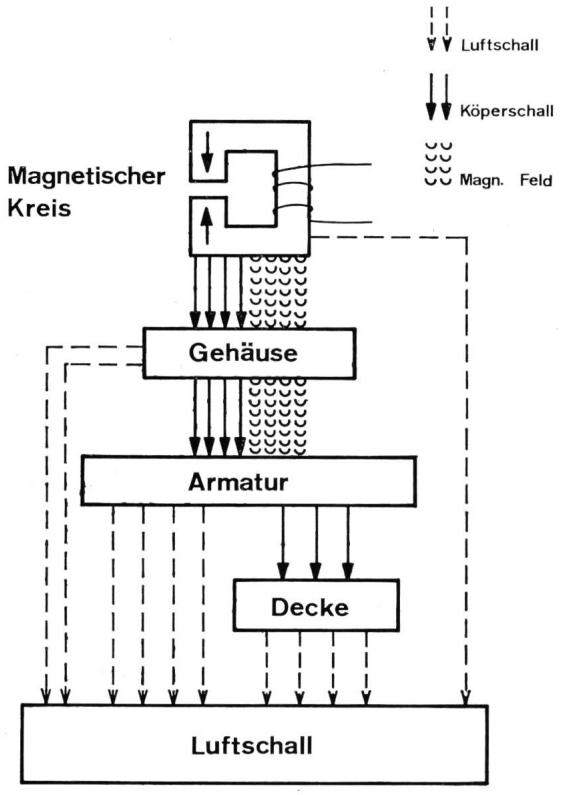


Fig. 5
Vorschaltgeräte verursachen Geräusche durch direkt abgestrahlten Luftschall, hauptsächlich aber durch Körperschall, welcher die Armatur in hörbare Schwingungen versetzt; ferner kann das magnetische Feld eines Gerätes Armaturteile aus Stahl zu Geräuschen anregen

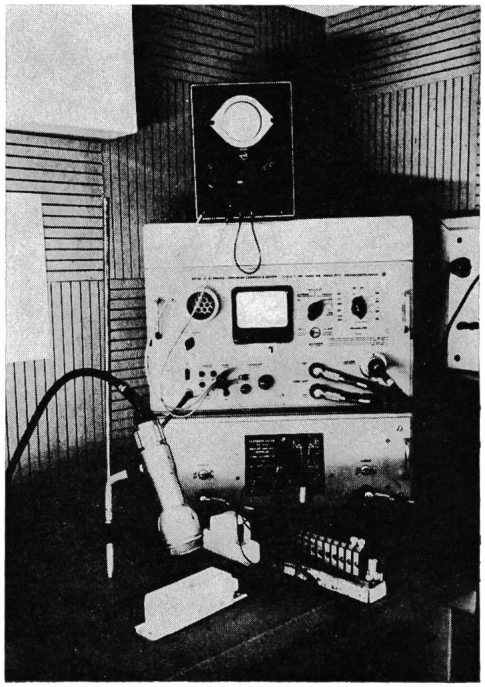


Fig. 6
Anordnung zur Luftschallmessung von Vorschaltgeräten

Verschweissung der mechanischen Teile erzielt wird. Durch Imprägnierung im Vakuum mit weitgehend alterungsbeständigen Materialien wird die Schwingfähigkeit des Gerätes ebenfalls stark vermindert. Ein weiteres Mittel sind schalldämpfende Einlagen im Luftspalt und zwischen Kern und Gehäuse.

6. Möglichkeiten der Geräuschdämpfung

Die Schwingfähigkeit grossflächiger Armaturteile kann durch Sicken und Biegungen vermindert werden. Armaturteile müssen definiert aneinander liegen. Lose auf dem Vorschaltgerät aufliegende Armaturteile, insbesondere solche aus Eisen, sind zu vermeiden. Das Vorschaltgerät muss eindeutig mit der

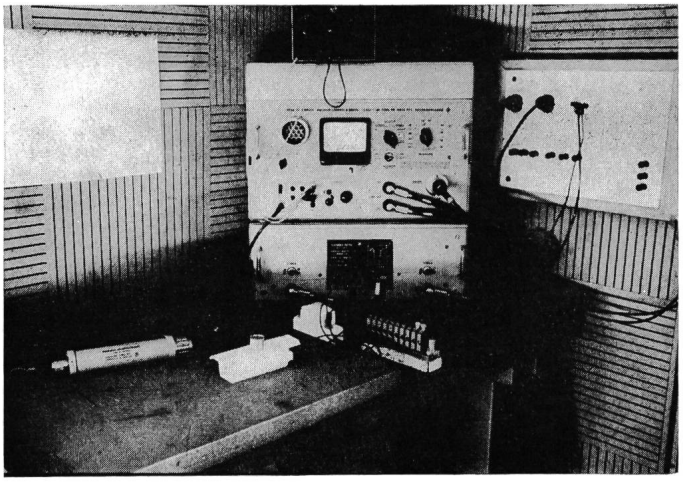


Fig. 7
Anordnung zur Körperschallmessung von Vorschaltgeräten

Armatur verschraubt, vernietet, verklebt oder verklemmt sein. In der Armatur ist das Vorschaltgerät möglichst da zu plazieren, wo die Befestigungsflächen der Leuchte möglichst starr, d. h. schwingunfähig sind, z. B. in Ecken.

Eine Distanzierung des Vorschaltgerätes mit Gummizwischenlagen gegenüber der Befestigungsfläche ist wärmetechnisch ungünstig, bringt aber in gewissen Fällen die gewünschte geräuschdämpfende Wirkung.

7. Beurteilung eines Vorschaltgerätes bezüglich «Brumm»

Man muss zwischen direkt abgestrahltem Luftschall, Körperschall oder Schwingungen an der Befestigungsfläche und dem magnetischen Streufeld unterscheiden. Leider lassen sich diese 3 Grössen messtechnisch schwer erfassen, da diese aus verschiedenen Frequenzen mit unterschiedlicher Amplitude und Phase zusammengesetzt und ausserdem richtungsabhängig sind. Zur Zeit werden folgende Messmethoden angewendet (Fig. 6):

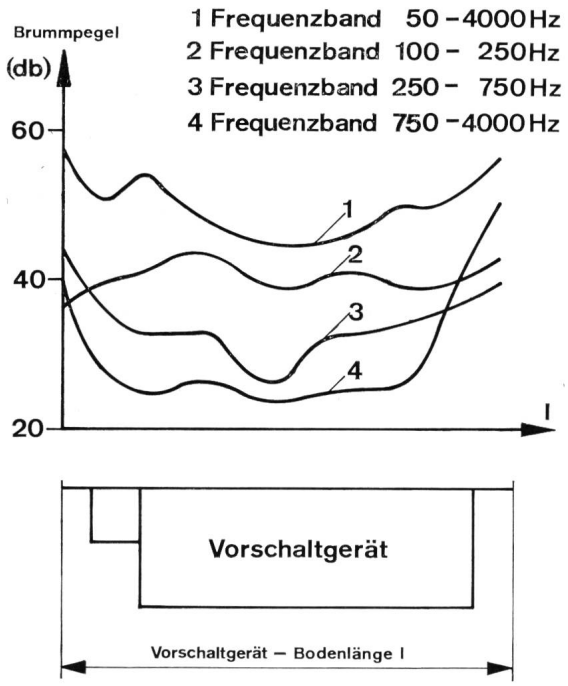


Fig. 8
Möglicher Körperschall-Geräuschpegel gemessen mit Piezosonde und Frequenzbandfilter an verschiedenen Stellen eines Vorschaltgerätebodens

a) Luftschallmessung

Diese wird mit einem Mikrophon über der Geräteoberfläche und anschliessender Verstärkung der Geräusche in einem speziellen, niederfrequenten Messempfänger durchgeführt. Die Problematik der Messung liegt darin, dass die gegenüber der Geräuschwellenlänge kleinen Abmessungen des Vorschaltgerätes die eigentlichen tiefen Brumm-Frequenzen zuwenig stark in die Messung eingehen lassen, so dass bei nicht speziell angepasstem Frequenzgang des Verstärkers zur Hauptsache Zirpgeräusche um 1000 Hz das Resultat bestimmen.

b) Körperschallmessung mit Piezosonde an der Befestigungsfläche (Fig. 7)

Auch diese Messmethode ist problematisch, da nicht ein Befestigungspunkt, sondern eine Fläche vorliegt, auf welcher je nach Ort des Messpunktes und je nach betrachteter Frequenz grosse amplitudenmässige Unterschiede gemessen werden (Fig. 8).

Welcher Punkt der Befestigungsfläche ist nun Übertragungspunkt für die Geräusche? Für welche Frequenz ist die Armatur besonders resonanzfähig?

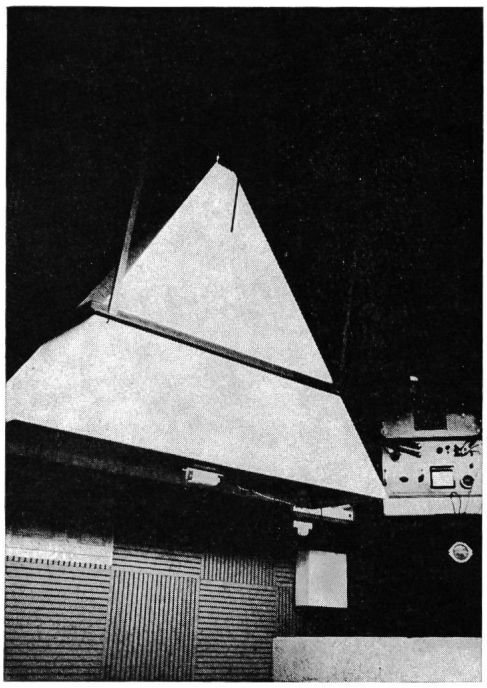


Fig. 9
Anordnung zur Geräuschmessung von Vorschaltgeräten, wobei Luftschall, Körperschall und magnetisches Feld in die Messung einbezogen werden

Die besprochenen beiden Messmethoden lassen relative Schlüsse über das zu erwartende Geräusch zu, sind also zur Fertigungskontrolle geeignet. Hingegen ist mit diesen Messmethoden kaum eine Aussage über den Geräuschpegel in einer Anlage möglich.

Die folgende Geräuschmethode für Vorschaltgeräte erfasst alle 3 Brumm-Messgrössen (Luftschall, Körperschall, Streufeld), so dass der Aussagewert betreffend Brummschallpegel sehr gut wird (Fig. 9).

Die Geräte werden in einer schwingfähigen Anordnung montiert, welche insbesondere die störenden Frequenzen zwischen 100 und 700 Hz resonant verstärkt. Die Geräusche werden mittels Mikrophon auf einen empfindlichen niederfrequenten Messempfänger geführt, evtl. analysiert mittels Bandpass und in DIN-Phon (nach Gehörempfindlichkeitskurve) beurteilt.

Natürlich sind bei der Geräuschbildung einer Beleuchtungsanlage, welche ohnehin subjektiv gegenüber aus andern Gründen auftretenden Umgebungsgeräuschen (z. B. Klimaanlagen)

beurteilt wird, weitere Faktoren mitbestimmend wie Deckenhöhe, Deckengestaltung, Raumausstattung usw.

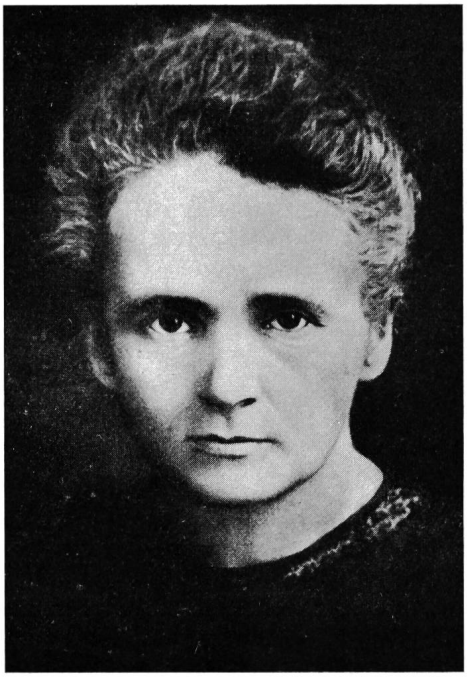
Wärme und Geräusch von Vorschaltgeräten sind zur Hauptsache Probleme, weil die Geräte stets in die Leuchten eingebaut werden.

Ist das unbedingt immer notwendig? Eine externe Montage wird vielleicht in vielen Fällen sogar eine wirtschaftlichere Konzipierung von Vorschaltgeräten und Leuchten zulassen, unter Inkaufnahme erhöhter Installationskosten. Anderseits stellt sich die Frage, ob sich Vorschaltgeräte nicht noch besser in eine Leuchte integrieren lassen, wobei natürlich eine enge Zusammenarbeit zwischen Leuchten- und Vorschaltgeräteherstellern notwendig ist.

Adresse des Autors:
Werner Gebauer, Ingenieur, H. Leuenberger, Fabrik Elektr. Apparate, 8154 Oberglatt.

MARIE CURIE-SKLODOWSKA

1867–1934



ETH-Zürich

In der Zeit, da ein Atomkraftwerk nach dem andern entsteht, ist es sicher am Platz, der Frau zu gedenken, die als erste die Radioaktivität erforscht hat. Maria (Marya) Sklodowska wurde am 7. November 1867 in Warschau geboren. Ihre Mutter war Lehrerin, ihr Vater Mathematik- und Physikprofessor. Weil er sich für die Erhaltung der polnischen Sprache einsetzte, wurde er vom zaristischen Russland verfolgt und verlor seinen Posten. Die 4 Kinder mussten sich selber durchbringen und halfen sich gegenseitig. Als die ältere Schwester ihr Medizinstudium in Paris abgeschlossen hatte, liess sie 1889 Marie dorthin kommen. Trotz schweren Entbehrungen machte Marie rasche Fortschritte und bestand ihr Examen als Beste.

Mit 27 Jahren lernte sie den an der Ecole de Physique et Chimie tätigen Physikprofessor Pierre Curie kennen, mit dem sie 1895 die Ehe einging. Marie Curie-Sklodowska bestand Lizenziate in Physik und Mathematik. Als Thema für ihre Doktorarbeit wählte sie «die unbekannte Strahlung», die Becquerel bei der Untersuchung von Uransalzen gefunden hatte.

Innert 4 Jahren gelang es ihr, aus einer Tonne Pechblende etwa ein Gramm Radium zu gewinnen und dann anschliessend die Strahlung — sie nannte sie «radioaktive» — zu untersuchen. Am 25. Juni 1903 bestand sie ihre Doktorprüfung. Pierre Curie nahm an den Arbeiten seiner Frau regen Anteil. Beide berichteten in zahlreichen Arbeiten über ihre Entdeckungen. Noch im gleichen Jahr erhielten Becquerel und das Ehepaar Curie gemeinsam den Nobelpreis für Physik. Trotzdem sie nicht auf Rosen gebettet waren, verzichteten sie auf Patente für die Herstellungsverfahren von Radium und stellten die Ergebnisse ihrer Arbeiten der Allgemeinheit zur freien Verfügung.

Bald mussten beide die schlimme Erfahrung machen, dass die radioaktiven Strahlen dem Menschen gefährlich sind. Aber in selbstloser Weise machten sie sogar an sich selber Versuche.

Ein harter Schlag traf Madame Curie, als ihr Mann im April 1906 von einem Pferdefuhrwerk überfahren und getötet wurde. Sie forschte aber weiter und trat als erster weiblicher Professor an der Sorbonne die Nachfolge ihres Gatten an.

1911 erhielt Madame Curie — sie ist die Einzige, der bisher eine solche Ehre zufiel — einen zweiten Nobelpreis, denjenigen für Chemie. Im folgenden Jahr wurde in Paris das Curie-Institut vollendet, doch konnte der Betrieb erst nach dem Krieg aufgenommen werden. Madame Curie stand darin der Abteilung «Radioaktive Forschung» vor.

Dem Ehepaar Curie waren zwei Töchter geschenkt. Irene, die ältere, wurde ebenfalls Physikerin, heiratete den Physiker Joliot, die zusammen kurz vor dem Tod von Madame Curie und zu ihrer grossen Freude abermals den Nobelpreis für Physik gewannen. Madame Curie starb am 4. Juli 1934 als Opfer der dauernden Radium-Bestrahlungen an Blutzersetzung.

Man weiss, dass Madame Curie vermutet hatte, Radioaktivität hange mit einer Atomumwandlung zusammen. Sie sprach aber diese Vermutung in ihren Werken nie aus. Rutherford tat dies als erster. Madame Curies Arbeiten leiteten jedoch das Atomzeitalter ein.

H. Wüger