

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 44 (1953)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Le calcul des inductances à noyau de fer supportant le courant continu  
**Autor:** Ward, Edward E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059901>

### 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:** 17.01.2026

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

# BULLETIN

## DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

### Le calcul des inductances à noyau de fer supportant le courant continu

Par Edward E. Ward, Birmingham

621.3.011.3:621.318.4

*L'auteur expose un procédé pour le calcul des inductances à noyau de fer, qui permet de déterminer la résistance de l'enroulement, ainsi que le coefficient d'autoinduction et la valeur du courant continu admissible.*

*Der Autor entwickelt ein Verfahren zur Berechnung von Drosselspulen mit Eisenkernen, nach welchem sich der Wicklungswiderstand, die Induktivität und der Wert des zulässigen Gleichstroms ermitteln lassen.*

#### I. Aperçu des procédés connus

Dans un réseau électrique, le besoin d'une inductance d'une grande valeur exige l'emploi d'une bobine à noyau de fer. Au cas où une telle bobine doit supporter un courant continu, la perméabilité du noyau est réduite à cause de la polarisation directe. Ainsi, il arrive que la réalisation économique d'une bobine d'inductance donnée demande un entrefer dans le circuit magnétique et, par conséquent, le calcul des données de construction devient compliqué.

L'exploitation pratique d'une bobine d'inductance dans un réseau fournit les quatre valeurs primaires suivantes :

ou de frais de construction. Les procédés traités dans la suite seront limités à ceux qui fournissent un maximum en perméabilité équivalente  $\mu'$  du noyau avec entrefer en modifiant le coefficient de l'entrefer  $\alpha$  conformément aux autres paramètres. La perméabilité équivalente  $\mu'$  se détermine par l'équation

$$\frac{1}{\mu'} = \left( \frac{1}{\mu_\Delta} + \alpha \right) \text{ où}$$

$\mu_\Delta$  Permeabilité alternative du fer

$\alpha$  Coefficient de l'entrefer ( $\alpha = a/l$ )

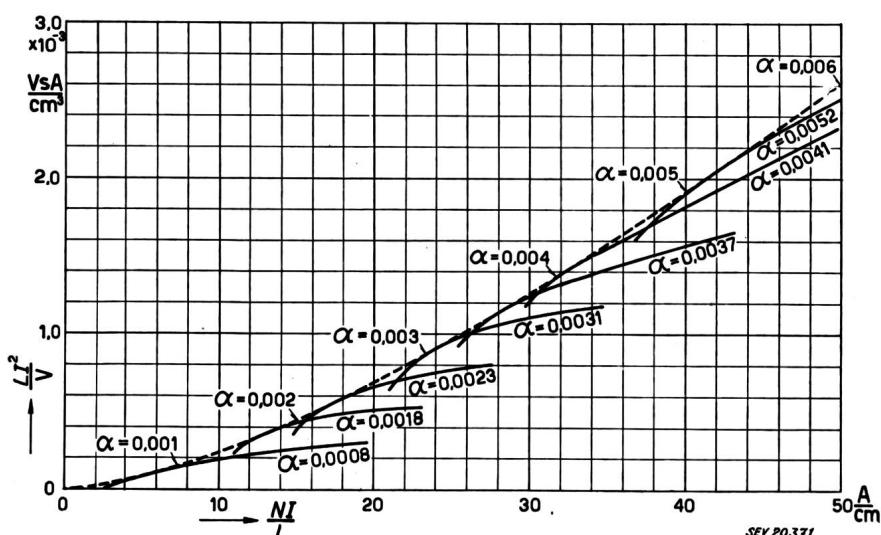
$a$  Epaisseur de l'entrefer en cm

$l$  Longueur du circuit magnétique en cm

Dans une publication de 1927<sup>1)</sup>, C. R. Hanna a exposé la méthode ingénieuse qui est généralement utilisée aujourd'hui. La fig. 1 montre ce procédé au moyen des données récentes<sup>2)</sup> relatives à un noyau d'acier à 4 % de silicium, en tôles en T et en U. Elle présente un groupe de graphiques qui montrent, chacun pour sa valeur unique du coefficient  $\alpha$ , la relation entre

Fig. 1

Courbes de C. R. Hanna  
 $\Delta B = 30,0 \text{ Gs}; f = 1000 \text{ Hz}$   
 Acier avec 4 % de silicium



1. Le coefficient d'auto-induction  $L$  valable pour les courants alternatifs en Henry (H).
2. La tension alternative  $U_a$  prévue entre les bornes de l'enroulement en V.
3. Le courant continu  $I$  à supporter en A.
4. La différence de potentiel admissible en courant continu  $U_d$  en V et, par conséquent, la résistance de l'enroulement  $R = U_d/I$  en  $\Omega$ .

Ces valeurs étant données, il y a lieu de déterminer les dimensions pratiques qui peuvent les réaliser avec la plus grande économie de poids, d'encombrement

$$\frac{L I^2}{V} \text{ et } \frac{N I}{l} \text{ où}$$

$V$  Volume du noyau en  $\text{cm}^3$

$N$  Nombre des spires de l'enroulement

La ligne à traits interrompus est l'enveloppe de ces graphiques, qui fournit les paramètres de perméabilité équivalente maximum; elle porte une échelle de la valeur optimum du coefficient de l'entrefer  $\alpha$ .

<sup>1)</sup> C. R. Hanna: J. AIEE vol. 46 (1927), p. 128.

<sup>2)</sup> L'auteur tient à remercier T. V. Raknes, I. A. McCord, R. A. Mudway, de l'Université de Birmingham, qui ont fait les expériences.

Ainsi, pour se servir de cette méthode, on choisit un noyau dont  $l$  et  $V$  sont connus; l'intersection de l'ordonnée  $\frac{LI^2}{V}$  avec la ligne à traits interrompus fournit la valeur  $\frac{NI}{l}$  par laquelle le nombre  $N$  des spires est à calculer. Le coefficient de l'entrefer  $\alpha$  se trouve marqué sur l'enveloppe. La résistance  $R$  de l'enroulement n'est pas visible dans de tels graphiques; elle doit être déterminée d'après les données géométriques du noyau et de la bobine. Une valeur de  $R$  plus grande que celle qui est permise indique que les calculs ont été basés sur un noyau trop petit.

## II. Transformation des graphiques

Les données montrées par la fig. 1, qui sont entièrement magnétiques et n'aident pas à la détermination de la résistance  $R$ , peuvent être exprimées d'une autre façon. On voit par cette figure, selon le principe d'un maximum de la perméabilité équivalente  $\mu'$ , que les valeurs  $\frac{LI^2}{V}$  et  $\alpha$  sont déterminées

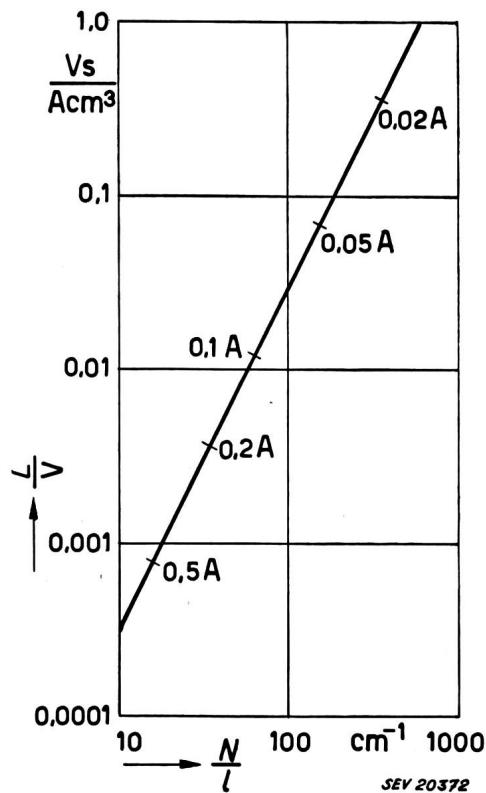


Fig. 2  
Une courbe transformée  
 $\alpha = 0,001$ ;  $\Delta B = 30,0$  Gs;  $f = 1000$  Hz

quand  $\frac{NI}{l}$  est déterminé. On prend une valeur fixe de  $\frac{NI}{l} = K_2$ ; la valeur relative de  $\frac{LI^2}{V}$  est  $K_1$ ; le coefficient de l'entrefer  $\alpha$ ; toutes ces valeurs sont invariables. Ainsi

$$\frac{L}{V} = \frac{K_1}{I^2} = \frac{K_1}{K_2^2} \left( \frac{N}{l} \right)^2 \quad (1)$$

Dans cette équation,  $K_1$  et  $K_2$  sont des constantes;

en coordonnées bi-logarithmiques, l'équation est représentée par une ligne droite à pente 2,0 selon la fig. 2. Le quotient  $\left( \frac{N}{l} \right)$  étant la variable indépendante et  $\left( \frac{N}{l} \right)$  devant rester constant, la ligne porte les indications des valeurs du courant continu pour lesquelles  $\mu'$  est maximum.

De la même façon, on prend d'autres valeurs  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ , etc., du coefficient  $\alpha$ , ainsi que des valeurs relatives de  $K_1$  et  $K_2$ . On obtient un groupe de lignes droites et parallèles à pente 2,0. Les valeurs de courant continu donnent des courbes transversales, dont chacune représente une valeur constante du courant (voir fig. 3). Le quotient  $\left( \frac{K_1}{K_2^2} \right)$  de l'équation (1) est représenté en fonction du coefficient  $\alpha$  sur la fig. 4.

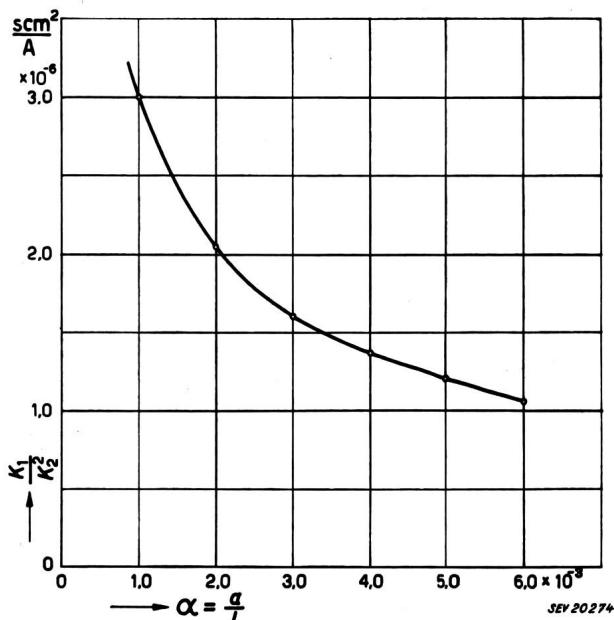


Fig. 4  
 $\frac{K_1}{K_2^2}$  en fonction de  $\alpha$   
 $\Delta B = 1000$  Gs;  $f = 1000$  Hz  
Acier avec 4 % de silicium

Jusqu'ici, nous n'avons utilisé que des données magnétiques auxquelles nous sommes habitués, quoique l'auteur lui-même préfère la présentation de la fig. 3 à celle de la fig. 1, en la trouvant plus commode à exploiter.

## III. Effet de la valeur de la tension alternative

Il est bien connu que la perméabilité alternative  $\mu_\Delta$  du fer (et par conséquent toutes les dimensions de construction) dépend de la valeur de  $\Delta B$ , composante alternative du flux magnétique (en Gauss, Gs). Les données des fig. 1 et 3 étaient mesurées avec un  $\Delta B$  de 30,0 Gs à 1000 Hz. Pour des valeurs de  $\Delta B$  beaucoup plus élevées ou inférieures, il faut entièrement recalculer les courbes des fig. 1 et 3, en se servant des mesures relatives. Après avoir déterminé les dimensions d'une bobine d'inductance, il y a donc lieu de contrôler la valeur de  $\Delta B$  qui

résulte de la tension  $U_a$  aux bornes, et de procéder au besoin à un nouveau dimensionnement.

#### IV. Calcul des inductances, quand la résistance est donnée

Parmi les quatre données primaires que nous avons mentionnées, nous ne nous sommes occupés jusqu'ici que de  $L$ ,  $U_a$  et  $I$ . La résistance  $R$  de l'en-

$l_m$  Longueur moyenne d'une spire en cm

$\varrho$  Résistivité du cuivre en  $\Omega \text{ cm}$

$m$  Section du fil en  $\text{cm}^2$

Si nous écrivons les rapports avec la longueur  $l$  du circuit magnétique:

$$l_m = u l \quad m N = v l^2$$

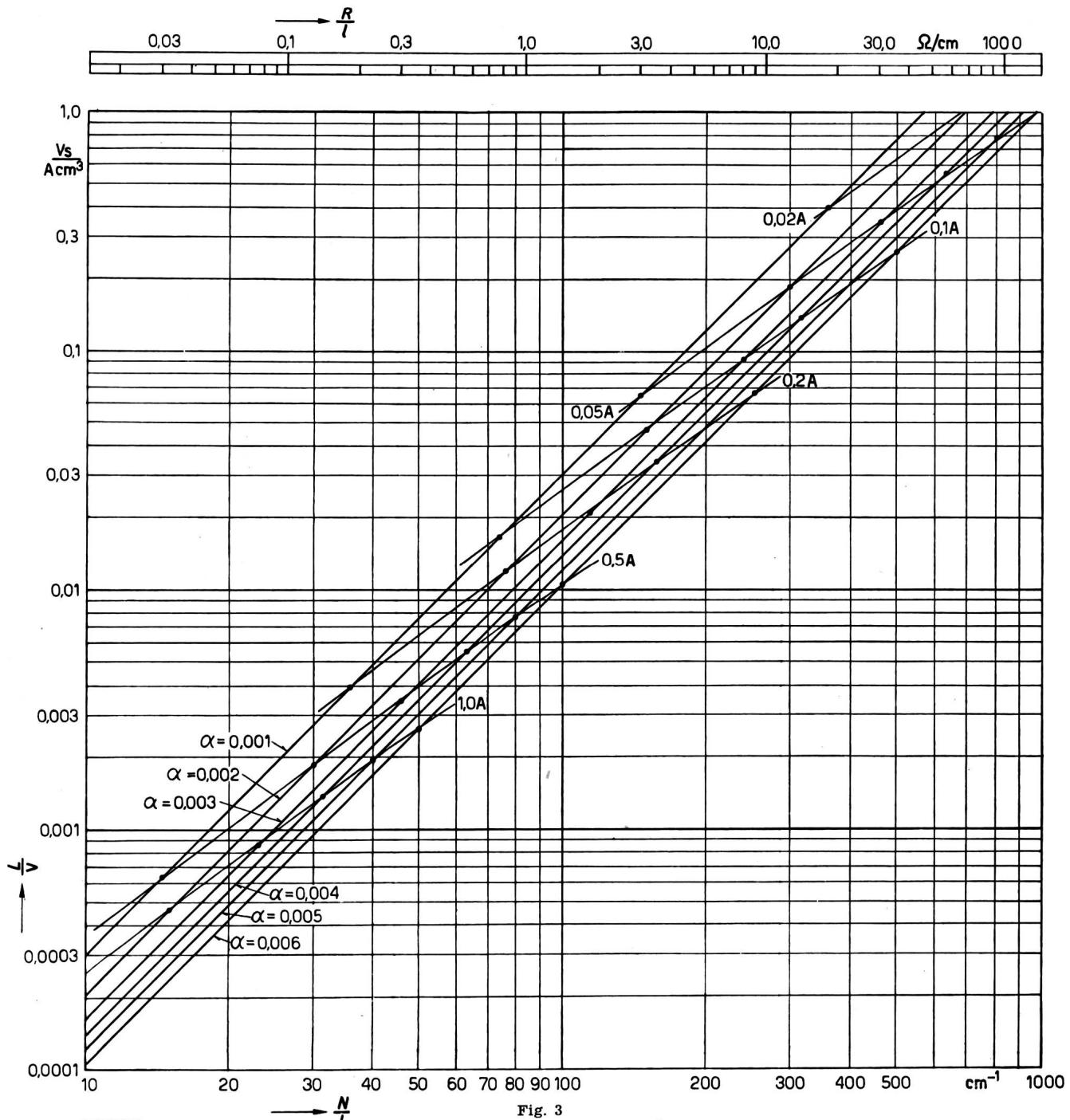


Fig. 3  
Champ des courbes transformées  
 $\Delta B = 30,0 \text{ Gs}$ ;  $f = 1000 \text{ Hz}$   
Acier avec 4 % de silicium

roulement se détermine uniquement au moyen des graphiques de la fig. 3.

La résistance d'un enroulement de cuivre peut s'écrire:

$$R = \frac{N l_m \varrho}{m}, \text{ où} \quad (2)$$

l'équation (2) devient:

$$R = \frac{N u l \varrho}{\left( \frac{v l^2}{N} \right)} = \frac{u \varrho \cdot N^2}{v l}$$

Ainsi on obtient:

$$\left(\frac{R}{l}\right) = \frac{u \varrho}{v} \left(\frac{N}{l}\right)^2 \quad (3)$$

Le quotient  $\left(\frac{R}{l}\right)$  exprime la résistance de l'enroulement par centimètre de longueur du circuit magnétique. En coordonnées bi-logarithmiques, l'équation (3) est représentée par une ligne droite à pente 2,0. En ce qui concerne la fig. 3, on peut y ajouter une autre échelle parallèle à celle de  $\left(\frac{N}{l}\right)$  et dont toute dimension linéaire est la moitié de celle de la première échelle; ainsi est exprimé le rapport quadratique de l'équation (3). Une telle échelle est indiquée sur la fig. 3.

Des données relatives à des tôles que l'on peut actuellement se procurer en Grande-Bretagne montrent que le quotient  $\left(\frac{u}{v}\right)$  demeure sensiblement constant pour des valeurs de  $V$  entre 26,0 et 2780 cm<sup>3</sup>. En somme, le rapport peut s'exprimer par

$$\frac{R}{l} = 1,44 \cdot 10^{-4} \left(\frac{N}{l}\right)^2$$

Cette équation est calculée en admettant que la

section totale  $m N$  du cuivre soit la moitié de la section utile  $A$  (en cm<sup>2</sup>) de la bobine.

Cette supposition n'est pas tout à fait juste, car la section  $m N$  peut augmenter jusqu'à environ 0,6 A pour les fils épais et diminuer jusqu'à environ 0,4 A pour les fils fins. Les expériences pratiques fourniront des données qui pourront remplacer l'échelle de la fig. 3 par une échelle empirique.

Pour procéder à une détermination à l'aide des graphiques transformés, on choisit comme précédemment un noyau dont  $l$  et  $V$  sont connus, et on se sert d'un tableau de courbes, selon la fig. 3, dont la valeur de  $\Delta B$  s'approche de la valeur attendue.

L'intersection de l'ordonnée  $\left(\frac{L}{V}\right)$  avec la ligne transversale du courant continu détermine le quotient  $\left(\frac{R}{l}\right)$ . Si la résistance qui en résulte est plus petite que celle qui est permise, la grandeur du noyau peut être diminuée. On compare ensuite la valeur de  $\Delta B$  avec celle du tableau de courbes.

La détermination de la résistance ne peut guère se faire avec une très grande précision, mais le procédé offre néanmoins une valeur approximative qui suffira pour le choix du noyau.

#### Adresse de l'auteur:

D<sup>r</sup> Edward E. Ward, The University, Birmingham 15 (England).

## Die Erschütterungsmessung und ihre Anwendung beim Auswuchten rotierender Maschinen

Von Ir. D. Dam, Zürich

531.7 : 531.382

*Die praktische Anwendung der Erschütterungsmesstechnik hat erst in den letzten Jahren in breiten Kreisen Eingang gefunden. Dank industrieller Ausführung und sinnvoller Konstruktion der Erschütterungsmessgeräte konnte die Auswertung der Messergebnisse sehr vereinfacht werden und wurde somit die praktische Verwendung in der Industrie ermöglicht.*

*Der Aufsatz befasst sich mit dem Aufbau und technischen Merkmalen dieser Erschütterungsmessgeräte sowie mit der angewandten Messmethode. Zum Schluss wird die dynamische Auswuchtung mit Hilfe der Erschütterungsmessung besprochen.*

*L'application pratique de la technique de la mesure des vibrations mécaniques n'a suscité l'intérêt qui lui est dû que ces dernières années.*

*Grâce à une réalisation industrielle et une construction ingénieuse des capteurs électrodynamiques, il a été possible de simplifier la mise en valeur des résultats de mesure et, par conséquent, d'en faire bénéficier l'industrie d'une façon pratique.*

*L'article traite de la construction et des caractéristiques techniques des instruments pour la mesure des vibrations mécaniques ainsi que de la méthode de mesure appliquée. Finalement il est discuté de l'équilibrage dynamique obtenu au moyen des mesures de vibrations mécaniques.*

### Einleitung

Die in den letzten Jahrzehnten sich sehr rasch entwickelnde Industrialisation und die enorme Ausbreitung des Transportwesens machte es notwendig, die bei dynamischer Belastung auftretenden Deformationen in einfacher Weise messen zu können. Anfänglich konnte man sich für die weniger komplizierten Messungen mit mechanischen oder optischen Messmethoden begnügen, welche jedoch allmählich von der elektrischen Messtechnik ersetzt wurden. Dies ist hauptsächlich dem zu verdanken, dass durch die elektrische Messtechnik die Zahl von Messwerten ohne grossen Aufwand erweitert werden kann.

Durch Vervollständigung von elektrischen Messgeräten haben sich die Anwendungsmöglichkeiten der Erschütterungsmesstechnik stets vergrössert und sind auch jetzt noch im Steigen begriffen.

Die Ziele der Erschütterungsmesstechnik sind wie folgt zu unterteilen:

a) Erhöhung der Lebensdauer, des Nutzeffektes und Vergrösserung der Zuverlässigkeit von Maschinen, Fahrzeugen und anderen dynamisch beanspruchten Konstruktionen, indem durch Untersuchung der dynamischen Vorgänge die zweckmässigste Konstruktion und Gestaltung gewählt werden kann. Als sehr wichtige und vielleicht am häufigsten vorkommende Verwendung muss hierbei das Auswuchten von rotierenden Maschinenteilen genannt werden.

b) Bekämpfung des störenden Einflusses von sich bewegenden Maschinen oder Geräten, z. B. auf benachbarte Präzisionsmaschinen oder -instrumente, sowie Hebung des Komforts durch Erschütterungsverringerung.

### Die verwendete Apparatur

#### I. Die Aufnehmer

Die Aufnehmer bezwecken die Umwandlung der Erschütterungen in elektrische Spannungen. Ihr