

15210



Gebrauchsanleitung für universelles dynamisches  
Auswuchtgerät RS 12 863



Für universelles dynamisch  
Y 862



**Gebrauchsanleitung für universelles dynamisches  
Auswuchtgerät RS 12 863**

Gebrauchsanleitung für universelles dynamisches  
=====

Auswuchtgerät RS 12 863  
=====

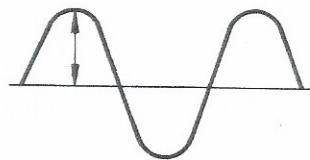
- 1.0 Einführung
- 1.1 Grundlegendes zur Schwingungsmessung/Beurteilungs-
- 1.2 Gerätetechnische Grundlagen maßstäbe
- 2.0 Funktionsbeschreibung
- 3.0 Der praktische Einsatz des Gerätes
- 3.1 Inbetriebnahme
- 3.2 Schwingungsmesser PMG 48
- 3.3 Allgemeine Schwingungsmessung
- 3.4 Auswuchten unter Betriebsbedingungen
- 4.0 Die Auswuchtverfahren
- 4.1 Auswuchten in einer Ebene
- 4.2 Auswuchten in zwei Ebenen
- 5.0 Anhang
- 5.1 Auswucht-Schemen
- 5.1.1 Schema Dreipunkt-Methode
- 5.1.2 Schema Strob-Methode
- 5.2 Beurteilungsgrenzen über zulässige Schwingweiten
- 5.2.1 Maschinengruppe K
- 5.2.2 Maschinengruppe M
- 5.2.3 Maschinengruppe G
- 5.2.4 Maschinengruppe T
- 6.0 Technische Daten

## 1.0 Einführung

### 1.1 Grundlegendes zur Schwingungsmessung/Beurteilungsmaßstäbe

Die Schwingungsmessung und die Auswuchtung dienen der Bekämpfung mechanischer Schwingungen mit dem Ziele der Erhöhung der Lebensdauer und der Betriebssicherheit maschineller Anlagen. - Die hier interessierenden Kenngrößen einer Schwingung sind:

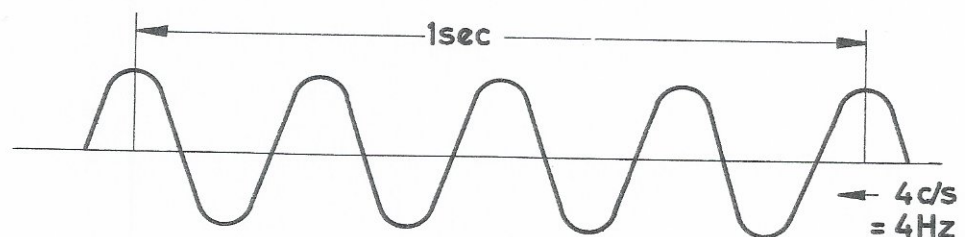
#### a) Die Wegamplitude



Hierunter versteht man - wie es der Pfeil andeutet - die Auslenkung aus der Ruhelage nach einer Seite hin.

Die Wegamplitude wird in mm oder  $\mu\text{m}$  gemessen  
 ( $1 \mu\text{m} = \frac{1}{1000} \text{ mm}$ ).

#### b) Die Frequenz



Als Frequenz bezeichnet man die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde. Die Anzahl der Schwingungen pro Minute - vorzugsweise im Maschinenbau gebräuchlich - bezeichnet man als Drehzahl. Sie hat die Dimension U/min.

$$60 \text{ s} = 1 \text{ min}$$

$$10 \text{ Hz} = 10 \times 60 = 600 \text{ U/min}$$

Beide Kenngrößen können mit dem universellen Auswuchtgerät RS 12863 gemessen werden. Die Kenntnis dieser beiden Kenngrößen ist insbesondere von Wichtigkeit, wenn entschieden werden soll, ob die an einer Maschine auftretende Schwingung im Bereich der Zulässigkeit liegt, oder ob eine ernsthafte Gefährdung zu befürchten ist.

In enger Fühlungnahme mit Fachleuten aus allen Ländern der Erde und durch gegenseitigen Erfahrungsaustausch gefördert hat die Fachgruppe Schwingungstechnik des Vereins deutscher Ingenieure Bewertungsmaßstäbe aufgestellt, die für die Beurteilung der Laufruhe von Maschinen heute weitgehend internationale Geltung erlangt haben (VDI-Richtlinie 2056). Diese Beurteilungsmaßstäbe sind nach verschiedenen Maschinengruppen aufgegliedert, denn es ist verständlich, daß man beispielsweise für landwirtschaftliche Maschinen größere Toleranzen zulassen kann als für hoctourige Turbokompressoren. Von den verschiedenen Beurteilungsgruppen haben die Gruppen K = Kleinmaschinen, M = Mittlere Maschinen, G = Großmaschinen auf schweren Fundamenten und T = Großmaschinen auf Leichtbau-Fundamenten besondere Bedeutung. Aus diesem Grunde sind die Beurteilungstafeln für diese vier Gruppen im Anhang dieser Betriebsanleitung beigelegt.

Nach der Tafel für Maschinengruppe T ist, um ein Beispiel der Anwendung dieser Richtlinie zu geben, das Laufverhalten einer Turbomaschine auf einem Leichtbau-Fundament mit einer Drehzahl von  $n = 3000 \text{ U/min}$

"gut"	bei max. $12,5 \mu\text{m}$ Schwingweite
"brauchbar"	bei $12,5 - 31,5 \mu\text{m}$ Schwingweite
"noch zulässig"	bei $31,5 - 80 \mu\text{m}$ Schwingweite
"unzulässig"	bei mehr als $80 \mu\text{m}$ Schwingweite.

Werden diese Grenzen überschritten, so kann und muß mit Hilfe Ihres Gerätes eine Auswuchtung im Betriebszustand vorgenommen werden.

In manchen Fällen wird als Abnahmemaßstab für die Laufruhe einer Maschine die sogenannte Schwingstärke herangezogen. Dieses Maß ist insofern besonders sinnvoll, als es beide Kenngrößen, nämlich die Wegamplitude als auch die Frequenz beinhaltet. Bei bekannter Wegamplitude und bekannter Frequenz errechnet sich die Schwinggeschwindigkeit:

$$V = \text{Wegamplitude} \cdot \text{Kreisfrequenz} = s \cdot \frac{n \cdot \pi}{30}$$

Etwas vereinfacht errechnet sich die Schwinggeschwindigkeit:

$$V = s \cdot n \cdot 10^{-4}$$

Hierin ist:

s die Wegamplitude in  $\mu\text{m}$

n die Frequenz in U/min

V die Schwinggeschwindigkeit in mm/sec.

Beispiel:

$$s = 20 \mu\text{m}$$

$$n = 3000 \text{ U/min}$$

$$V = 20 \cdot 3000 \cdot 10^{-4} = 6 \text{ mm/sec}$$

Dieses Maß ist der sogenannte äquivalente Scheitelwert ( $V_{\text{äqu}}$ ) der Schwinggeschwindigkeit. Aufgrund neuerer Festlegungen (VDI 2056, Oktober 1964) wird jedoch nicht der äquivalente Scheitelwert sondern der sogenannte Effektivwert ( $V_{\text{eff}}$ ) mit der Bezeichnung "Schwingstärke" als Maßgröße verwandt. Für beide gilt der Zusammenhang:

$$V_{\text{eff}} = 0,71 \cdot V_{\text{äqu}}$$

Beispiel:

$$V_{\text{äqu}} = 6 \text{ mm/sec}$$

$$V_{\text{eff}} = 0,71 \cdot 6 = 4,25 \text{ mm/sec}$$

## 1.2 Gerätetechnische Grundlagen

Das universelle Auswuchtgerät, bestehend aus einem oder zwei Schwingungsmessern PMG 48/S und dem elektronischen Anzeigegerät RS 12863 mit zugehöriger Stroboskop-Handlampe dient zur Durchführung von allgemeinen Schwingungsmessungen und zur universellen Auswuchtung unter Betriebsbedingungen. Insbesondere sind folgende Anwendungen möglich:

- 1) Durchführung von allgemeinen Schwingungsmessungen im Frequenzbereich von 10 - 150 Hz bei gleichzeitiger Einsatzmöglichkeit des eingebauten Lichtblitzstroboskops. Ohne Verwendung des Stroboskops können Schwingungsmessungen, d.h. Wegamplituden-Messungen im Bereich von 10 - 1000 Hz durchgeführt werden.
- 2) Ein- und Zweiebenen-Auswuchtung von rotierenden Teilen im Drehzahlbereich von 500 - 10 000 U/min. (Für Drehzahlen unter 500 U/min empfiehlt sich die Verwendung des Auswuchtgerätes RS 151153 TT).

Zur Erkennung von Schwingungen, die nicht unwuchtbedingt sind, z.B. Wälzlagerschäden, Magnetfehler, Getriebeschwingungen u.ä., wird als Zusatzgerät zur Sichtbarmachung der Schwingungskurvenform der Kathodenstrahl-Oszillograph RS 9963 empfohlen.

## 2.0 Funktionsbeschreibung

Der Schwingungsmesser wandelt die mechanischen Schwingungen des Meßobjektes in eine elektrische Meßspannung um, die der Schwinggeschwindigkeit proportional ist. Diese Meßspannung wird im Anzeigegerät elektrisch integriert, so daß am Zeigerinstrument direkt die Wegamplitude in  $\mu\text{m}$  angezeigt wird.



Im Anzeigegerät ist weiterhin eine stroboskopische Einrichtung vorhanden, die zur Bestimmung der Unwucht-Winkellage beim Auswuchten dient. Die vom Schwingungsmesser erzeugte Wechsellspannung wird dazu so umgeformt, daß einmal pro Umdrehung des rotierenden Maschinenteiles ein Impuls entsteht, der die Stroboskoplampe zündet. Durch den stroboskopischen Effekt scheint dann der rotierende Teil stillzustehen und man kann eine zur Kennzeichnung der Unwucht-Winkellage aufgebrachte Kreisteilung ablesen.

Zur Erzielung eines einwandfreien stroboskopischen Bildes ist es notwendig, die Meßspannungen von eventuellen Störungen zu befreien und nur die reine Unwuchtschwingung selbst zur Steuerung des Stroboskops zu verwenden. Dies geschieht mit Hilfe eines im Anzeigegerät eingebauten kontinuierlich abstimmbaren Filters. Die jeweils eingestellte Filterdrehzahl kann auf der Abstimmkala abgelesen werden. Der Meßteil des Anzeigegerätes RS 12863 ist mit kommerziellen Silicium-Transistoren ausgerüstet, die eine weitgehendste Temperaturstabilität gewährleisten und praktisch frei von Alterungserscheinungen sind. Im Stroboskopteil werden Thyristoren verwendet, die sich besonders durch lange Lebensdauer auszeichnen.

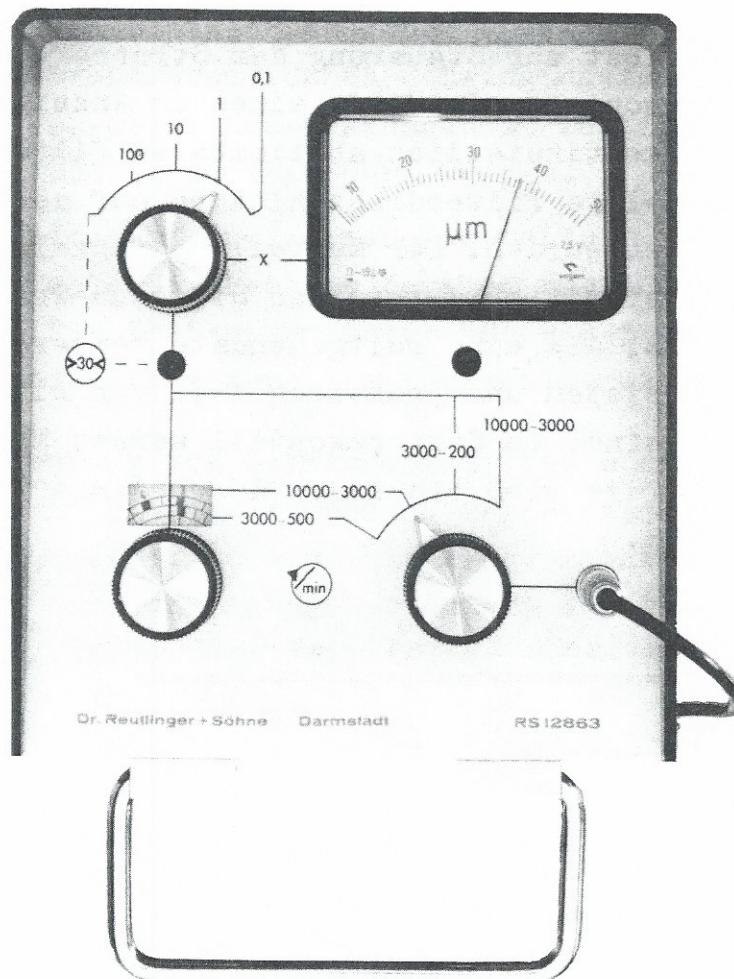
### 3.0 Der praktische Einsatz des Gerätes =====

#### 3.1 Inbetriebnahme =====

Vor Anschluß des Gerätes an das Stromnetz ist der auf der Rückseite des Gerätes befindliche Netzspannungswähler auf die jeweils gewünschte Netzspannung (220 Volt oder 110 Volt) einzustellen.

Achtung: Sicherung bei 220 Volt: 0,5 A  
Sicherung bei 110 Volt: 1,0 A

Bei Anschluß an das Netz leuchtet die Instrumentenbeleuchtung auf. Zur Kontrolle der Meßempfindlichkeit wird der Empfindlichkeitsschalter (Schalter auf der Frontplatte links oben, neben dem Meßinstrument) nach links auf den Anfang des Kreisbogens geschaltet. Nun muß sich ein Ausschlag von 30 Skalenteilen (rote Eichmarke) ergeben. Ist dies nicht der Fall, so ist durch leichtes Drehen am Eichregler (Schlitzschraube unter dem Empfindlichkeitsschalter) entsprechend zu korrigieren.



Der Schwingungsmesser wird mit seinem Meßkabel an die Eingangsbuchse, auf der Frontplatte rechts unten, angeschlossen. Bei Einsatz von zwei Schwingungsmessern, wie es vorzugsweise bei der Auswuchtung von größeren Maschineneinheiten zu empfehlen ist, wird in diese Eingangsbuchse das Anschlußkabel des Meßstellenumschalters eingeführt. Die Anschlußkabel der beiden Schwingungsmesser werden ihrerseits an die Eingangsbuchsen des Meßstellenumschalters geführt. Zum Anschluß der Stroboskop-Handlampe dient die auf der Rückseite befindliche Mehrfachsteckdose, wobei die Überwurfmutter des Steckers durch leichtes Rechtsdrehen zu sichern ist. Wird ein Kathodenstrahl-Oszillograph verwendet, so ist dieser mit der Ausgangsbuchse oben auf der Rückseite des Gerätes zu verbinden. (Der Lieferung des Kathodenstrahl-Oszillographen beigefügtes abgeschirmtes Verbindungskabel verwenden.)

### 3.2 Der Schwingungsmesser PMG 48/S

=====  
Nach Möglichkeit sollte der Schwingungsmesser mit dem Kardanstativ an die Meßstelle angeschraubt werden, da hierdurch die Gewähr eines einwandfreien mechanischen Kontakts gegeben ist. Nach der Befestigung des Stativs kann der Schwingungsmesser durch Lösen der Lochmutter im Ständer und der beiden seitlichen Befestigungsschrauben in jede gewünschte Meßrichtung eingeschwenkt werden. Die Meßrichtung ist die Richtung der Schwingungsmesser-Längsachse.

Zum Auswuchten muß die Meßrichtung des Schwingungsmessers so gewählt werden, daß sie lotrecht zur Drehachse des auszuwuchtenden Rotors liegt. Dabei ist es im Allgemeinen gleichgültig, ob die Unwuchtschwingung in horizontaler oder senkrechter Raumrichtung gemessen wird. Man sollte zweckmäßigerweise eine Versuchsmessung sowohl in horizontaler, als auch vertikaler Richtung vornehmen und den Schwingungsmesser in der Richtung befestigen (oder anhalten) in der die größere Schwingungsbewegung gemessen wird.

Ist das Anschrauben nicht möglich, so kann der Schwingungsmesser unter Verwendung der Tastspitze von Hand angehalten werden. Hierzu ist der Schwingungsmesser nach Lösen der seitlichen Befestigungsschrauben aus dem Stativ herauszunehmen und es ist stirnseitig die Tastspitze einzuschrauben.

Bei der Messung muß der Schwingungsmesser mit der Tastspitze so fest gegen die Meßstelle gedrückt werden, daß ein einwandfreier mechanischer Kontakt gewährleistet wird. Während der Zeitdauer der Messung muß der Schwingungsmesser ruhig gehalten werden.

### 3.3 Allgemeine Schwingungsmessung

Zur Messung der Gesamtschwingung (Amplitude des Schwingwegs) ist der Betriebsartenschalter (Schalter rechts unten auf der Frontplatte unter dem Meßinstrument) auf eine der beiden rechten Schalterstellungen (200 - 3000 oder 3000 - 15 000) zu schalten. Durch Rechtsdrehen des Empfindlichkeitsschalters ist nun ein gut ablesbarer Zeigerausschlag einzustellen. Für Frequenzen über 25 Hz ergibt sich die Amplitude des Schwingwegs direkt aus der Anzeige des Meßinstrumentes unter Berücksichtigung der Stellung des Empfindlichkeitsschalters:

#### Beispiel:

Ablesung:	25 $\mu\text{m}$
Empfindlichkeitsschalter:	x 0,1
Wegamplitude:	25 x 0,1 = 2,5 $\mu\text{m}$

Bei Frequenzen zwischen 10 Hz und 25 Hz (600 - 1500 U/min) ist der beiliegende Korrekturfaktor für den Schwingungsmesser PMG 48/S zu berücksichtigen:

#### Beispiel:

Frequenz:	16 Hz
Faktor:	2,0
Ablesung:	25 $\mu\text{m}$
Empfindlichkeitsschalter:	x 0,1
Wegamplitude:	25 x 0,1 x 2,0 = 5 $\mu\text{m}$

### 3.4 Auswuchten unter Betriebsbedingungen

Um eine einwandfreie Auswuchtung unter Betriebsbedingungen zu erreichen, sind einige grundlegende Voraussetzungen zu beachten:

- a) Die Aufstellung der auszuwuchtenden Maschine muß so gut definiert sein, daß das dynamische Verhalten bei allen Wuchtläufen das gleiche ist. Eine freie Aufstellung ist zu vermeiden und eine Verbindung mit einem Fundament zu wählen. Veränderungen an der Aufstellung dürfen während der Auswuchtung nicht vorgenommen werden.
- b) Bei allen Wuchtläufen muß der Rotor die gleiche Drehzahl und die gleiche Drehrichtung haben.
- c) Die Ausgleichsstellen müssen zur Anbringung der Probegewichte und der Ausgleichsgewichte ohne vollständige Demontage der Maschine gut zugänglich sein.
- d) Als Meßstellen sind die Lager oder Stellen dicht bei den Lagern zu benutzen. Als Meßrichtung ist senkrecht zur Rotorachse die Richtung des größten Ausschlages zu wählen. Meßstellen und Meßrichtung sind bei allen Wuchtläufen beizubehalten.
- e) Um nur die reine Unwuchtschwingung zu erfassen, ist, wie bereits vorher erwähnt, eine Selektivmessung erforderlich. Hierzu wird beim Anzeigegerät RS 12863 der Betriebsartenschalter (Rechts unten auf der Frontseite, unter dem Meßinstrument) je nach Drehzahl des auszuwuchtenden Teils auf die beiden linken Schalterstellungen 500 - 3000 U/min oder 3000 - 10 000 U/min geschaltet und durch Drehen am Filterdrehknopf (Links unten auf der Frontseite, unter der Drehzahlskala) auf maximalen Zeigerausschlag abgestimmt. Die richtige Einstellung ergibt im stroboskopischen Licht ein scheinbar stillstehendes Bild (hierbei roten Druckknopf der Stroboskop-Handlampe betätigen).

#### 4.0 Die Auswuchtverfahren

=====

#### 4.1 Auswuchten in einer Ebene

=====

Bei scheibenförmigen Rotoren ist meist die Auswuchtung in einer Ebene zur Erzielung einer befriedigenden Lauf-  
ruhe ausreichend. Es sollte dabei die zur Messung be-  
nutzte Lagerstelle dicht bei der Ausgleichsebene liegen.

Zur Auswuchtung in einer Ebene stehen zwei grundsätz-  
liche Verfahren zur Verfügung, die meist durch einmalige  
Anwendung eine Reduzierung der Wegamplitude auf etwa  
 $1/10$ tel gestatten. Ist dies nicht der Fall (z.B. durch  
Nichtlinearitäten des Systems bedingt) so ist das ent-  
sprechende Verfahren zu wiederholen.

##### a) Die Dreipunkt-Methode

Die Dreipunkt-Methode benutzt zur Bestimmung der Un-  
wucht nur die Wegamplitudenmessung. Sie zeichnet sich  
durch Einfachheit und Anschaulichkeit aus, benötigt  
jedoch mindestens 4 Wuchtläufe.

Durchführung: siehe Schema

##### b) Die Strob-Methode

Die Strob-Methode benutzt zur Bestimmung der Unwucht  
die Wegamplituden- und stroboskopische Winkellagen-  
messung. Da nur zwei Wuchtläufe benötigt werden,  
zeichnet sich diese Methode durch geringen Zeitaufwand  
aus.

Durchführung: siehe Schema

#### 4.2 Auswuchten in zwei Ebenen

=====

Beim Auswuchten in zwei Ebenen, gleichgültig ob auf einer Auswuchtmaschine oder betriebsmäßig mit einem Auswuchtgerät, macht sich störend bemerkbar, daß es nicht möglich ist durch eine Messung zuerst auf der einen Seite und dann auf der anderen Seite die zugehörigen Unwuchten einwandfrei zu trennen. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Schwingung auf der einen Seite nicht nur durch die auf dieser Seite befindliche Unwucht, sondern auch durch die Unwucht auf der anderen Seite beeinflußt wird. Diese Erscheinung, die unter dem Namen "Restmoment" bekannt ist, kann bei Auswuchtmaschinen durch eine besondere elektrische Schaltung, den sogenannten elektrischen Rahmen, eliminiert werden.

Es lag nun nahe, die bei den Auswuchtmaschinen elektrisch durchgeführte Restmoment-Kompensation beim betriebsmäßigen Auswuchten durch ein entsprechendes Rechenschema zu ersetzen. Die praktischen Erfahrungen mit rechnerischen Zweiebenen-Auswuchtverfahren haben jedoch gezeigt, daß diese Rechenverfahren beim betriebsmäßigen Auswuchten meistens versagen. Der Grund hierfür liegt nicht an den Verfahren selbst, sondern einzig und allein darin, daß beim betriebsmäßigen Auswuchten die Voraussetzungen für rechnerische Zweiebenen-Auswuchtverfahren nicht gegeben sind. Es wurden daher Näherungsmethoden entwickelt, die eine befriedigende betriebsmäßige Zweiebenen-Auswuchtung mit praktisch durchaus vertretbarem Aufwand ermöglichen.

a) Die Iterations-Methode

Diese Methode ist bei solchen Wuchtobjekten anwendbar, bei denen es möglich ist, die Ausgleichsebenen dicht an die zugehörigen Lagerstellen heranzulegen. Je näher nämlich die Ausgleichsebenen an den Lagerstellen liegen, desto geringer sind die Restmomente. Man beginnt mit der Auswuchtung nach dem Dreipunkt-Verfahren oder dem Strob-Verfahren an derjenigen Ausgleichsebene, deren Lagerstelle die größte Wegamplitude zeigt. Man wendet dann das Verfahren an der zweiten Ausgleichsebene mit Messung an der zweiten Lagerstelle an. Das Restmoment bewirkt nun, daß die erste Lagerstelle wieder unruhig wird. Aus diesem Grunde muß die Auswuchtung an der ersten und dann auch an der zweiten Stelle nochmals wiederholt werden. Bei Verwendung der Strob-Methode läßt die auf jeder Seite einmal erfolgreich durchgeführte Auswuchtung rückwärts wiederum den Zusammenhang zwischen Unwucht und Schwingung erkennen, so daß bei allen weiteren Wuchtläufen auf jeder Seite direkt die Unwucht nach Größe und Lage abgelesen werden kann.

Wie im beiliegenden Auswertungsbeispiel für die Strob-Methode dargestellt, beträgt die Größe der Schwingung beim ersten Meßlauf  $5,5 \mu\text{m}$  und die Winkellage  $110^\circ$ . Für die Auswuchtung war ein Gewicht von  $3,3 \text{ g}$  bei  $90^\circ$  erforderlich. Für die Unwuchtgröße ergibt sich hieraus der Zusammenhang:  $5,5 \mu\text{m}$  entsprechen  $3,3 \text{ g}$ .

Weiterhin wird für alle folgenden Meßläufe direkt die Winkellage für das erforderliche Zusatzgewicht unter der Stelle abgelesen, unter welcher beim ersten Meßlauf die Winkellage für das später eingesetzte Ausgleichsgewicht erschienen war. Beim gewählten Beispiel mit  $110^\circ$  für die erste Grad-Ablesung und  $90^\circ$  für die Lage des Ausgleichsgewichts ergibt sich also eine Verschiebung von der Vertikalen um  $20^\circ$  nach rechts.



b) Die Trans-Rot-Methode

Bei fliegend gelagerten Rotoren ist die Iterations-Methode nicht anwendbar. Hier ist es erforderlich, die durch die Unwucht hervorgerufenen Translations- und Rotationsbewegungen des Rotors getrennt zu erfassen.

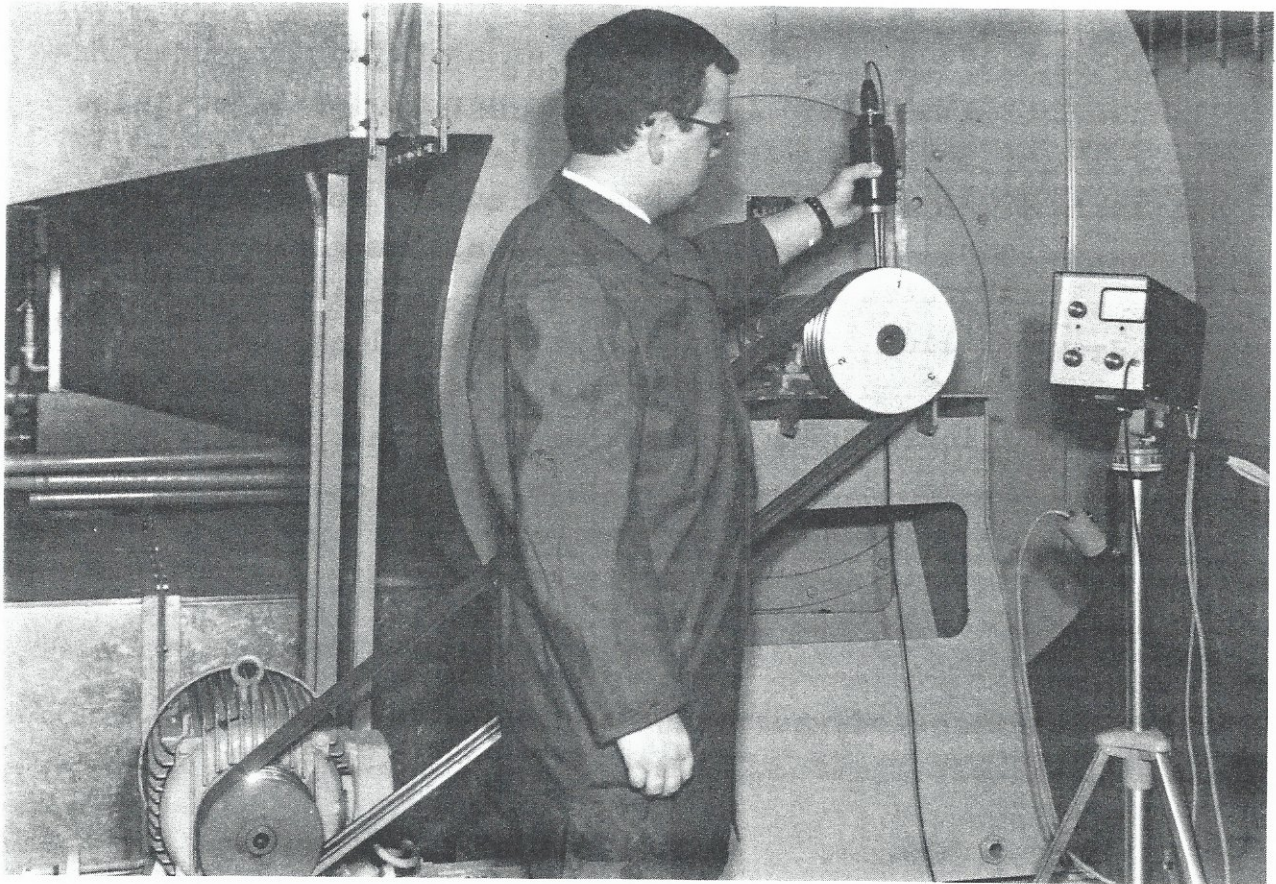
Man beseitigt zunächst nach der Dreipunkt-Methode oder der Strob-Methode die reine Kraftunwucht durch Messung an der dem Rotor am nächsten liegenden Lagerstelle und Ausgleich in der dieser Lagerstelle am nächsten liegenden Ausgleichsebene. Hieran schließt sich eine Messung an der vom Rotor entfernt liegenden Lagerstelle mit Ausgleich in der äußersten Ausgleichsebene an. Da hier jetzt vornehmlich die Momentunwucht ausgeglichen wird ist darauf zu achten, daß für alle in der äußeren Ausgleichsebene eingesetzten Gewichte ein entsprechendes um  $180^{\circ}$  versetztes Gewicht in der inneren Ausgleichsebene eingesetzt wird.

## 5.0 Anhang

### 5.1 Auswucht-Schemen

#### 5.1.1 Schema Dreipunkt-Methode

Vor Beginn der Auswuchtung auf den Umfang des Rotors drei um  $120^{\circ}$  versetzte Punkte markieren und links herum mit 1, 2 und 3 bezeichnen.



Auswuchtgerät anschliessen und Meßempfindlichkeit kontrollieren. Betriebsartenschalter je nach Auswuchtdrehzahl auf eine der beiden rechten Schalterstellungen (200 - 3000 oder 3000 - 15 000) schalten. Schwingungsmesser am Lager des Meßobjektes anschrauben oder von Hand anhalten. Senkrecht zur Rotorachse die Richtung des größten Ausschlages ermitteln und als Meßrichtung festlegen. Betriebsartenschalter je nach Auswuchtdrehzahl auf eine der beiden linken Schalterstellungen schalten. Durch Drehen am Filterdrehknopf auf maximalen Zeigerausschlag abstimmen. Richtige Filterabstimmung an Hand der Drehzahlanzeige kontrollieren.

Dreipunkt-Verfahren

1033/4A

$A_0 : .5,5.$

$A_1 : .3,6.$

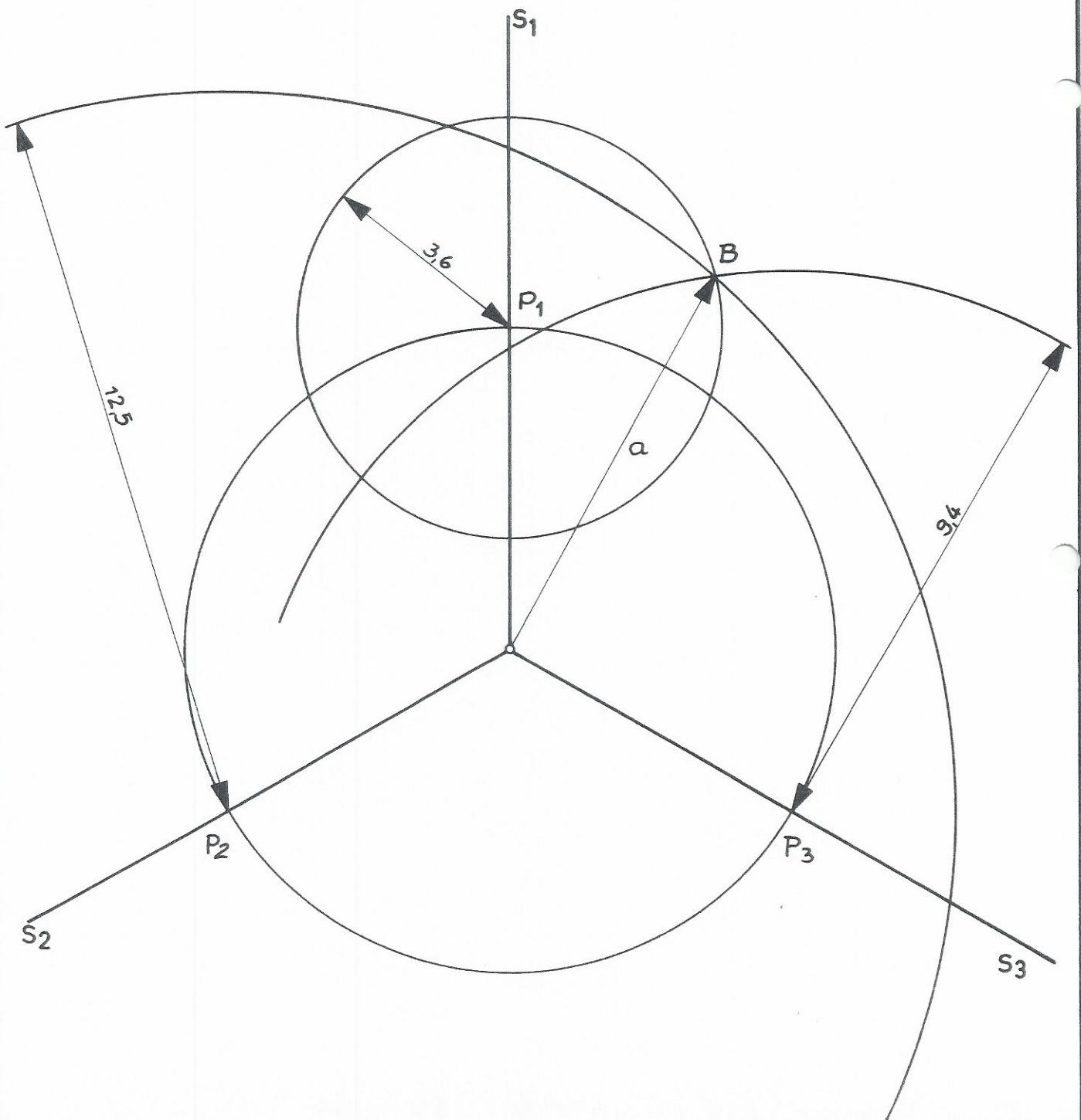
$A_2 : .12,5.$

$A_3 : .9,4.$

$a : .7,4.$

$$E = \frac{G \cdot A_0}{r} = \frac{30 \cdot 5,5}{41} = \dots 4 \text{ gr.}$$

$$Z = \frac{E \cdot A_0}{a} = \frac{4 \cdot 5,5}{7,4} = \dots 3 \text{ gr.}$$



Durchführung der Auswuchtung:

0. Lauf (unwuchtiger Rotor) ergibt die Größe  $A_0$   
 Nun wird ein Probegewicht  $E$  abgeschätzt:

$$E = \frac{G \cdot A_0}{r} \quad \text{gr}$$

$G$  = Gewicht der schwingenden Teile in kg

$A_0$  = Wegamplitude der Unwuchtschwingung in  $\mu\text{m}$

$r$  = Ausgleichsradius in mm

1. Lauf mit Probegewicht  $E$  auf (1) ergibt  $A_1$
2. Lauf mit Probegewicht  $E$  auf (2) ergibt  $A_2$
3. Lauf mit Probegewicht  $E$  auf (3) ergibt  $A_3$

Für die Auswertung wird nun zuerst um den Nullpunkt ein Kreis mit dem Radius  $A_0$  geschlagen, der auf den Strahlen  $S_1$ ,  $S_2$  und  $S_3$  die Punkte  $P_1$ ,  $P_2$  und  $P_3$  bestimmt. Nun wird um  $P_1$  ein Kreis mit dem Radius  $A_1$ , um  $P_2$  ein Kreis mit dem Radius  $A_2$  und um  $P_3$  ein Kreis mit dem Radius  $A_3$  geschlagen. Die drei Kreise sollen sich in einem Punkt schneiden. Dieser Schnittpunkt wird jedoch meist zu einem kleinen Dreieck ausarten.

Die Verbindungslinie des Schnittpunktes bzw. des Mittelpunktes des Schnittdreiecks mit dem Nullpunkt wird mit  $a$  bezeichnet. Die Richtung von  $a$  ist direkt die Richtung, in welcher das Zusatzgewicht  $Z$  einzusetzen ist, während sich die Größe aus folgender Formel ergibt:

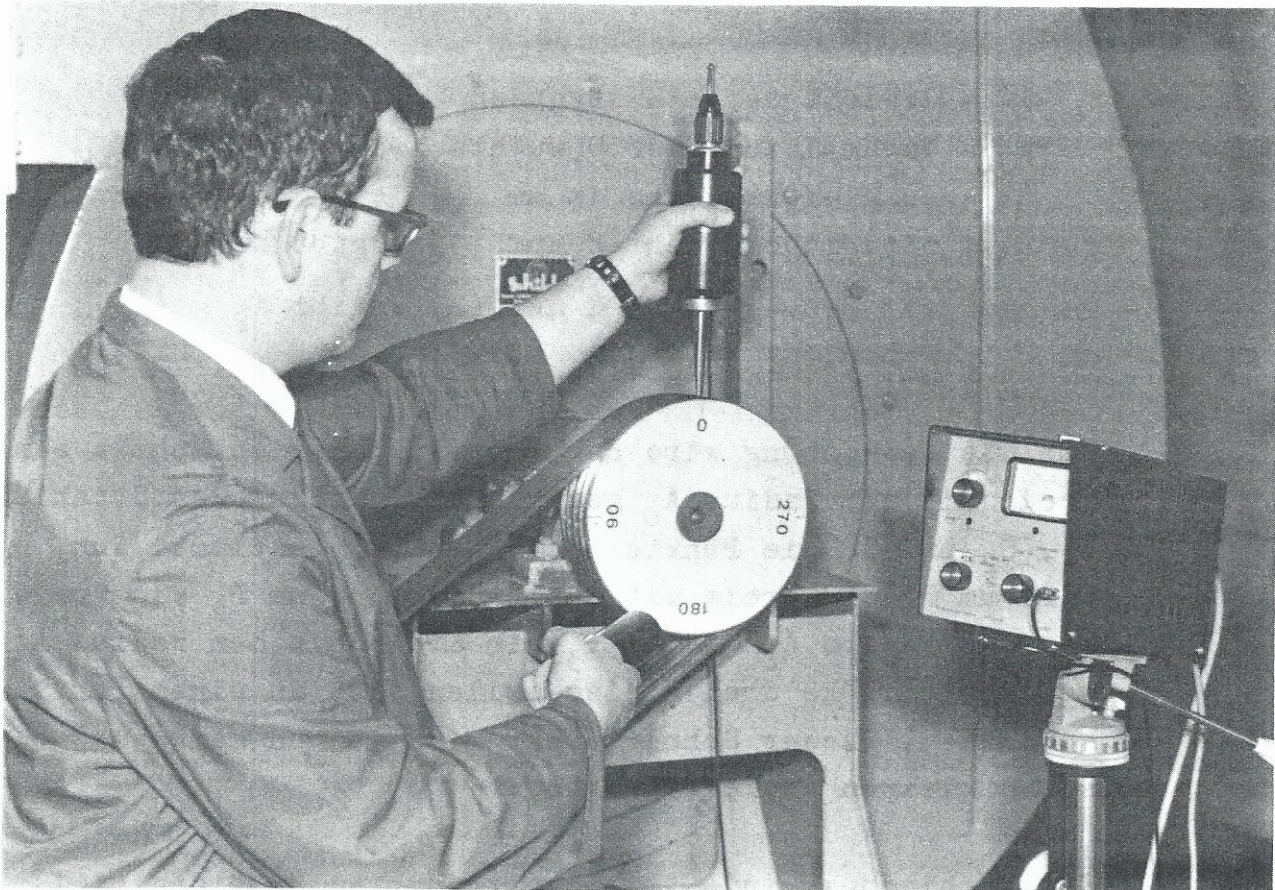
$$Z = \frac{E \cdot A_0}{a} \quad \text{gr}$$

Das so errechnete Ausgleichsgewicht  $Z$  wird nun an der angegebenen Stelle eingesetzt.

### 5.1.2 Schema Strob-Methode

=====

Vor Beginn der Auswuchtung auf dem Rotor eine Kreisteilung von 0 - 360 Grad aufbringen, die vom Beschauer aus gesehen links herumläuft.



Auswuchtgerät anschliessen und Meßempfindlichkeit kontrollieren. Betriebsartenschalter je nach Auswuchtdrehzahl auf eine der beiden rechten Schalterstellungen (200 - 3000 oder 3000 - 15 000) schalten. Schwingungsmesser am Lager des Meßobjektes anschrauben oder von Hand anhalten. Senkrecht zur Rotorachse die Richtung des größten Ausschlags ermitteln und als Meßrichtung festlegen.

Betriebsartenschalter je nach Auswuchtdrehzahl auf eine der beiden linken Schalterstellungen schalten. Durch Drehen am Filterdrehknopf möglichst genau auf maximalen Zeigerausschlag abstimmen. Richtige Filterabstimmung an Hand der Drehzahlanzeige kontrollieren.

Auf der Kreisteilung wird nun die Zahl abgelesen, die im stroboskopischen Licht oben zu stehen scheint. Diese Winkelangabe wird nun zusammen mit dem vom Instrument angegebenen Zeigerausschlag bei der entsprechenden Kenngröße des Auswertoschemas eingetragen.

Strob-Verfahren

1033 / 16 A

A(1) .5.5. (2) .110.

(2).110.

B(3) .8.5. (4) .170.

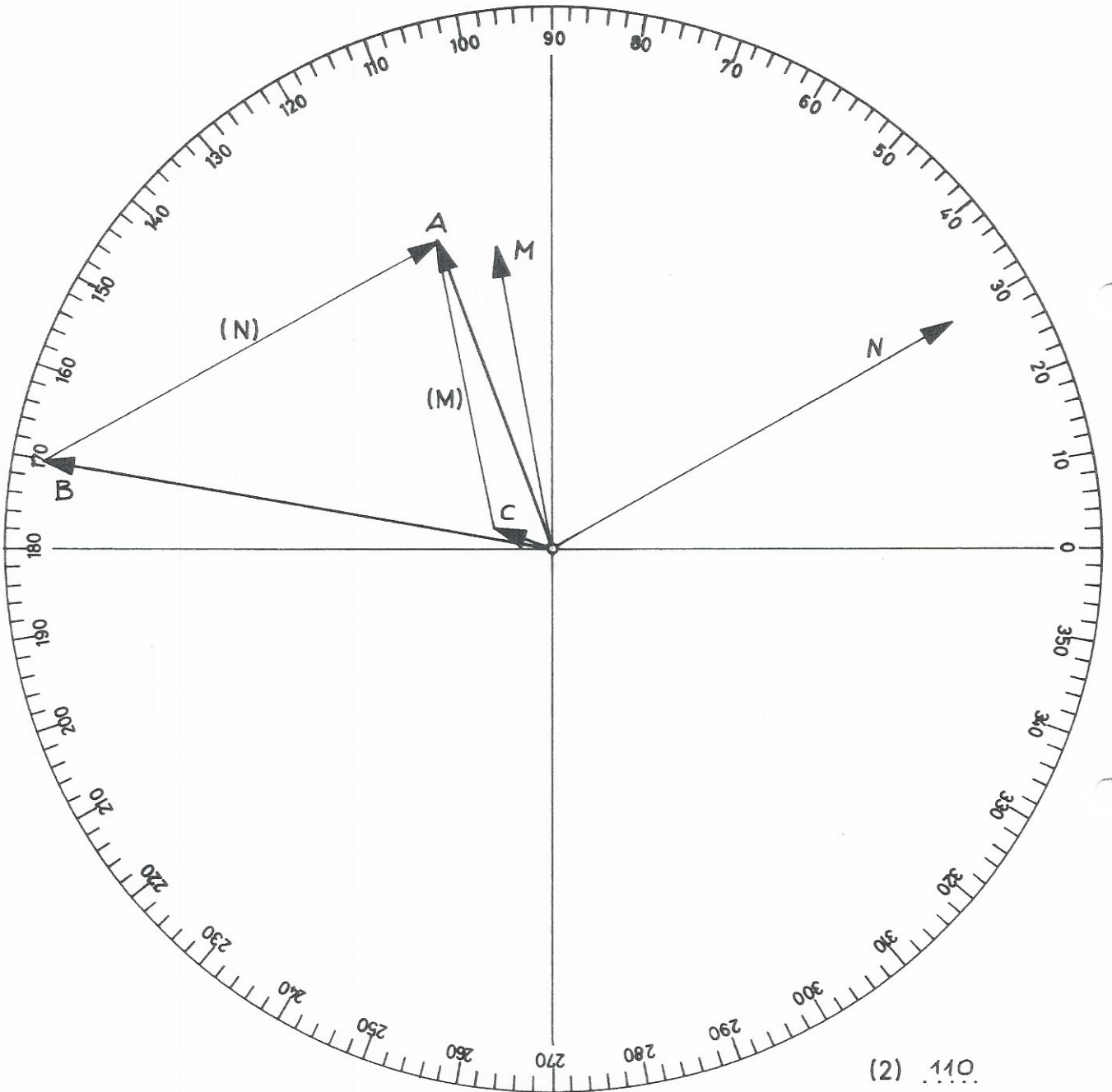
$$\frac{G \cdot (1)}{r} = \frac{30 \cdot 5.5}{41} = (5) \dots \text{gr.}$$

-(7).30.

N(6) .7.4. (7) .30.

$$Z_1 = \frac{(1) \cdot (5)}{(6)} = \frac{5.5 \cdot 4}{7.4} = .3 \dots \text{gr.}$$

(8).80.



C(9) .1.0. (10).160.

(2) .110.

+ (8) .80

M(11) .5.0. (12).100.

$$Z_2 = \frac{(1) \cdot Z_1}{(11)} = \frac{5.5 \cdot 3}{5} = .3.3 \text{ gr.}$$

190.

- (12) 100.

90.

Durchführung der Auswuchtung:

1. Lauf: unwuchtiger Rotor: A (1) Größe (2) Winkel  
Nun wird ein Probegewicht E abgeschätzt:

$$E = \frac{G \cdot (1)}{r} \text{ gr}$$

G = Gewicht der schwingenden Teile in kg  
(1) = gemessene Wegamplitude der Unwuchtschwingung in  $\mu\text{m}$   
r = Ausgleichsradius in mm

Dieses so abgeschätzte Probegewicht wird nun am Rotor bei  $0^\circ$  der Kreisteilung angebracht.

1. Lauf: mit Probegewicht auf 0 : B (3) : Größe (4) Winkel  
Durch Anbringung des Probegewichtes soll sich der 2. Meßlauf sowohl in der Größen- als auch in der Winkelanzeige deutlich vom 1. Meßlauf unterscheiden. Allerdings sollte die Größenanzeige des 2. Meßlaufs nicht mehr als doppelt so groß sein wie die Größenanzeige des 1. Meßlaufes. Andernfalls muß das Probegewicht entsprechend geändert werden.

Zur Auswertung werden nun die beiden Kenngrößen A und B nach Größe und Winkel im Polardiagramm als Pfeile vom Nullpunkt aus angetragen. Die Verbindungslinie der beiden Endpunkte wird in Richtung von B nach A durch einen Pfeil gekennzeichnet und dieser Pfeil dann parallel so verschoben, daß er im Nullpunkt beginnt. Dieser verschobene Pfeil ergibt nach Größe (6) und Winkel (7) die Kenngröße N.

Die Größe des erforderlichen Ausgleichsgewichtes ergibt sich aus dem Rechengang für  $Z_1$ , die Winkellage des Ausgleichsgewichtes aus der Subtraktion (2) - (7). Bei negativ werdendem Winkelwert  $360^\circ$  zu addieren. Das Probegewicht wird vorher entfernt.

Korrektur:

Ist nach Anbringen des errechneten Ausgleichsgewichtes eine Reduktion der Schwingweite auf etwa ein Zehntel nicht erreicht, so kann der 3. Lauf zur Korrektur verwendet werden:

3. Lauf: mit  $Z_1$  auf (8) C (9) : Größe (10) : Winkel

Nun wird auch C im Polardiagramm nach Größe und Winkel als Pfeil vom Nullpunkt aus angetragen. Die Verbindungslinie des Endpunktes mit dem Endpunkt von A wird in Richtung von C nach A durch einen Pfeil gekennzeichnet und dieser Pfeil parallel so verschoben, daß er im Nullpunkt beginnt. Dieser verschobene Pfeil ergibt nach Größe (11) und Winkel (12) die Kenngröße M.

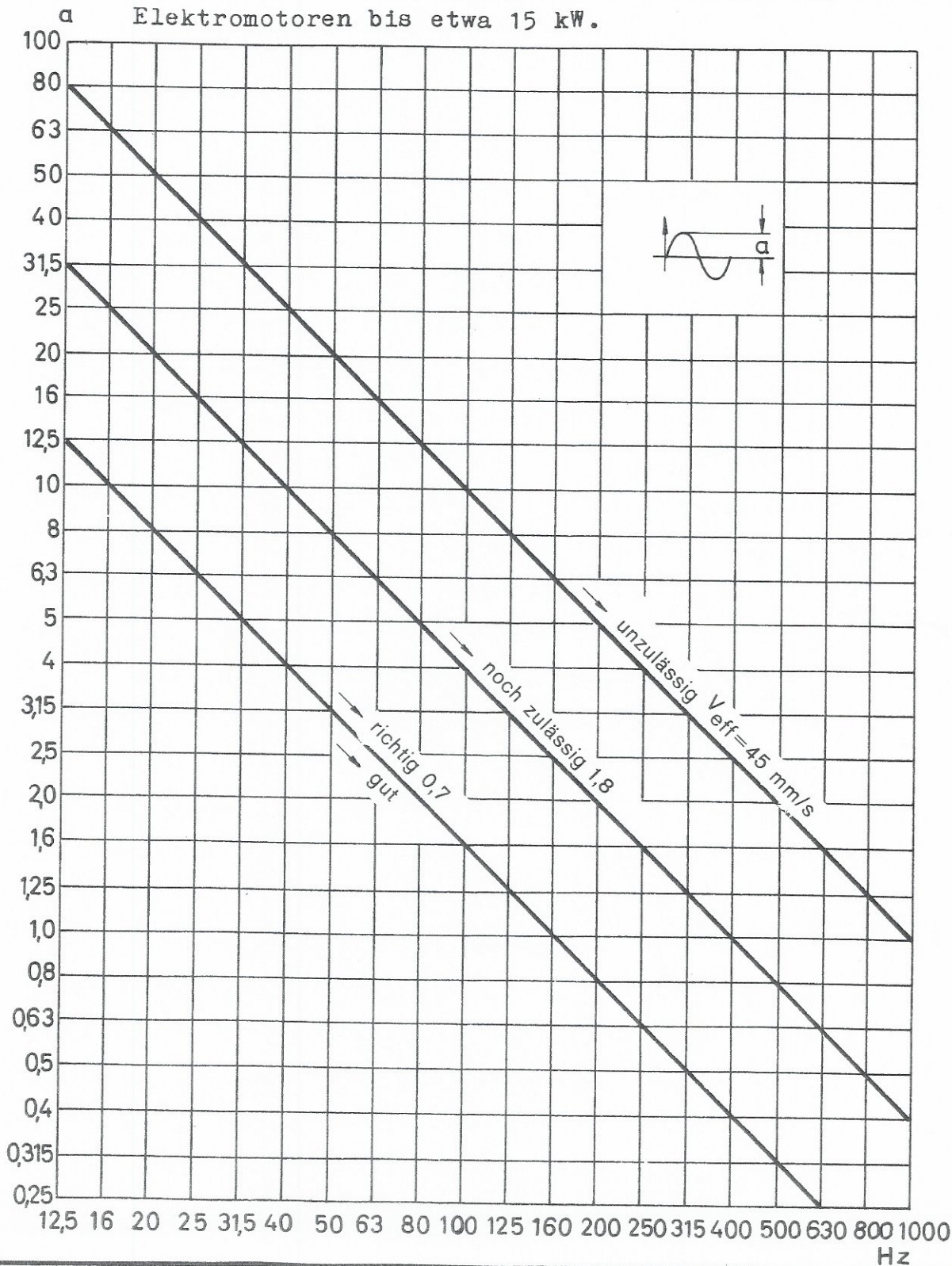
Die Größe des korrigierten Ausgleichsgewichtes ergibt sich aus dem Rechengang für  $Z_2$ , die Winkellage aus dem Rechengang (2) + (8) - (12). Das Ausgleichsgewicht  $Z_1$  ist zu entfernen.

5.2 Beurteilungsgrenzen über zulässige Schwingweiten  
 =====

Aufgrund der VDI-Richtlinie 2056. Es wird empfohlen diese Richtlinie durch die Firma Beuth-Vertrieb, Berlin und Köln, zu beziehen.

5.2.1 Maschinengruppe K :  
 =====

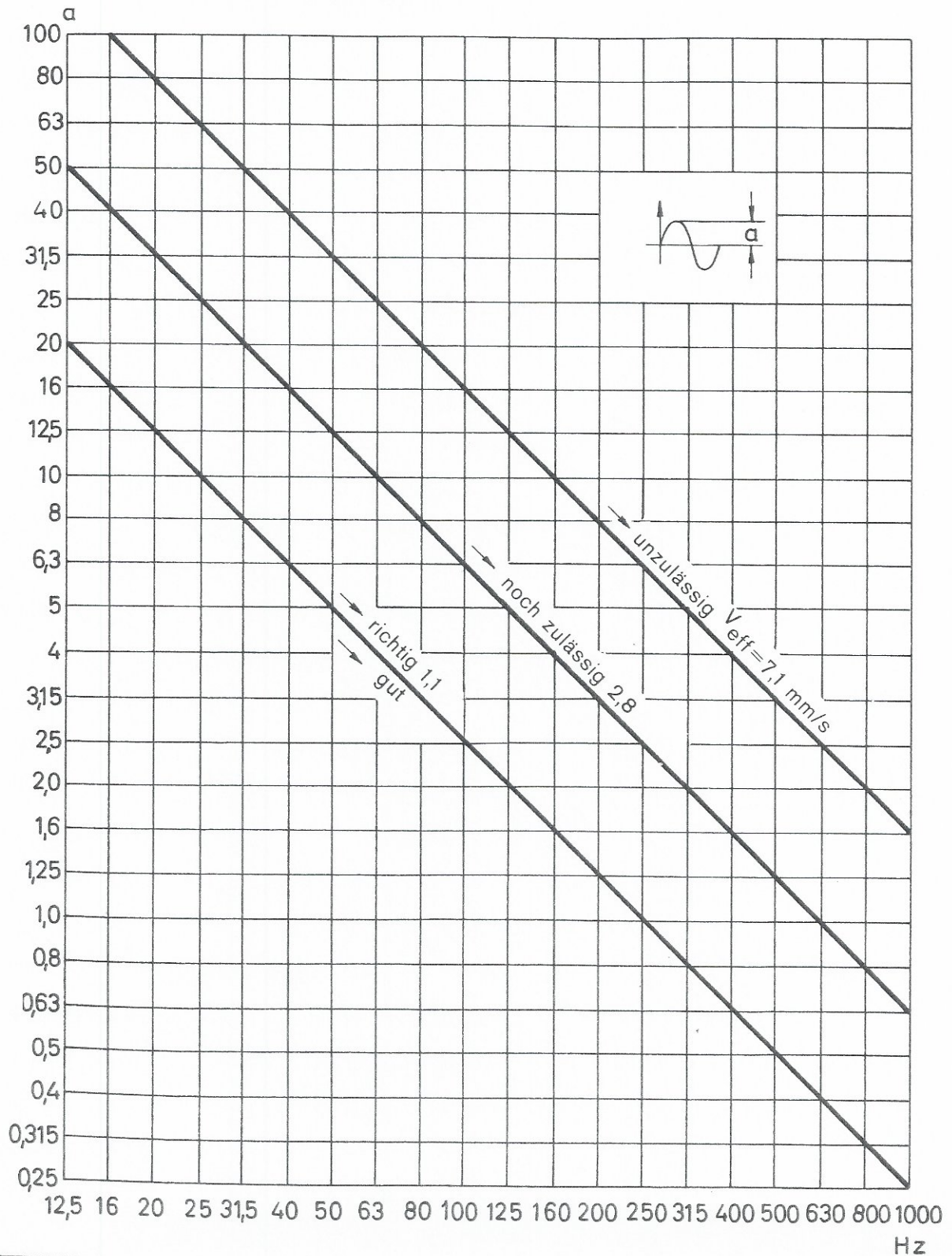
Einzelne Triebwerksteile von Kraft- und Arbeitsmaschinen, die im Betriebszustand mit der gesamten Maschine fest verbunden sind, insbesondere serienmäßig hergestellte Elektromotoren bis etwa 15 kW.





### 5.2.2 Maschinengruppe M :

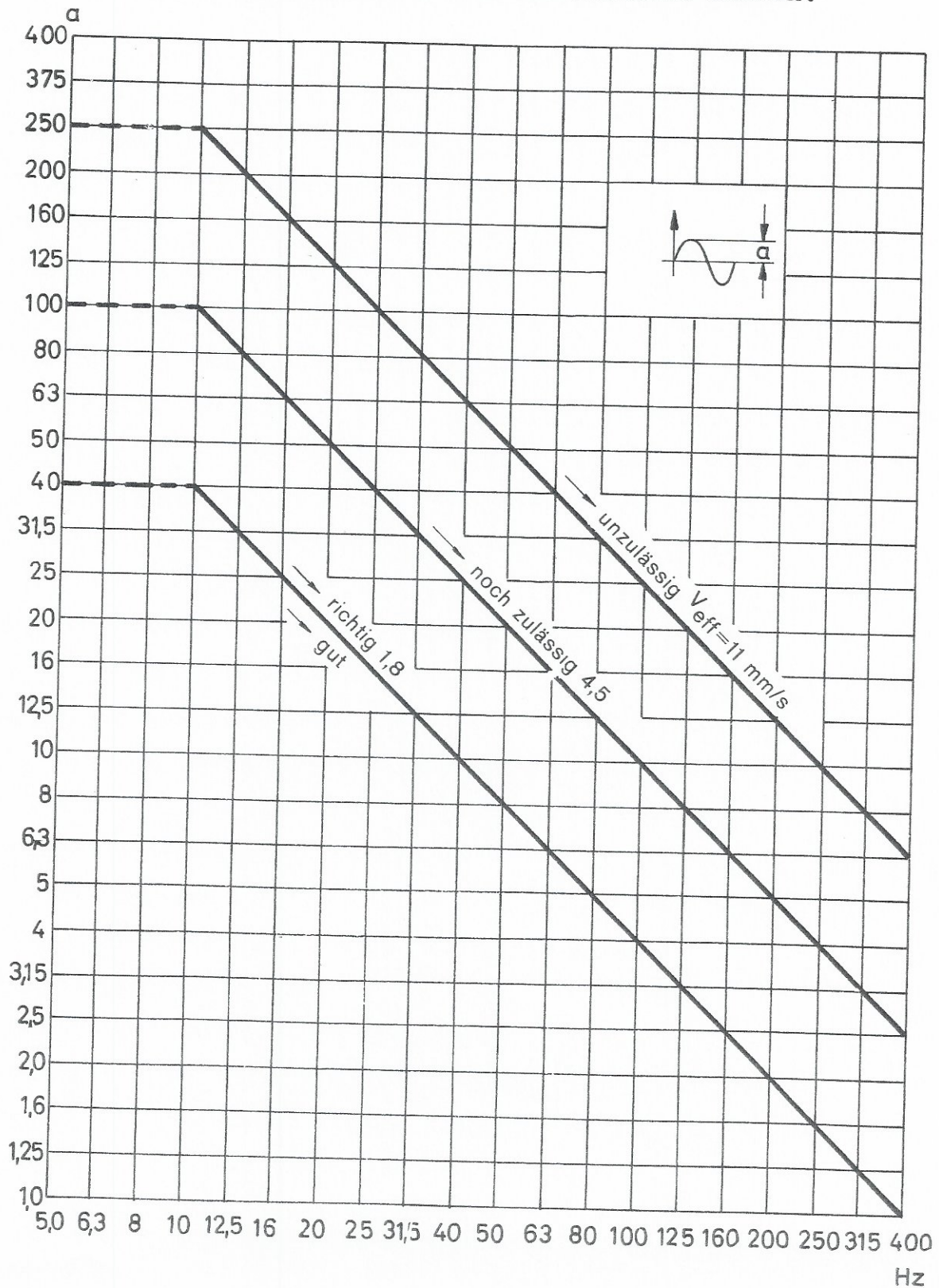
Mittlere Maschinen, insbesondere Elektromotoren von 15 - 75 kW Leistung, ohne besondere Fundamente; außerdem fest aufgestellte Triebwerksteile und Maschinen (bis etwa 300 kW) mit nur umlaufenden Teilen auf besonderen Fundamenten.



### 5.2.3 Maschinengruppe G :

=====

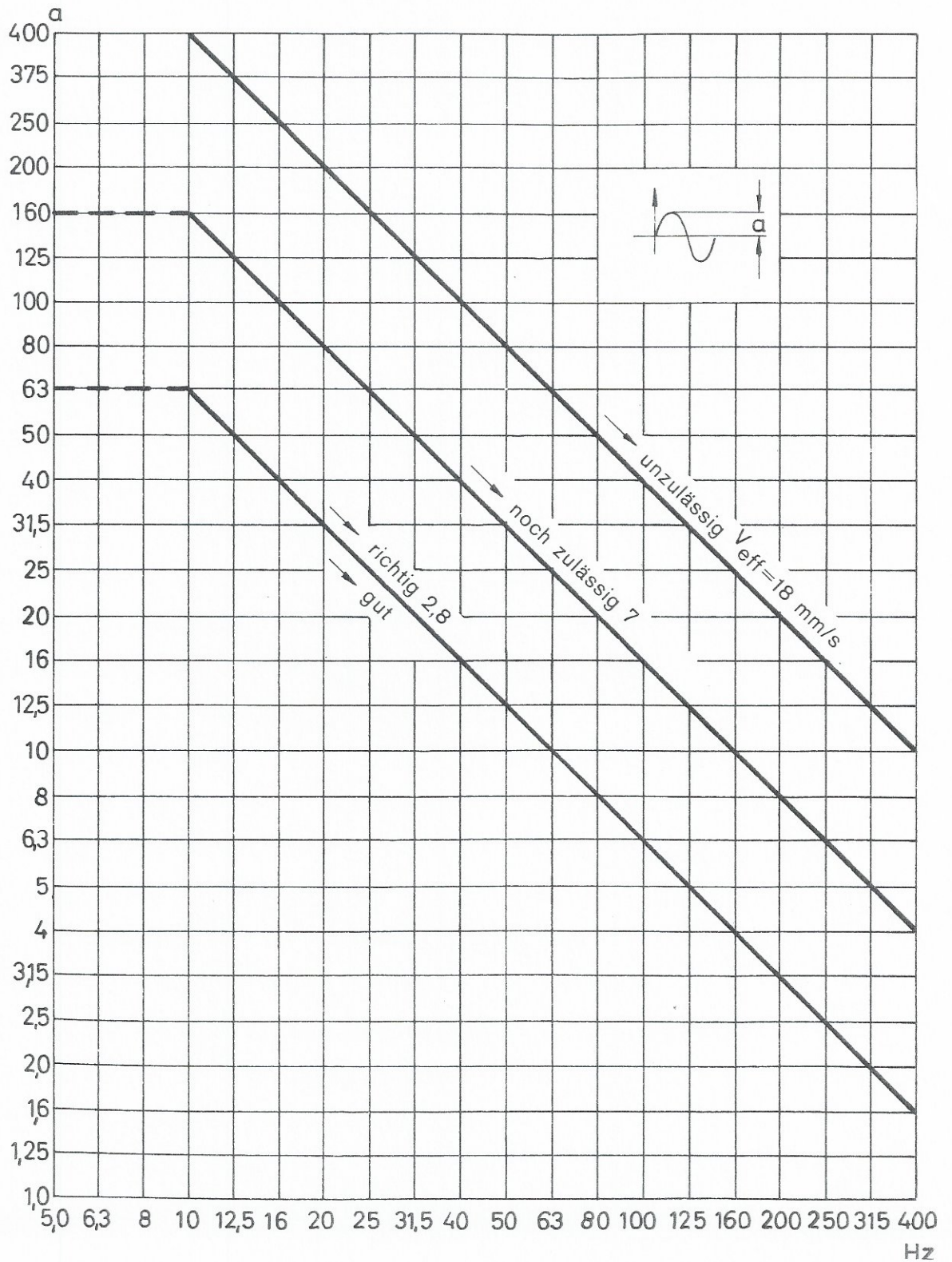
Auf besonderen, in der betrachteten Richtung hochabgestimmten, starren oder schweren Fundamenten aufgestellte größere Triebwerksteile; größere Kraft- und Arbeitsmaschinen mit nur umlaufenden Massen.



### 5.2.4 Maschinengruppe T :

=====

Auf besonderen in der betrachteten Schwingrichtung tiefabgestimmten Fundamenten aufgestellte größere Kraft- und Arbeitsmaschinen mit nur umlaufenden Massen, z.B. Turbogruppen, insbesondere solche mit neuzeitlichen, nach Leichtbau-Richtlinien gestalteten Fundamenten.



## 6.0 Technische Daten

=====

1) Schwingungsmesser PMG 48/S

Meßempfindlichkeit: 31,4 mV/ $\mu$ m  $\pm$  1 % bei 50 Hz  
entspr. 0,1 mV pro mm/sec

Richtungsselektivität: 1 : 100

max.zul. Beschleunigung: 20 g

Gewicht: ohne Stativ ca. 2,4 kg  
mit Stativ ca. 3,6 kg

2) Anzeigegerät RS 12863

Eingang: 50 K unsymmetrisch

Integrationszeitkonstante:  $10^{-1}$  sec.

Ausgang: 200 bei 50 Hz, unsymmetrisch  
max. Spannung 2,5 Volt

Netzanschluß: 110/220 Volt umschaltbar  
40 - 60 Hz

Leistungsaufnahme: ca. 25 Watt

Abmessungen: ca. 270 x 170 x 150 mm

Gewicht: ca. 7,5 kg

3) Schwingungsmesser PMG 48/S und Anzeigegerät RS 12863

Frequenzbereich: ohne Filter: 8 - 150 Hz  
mit Filter: 500 - 10000 U/min

Meßbereich: 0,5 - 5000  $\mu$ m

Amplitude, Meßfehler:  $\pm$  5 %

Gewicht mit Koffer: ca. 12 kg

Abmessungen des Koffers: ca. 360 x 220 x 380 mm