Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 47 (1956)

Heft: 22

Rubrik: Communications ASE

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: 22.08.2025

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

Disposition des phases: RSTRST [Calcul au paragraphe (23)]

Tableau II

	Calcul 1re approximation A	Calcul 2e approximation A	Mesure Valeur moyenne A
$R : I_1$	815	872	808
$S : I_2$	1167	1015	1003
$T : I_3$	1027	1058	1059
$R : I_4$	1185	1128	1192
$S : I_5$	833	985	997
$T : I_6$	973	942	941

Disposition des phases: RSTTSR [Calcul an paragraphe (25)]

Tableau III

	Calcul A	Mesures A
$R : I_1$	1000	1025
$S : I_2$	1000	1017
$T : I_3$	1000	1001
$T : I_4$	1000	999
$S : I_5$	1000	983
$R : I_6$	1000	975

3. Calcul d'une ligne triphasée à *n* câbles par phase

La même méthode est applicable sans autre, même si les câbles ne sont pas en nappe. Comme il ne s'agit pas, généralement, de calculer les valeurs des impédances, mais seulement de trouver la disposition des câbles la plus favorable pour qu'ils soient chargés également, il suffit de s'arrêter dès qu'on constate que les valeurs complexes des $\dot{Z}_n'$ des câbles de la même phase sont égales.

Rappelons les hypothèses nécessaires pour qu'un tel calcul corresponde à la réalité:

Câbles de même longueur;
Capacités négligeables vis-à-vis des inductions;
Espacement des câbles régulier sur toute leur longueur;
Effet négligeable — ou semblable pour chaque conducteur — des courants induits dans les gaines métalliques des câbles [5].

Bibliographie

[1] *Arnold, A. H. M.:* The Alternating-Current Resistance of Parallel Conductors of Circular Cross-Section. J. Instn. Electr. Engrs. t. 77(1935), n° 463, p. 49...58.

[2] *Arnold, A. H. M.:* The Inductance of Wires and Tubes. J. Instn. Electr. Engrs. t. 93(1946), Part 2, n° 36, p. 532...540.

[3] *Lawrence, R. F.* and *D. J. Povejsil:* Determination of Inductive and Capacitive Unbalance for Untransposed Transmission Lines. Trans. AIEE t. 71(1952), Part 3, p. 547...556.

[4] *Kluss, E.:* Elektrische Unsymmetrie in Hochstromleitungen grosser Drehstrom-Schmelzöfen. ETZ t. 72(1951), n° 4, p. 115...117.

[5] *Bernard, P.:* Pertes d'énergie dans les câbles souterrains unipolaires en système triphasé. Bull. ASE t. 42(1951), n° 24, p. 954...966.

Adresse de l'auteur:

B. Schmidt, ingénieur diplômé EPUL, S. A. des Câbleries et Tréfileries de Cossonay, Cossonay-Gare (VD).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Ein neues Ausbildungsprogramm für die Energieumwandlung

378.141.4 : 621.31

[Nach *G. S. Brown, A. Kusko und D. C. White:* A New Educational Programm in Energy Conversion. Electr. Engng. Bd. 75 (1956), Nr. 2, S. 180...185]

Im Juni 1955 schlossen die ersten Studenten der elektrotechnischen Abteilung des Massachusetts Institute of Technology (MIT) ihr Studium nach dem vollständig revidierten Studienplan ab [1]. Dieser besteht aus acht Kerngebieten elektrotechnischer Richtung (Tabelle I). Drei davon können zusammengefasst werden unter dem allgemeinen Begriff *Energieumwandlung*. Es sind dies:

1. **Felder, Materie (Werkstoffe) und Bestandteile (im 5. Semester);**
2. **Elektrische Energiewandler (im 6. Semester);**
3. **Elektrische Leistungsmodulatoren (im 7. Semester).**

Jedem Gebiet sind 12 Wochenstunden eingeräumt, die sich auf Vorlesung, Repetitorium, Laboratoriumsübungen und Hausarbeit verteilen. Mit den übrigen Fächern kommt der Student auf eine wöchentliche Belastung von 45...50 Stunden. Das vorangehende Studium der Stromkreistheorie nach dem Textbuch von *Guillemin* [2], der grundlegende viersemestrige Physikunterricht sowie eine gute mathematische Ausbildung in den ersten zwei Jahren gestatten eine Behand-

Darstellung der Vierjahresausbildung für Elektrotechnik am MIT

Tabelle I

Studiumjahr	Fächer					
1. Jahr	Chemie	Physik	Wahlfach	Mathematik	Militärwissenschaft	humanistische Fächer
2. Jahr	Stromkreistheorie		angewandte Mechanik			
3. Jahr	elektronische Stromkreise	Felder, Materie und Bestandteile			Wahlfächer: Thermodynamik Physik Mathematik	
	angewandte Elektronik	elektrische Energiewandler				
4. Jahr	Energieübertragung und Abstrahlung	elektrische Leistungs-modulatoren			Schriftliche Arbeit (Diplomarbeit)	
	Wahlfächer innerhalb Fachrichtung					

[1]) Siehe Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 10, S. 489...491.

[2]) *Guillemin, E. A.:* Introductory Circuit Theory. Siehe Buchbesprechung im Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 6, S. 191.

Beziehungen zwischen Wissenschaft und Technik für die Energieumwandlung und ihre Anwendungen Tabelle II

I	II			III
Wissenschaftliche Anschauungen	Aufgabe des Ingenieurs: **Synthese** *(Felder + Materie = Einrichtungen)*			Anwendungen
	Aufgabe des Ingenieurs: **Analyse** *(dynamische Gleichungen + Stromkreistechnik = Verhalten)*			
Umwandlung und Steuerung elektrischer Energie	moderne Physik → A	elektromagnetische Theorie → B	Stromkreistheorie → C	A′ B′ C′
Betrachtung der Kräfte: 1. Lorentzsche Kraftbeziehung 2. Newtonsche Mechanik 3. Maxwellsche Gleichungen 4. Lorentz-Transformation und relativistische Mechanik	**Molekular- und Atomtechnik** 1. Wellenmechanik 2. Elektrodynamik mit Quanten	**elektromagnetische Technik** 1. Leistungsfluss (Poynting-Vektor) 2. Poissonsche Gleichung	**Stromkreistechnik** 1. Matrizenalgebra 2. Laplace- und Fourier-Transformation 3. Topologie	**Energieumwandlung** als allgemeines Konzept; Feldtheorie u. Atomphysik als Mittel, um das Verhalten *einzelner* Einrichtungen zu erforschen
Betrachtung der Energie: 1. Die zwei Hauptsätze der Energie 2. Virtuelle Arbeit und virtuelle Bewegung 3. Hamiltonsche Gleichung, Lagrange- und andere Funktionen über Légendre-Transformation und Variationsrechnung 4. Austauschbarkeit von Masse und Energie	**Umwandlung: Atom-, Wärme-, chemische und andere Energie in Elektrizität**	**Umwandlung: Elektromechanisch**	**Umwandlung: Elektro-elektrisch**	**Leistungsmodulation** als allgemeines Konzept; Stromkreistechnik als Mittel, um das Verhalten *ganzer* Systeme zu erforschen
verallgemeinerte Bewegungsgleichungen 1. verallgemeinerte Koordinaten 2. Unabhängigkeit der Variabeln 3. Differentialgleichungen (lineare und nichtlineare) ↓ A ↓ B ↓ C	1. **Wärme-Elektrizitäts-Wandler** 2. **Batterien:** a) chemische; b) atomische; c) mit Sonnenenergie. 3. **Sperrschichtzellen** 4. **Photochemische Zellen** 5. **Teilchenbeschleuniger** ↓ A′	1. **Lineare Bewegung:** a) Solenoid; b) akustische Wandler; c) magnetostriktive Wandler; d) piezoelektrische Wandler. 2. **Drehende Bewegung:** A) *magnetisches Feld:* a) Synchronmaschinen b) Asynchronmaschinen c) Kommutatormaschinen d) Reluktanzmaschinen e) Hysteresismaschinen B) *elektrisches Feld:* a) Elastanzmaschinen ↓ B′	1. **Kontinuierliche Leistungsübertragung:** a) Transformator; b) Übertragungsleitung; c) Vakuumröhre; d) Festkörper. 2. **Diskontinuierliche Leistungsübertragung:** a) magnetisch gesättigt; b) dielektrisch gesättigt; c) Gasentladungsröhren; d) Relais- und Kontaktschaltungen; e) Halbleitergleichrichter und Transistoren. ↓ C′	Regelungstechnik **isolierte Vorgänge** | **System-Vorgänge**

lung der Energieumwandlung auf breiterer Basis und in allgemeinerer Form als früher. Das gesamte Thema beginnt mit den Feldern und bringt diese in Zusammenhang mit der mikroskopischen Struktur der Materie, fährt dann fort, durch Kombination von verschiedenem Material mit Feldern Energieprozessfunktionen herauszufinden, behandelt verschiedene solche Einrichtungen und findet seinen Höhepunkt im Studium von Energieumwandlungssystemen, bestehend aus untereinander verbundenen Einrichtungen.

Das erste Gebiet, betitelt *Felder, Materie und Bestandteile,* umfasst:

Vektoren und Felder; magnetisches und elektrostatisches Feld; Dielektrika, Magnetika; Energie und Kräfte im statischen Feld; elektromagnetische Felder.

Felderscheinungen werden in Zusammenhang gebracht mit Begriffen wie Widerstand, Kapazität, Induktivität, welche in der Stromkreistheorie auftreten, und es wird versucht, dem Studenten ein gewisses Fühlen beizubringen, ob ein Problem mit der Feld- oder mit der Kreistheorie anzupacken sei. Das Feldkonzept wird zum Verständnis der Molekulartheorie der Dielektrika und Magnetika und des Zusammenhanges mit dem makroskopischen Verhalten dieser Materialien sowie deren Energiestatus benutzt. Die grundlegenden Eigenschaften des elektromagnetischen Feldes werden zusammengefasst in den Maxwellschen Gleichungen. Die Laboratoriumsarbeiten umfassen Übungen in Felddarstellungen mit verschiedenen Methoden und Studien über dielektrische und magnetische Eigenschaften von Werkstoffen unter verschiedenen Einflüssen wie Feldstärke, Frequenz und Temperatur.

Der Inhalt des zweiten Gebietes, betitelt *elektrische Energiewandler,* ist:

Gekoppelte magnetische Kreise; magnetischer Verstärker; Energie, Energiewandlung; Wandler mit sehr kleiner Bewegung.

Es gilt zu zeigen, wie die Wechselwirkung zwischen Feldern und Materie zu Methoden der Energiesteuerung oder Energieumwandlung führen und wie der Ingenieur dazu entsprechende Einrichtungen schaffen kann. Eine wichtige Rolle

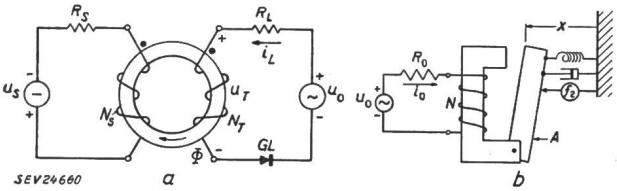

Fig. 1
Beispiele elektrischer Energieumwandler

a magnetischer Verstärker mit Einzel-Kern
u_S Steuerspannung; N_S Steuerwicklung; R_L Lastwiderstand; i_L Laststrom; u_0 Quellenspannung; N_T Ausgangswicklung; *GL* Gleichrichter; Φ magnetischer Fluss

b elektromechanischer Wandler mit einfacher Erregung
u_0, R_0, i_0 Spannung, Innenwiderstand bzw. Strom der elektrischen Quelle; *N* Windungszahl der Wicklung; *A* Anker; f_2 mechanische Kraft; *x* Bewegungskoordinate

spielen die magnetischen Materialien und ihre Kombination zur Speicherung, Umformung und Steuerung von Energie. Drosselspulen, gekoppelte magnetische Kreise, magnetische Schalter und Verstärker gehören dazu. Die Umwandlung elektrischer in mechanische Energie und umgekehrt ergibt sich aus der Betrachtung der Kräfte, der induzierten Ladungen und Spannungen bei Veränderung der Felder bzw. Bewegung der Materie im Feld. Die dynamische Betrachtung geschieht mit Hilfe der Lagrangeschen Gleichungen für ganze Systeme, wobei besondere Sorgfalt auf die Wahl der Koordinaten gelegt wird. Zunächst werden nur Systeme mit kleinen Bewegungen zugelassen, wozu die Gruppe der reversiblen Wandler gehört. Ihr Verhalten wird durch die Darstellung als analoge Stromkreise, Blockschemata und Frequenzgang beschrieben.

Das dritte Gebiet, betitelt *Leistungsmodulatoren,* behandelt:

verallgemeinerte Dynamik von Energiewandlern; translatorische Leistungsmodulation; rotierende Leistungsmodulation; Energieumwandlungssysteme.

Hier werden das dynamische Verhalten von elektromechanischen Einrichtungen für Energievorgänge behandelt, insbesondere jene, welche mit einem «Signal» einen Energiefluss steuern. Besondere Schwierigkeiten bereiten die Nichtlinearität infolge Sättigungserscheinungen im Material und die analytische Behandlung bestimmter rotierender Leistungs-

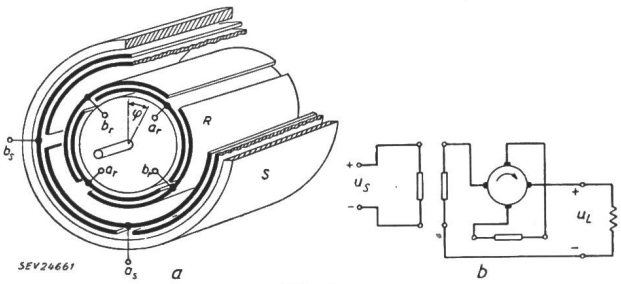

Fig. 2
Beispiele verallgemeinerter Maschinen

a verallgemeinerte rotierende 2-Phasenmaschine
R Rotor; *S* Stator

b Bürsten-Metadynmaschine
u_S Steuerspannung; u_L Lastspannung

modulatoren (Maschinen). Es wird versucht, bis zu den Lösungen, welche heute bekannt sind, vorzustossen und auch Methoden in Betracht zu ziehen, welche mit Hilfe von Rechenmaschinen das Problem zu lösen suchen. Das Verfahren der Linearisierung und der Gebrauch von linearen Übertragungsfunktionen gestatten, ganze gegengekoppelte Systeme mit Maschinen eingehend zu studieren. Die Laboratoriumsarbeiten befassen sich mit der Bestimmung der verschiedenen Parameter und Übertragungsfunktionen, wie z. B. von Metadynmaschinen und Servomotoren, mit Messungen an gegengekoppelten Systemen und Kontrolluntersuchungen mit Hilfe eines Analogierechengerätes (Reeve Analogue Computer).

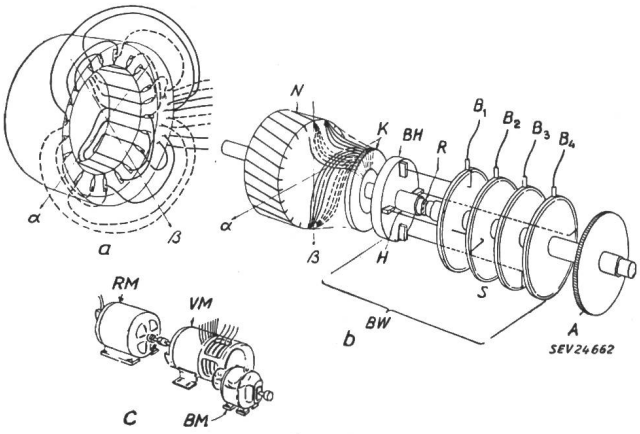

Fig. 3
Laboratoriumsausführung der verallgemeinerten 2-Phasenmaschine

a Stator
α, β Feld-Achsen des Stators

b Rotor
α, β Feld-Achsen des Rotors; *A* Antriebsrad des Bürstenwagens; $B_1 \ldots B_4$ Bürsten; *BH* Bürstenhalter (aus Kunststoff); *BW* Bürstenwagen; *H* Hohlwelle des Bürstenwagens; *N* Nuten (Anzahl: 28) mit einer Schräge von 1 Nutenteilung; *S* Schleifringe

c Zusammenstellung
BM Bürstenwagen-Antriebsmotor; *RM* Rotor-Antriebsmotor; *VM* verallgemeinerte Maschine

Einige typische Beispiele zeigen Aufgaben im Laboratorium, mit deren Hilfe das Verständnis durch Hausaufgaben, experimentelle Untersuchungen usw. gefördert werden soll. Die Beispiele in Fig. 1 gehören in das Gebiet der elektrischen Energieumwandlung, diejenigen der Fig. 2 und 3 in das Gebiet der Leistungsmodulation.

Für die Lehre der geschilderten Gebiete stehen die Erfahrungen aller Mitglieder der Fakultät zur Verfügung. Da

die Ausbildung der Studenten wesentlich in den Händen von Assistenten liegt, ist die nächste Aufgabe, einen tüchtigen Stab junger Absolventen für den Unterricht nachzuziehen. Als Ergänzung sind Forschungsarbeiten in den betreffenden Gebieten ausserordentlich nützlich und notwendig, um das Interesse der Studenten zu wecken. Manche Probleme sind noch zu lösen, während das Unterrichtsprogramm bereits abrollt. Textbücher sind zu erstellen zur Entlastung der Hauptdozenten. Wichtig ist die Koordination, damit sich der Übergang von einem Gegenstand zum nächsten fliessend gestaltet. Dies ist vor allem ein Verständigungsproblem innerhalb des Lehrstabes. Ein drittes Problem ist die Aufstellung eines guten Laboratoriumsprogrammes in Verbindung mit den Vorlesungen. Der Schlüssel zu schöpferischer Laboratoriumsarbeit liegt in der Weckung der Initiative der Assistenten und Studenten zur Erprobung neuer Möglichkeiten. Deshalb wurde das konventionelle Maschinenlaboratorium im MIT abgeschafft. Mit dem neuen Programm wurde das Interesse geweckt, viele neue Forschungsideen tauchten auf, und es wurden mehr Kredite gewährt.

Ein weiteres Problem stellt sich durch die Einbeziehung weiterer Energieumwandlungen, bei welcher die elektrische Energie eine wichtige Rolle spielt. In Tabelle II wird versucht, eine Gesamtdarstellung der Möglichkeiten zu geben. Das gegenwärtige Studienprogramm liegt in der Richtung dieser Entwicklung. *H. Weber*

Über die Lautstärke gleichförmiger Geräusche

534.791 : 534.322.3

[Nach *E. Zwicker* und *R. Feldtkeller:* Über die Lautstärke von gleichförmigen Geräuschen. Acustica Bd. 5(1955), Nr. 6, S. 303...316]

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Verfahren anzugeben zur Berechnung der Lautstärke gleichförmiger Dauergeräusche mit beliebigem Frequenzspektrum.

Solche Geräusche dienen mit Vorteil als Schallquellen bei Untersuchungen über die Gesetze des Hörens und vermeiden Nachteile, die sich bei der Verwendung von Tongeneratoren ergeben, wie z. B. das Auftreten von Schwebungen bei kleinen Frequenzabständen.

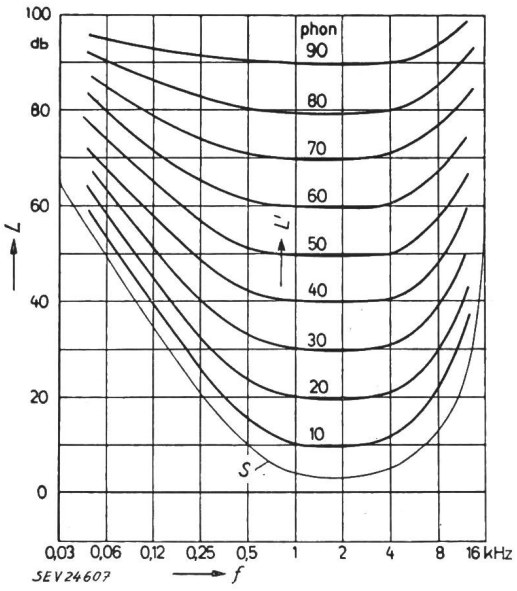

Fig. 1
Mittlere Kurven gleicher Lautstärke
f Frequenz; *L* Schalldruckpegel; *L'* Lautstärke; *S* Hörschwelle

Um die Berechnung der Lautstärke durchführen zu können, werden die «Kurven gleicher Lautstärke» (phon) benötigt, wie sie in Fig. 1 dargestellt sind. Bei der Aufnahme dieser Kurven zeigt es sich, dass es einem Beobachter leichter fällt zu entscheiden, ob von zwei Tönen verschiedener Frequenz der eine «lauter» oder «leiser» sei, als die präzise Feststellung, die beiden Töne seien «gleich laut». Von dieser Tatsache macht die vorliegende Messmethode Gebrauch.

Auch die «Kurven gleicher Lautstärke» mit der Lautheit (sone) als Parameter werden benötigt. Diese Kurven werden nach der Methode der Verdopplungs- oder Halbierungsschritte gewonnen; bei ihrer Aufnahme zeigt sich eine analoge Erscheinung wie bei den obenerwähnten Messungen (Fig. 2).

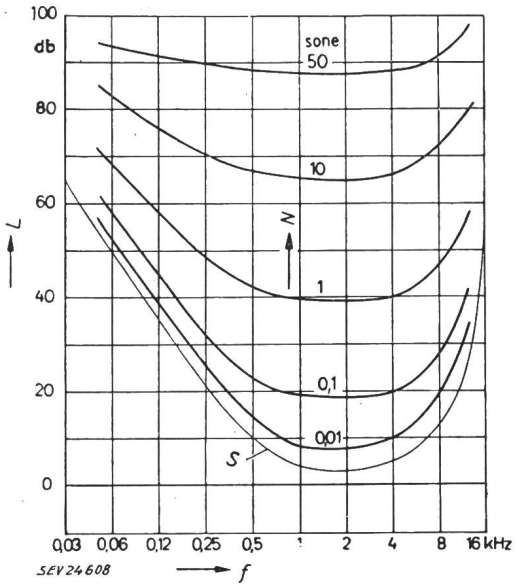

Fig. 2
Mittlere Kurven gleicher Lautheit
f Frequenz; *L* Schalldruckpegel; *N* Lautheit; *S* Hörschwelle

Bei einem gleichförmigen Bandpassrauschen ist neben der Bandbreite Δf der Effektivwert des Schalldruckes die entscheidende Grösse. Wenn die Bandbreite wächst, so ist durch Nachstellen einer Eichleitung dafür zu sorgen, dass dieser Effektivwert konstant bleibe. Die Messung der Lautstärke gleichförmiger Dauergeräusche wird so durchgeführt, dass das Rauschen mit dem einem Tongenerator entnommenen Sinuston der Bandmittenfrequenz verglichen wird. Dabei ergeben sich die für das menschliche Gehör charakteristischen Frequenzgruppen, deren Breite aus Fig. 3 hervorgeht.

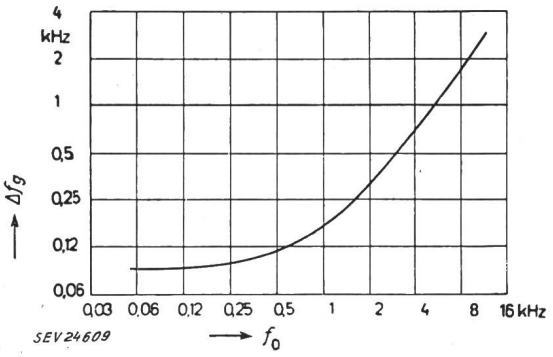

Fig. 3
Breite der Frequenzgruppen
f_0 Bandmittenfrequenz; Δf_g Breite der Frequenzgruppe

Wenn ein gleichförmiges Geräusch eine Bandbreite hat, die gleich oder kleiner ist als die Breite einer charakteristischen Frequenzgruppe, so werden Ton und Geräusch als «gleich laut» empfunden, wenn ihre effektiven Schalldruckpegel übereinstimmen. Wird die Bandbreite des Geräusches grösser, so nimmt seine Lautstärke zu, trotz gleichbleibender Effektivwerte. Dies ist nur so zu erklären, dass benachbarte Frequenzgruppen zusammenwirken. Wird das Geräuschband

Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 1025
Es folgen «Die Seiten des VSE»