

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 41 (1950)
Heft: 3

Artikel: Richtlinien für die Beurteilung von dynamometrischen Präzisions-Instrumenten der Klasse 0,2
Autor: Christen, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058893>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.02.2025

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

chen Ausschalt-, bzw. temperaturbedingten Einschaltzeiten. Für den Kochbetrieb werden dadurch vorteilhafte Eigenschaften erreicht, was Fig. 4 zeigt: Auf Stufe 4 wird bei aufgesetzter Pfanne mit voller Leistung aufgeheizt, solange das Kochgut Wärme aufnimmt, selbst wenn dies nur durch anhaltendes Verdampfen von Wasser geschieht. Dies ist besonders wichtig beim Backen in der Pfanne, indem das Backgut infolge der hohen Kochplattenleistung schnell nacheinander gewechselt werden kann, ohne dass grosse Erwärmungspausen für das Fett oder Öl nötig sind. Nach Entfernen der Pfanne steigt die Plattentemperatur, welche in dieser Schaltung eine Leistungsreduktion zur Folge hat, so dass die Plattentemperatur unter der einer normalen Kochplatte bleibt. Wird auf die Kochplatte wieder ein Topf aufgesetzt, so nimmt die Leistung wieder zu und erreicht nach ca. 2 min, welche zum Temperaturengleich nötig sind, wieder die volle Leistung.

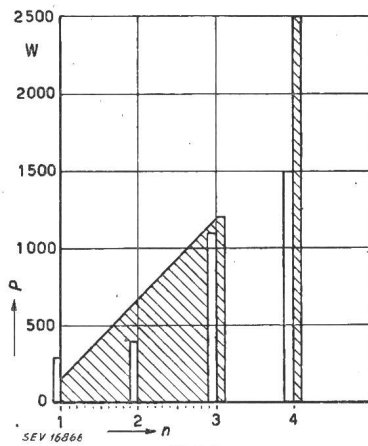


Fig. 5
Leistungsaufnahme von Kochplatten
von 180 mm Durchmesser

□ Normalplatte
▨ Reglplatte

P Leistungsaufnahme; n Schalterstellungen

Die stufenlose Regulierung erfolgt durch das Verstellen des Schnappkontaktes. Um jedoch eine gewisse Beeinflussung der Leistung zu erzielen, wird das den Kontakt steuernde Bimetall zusätzlich vom gesamten Heizstrom durch die Wicklung $I d$ erwärmt, wodurch sich eine sehr gleichmässige Reguliercharakteristik (Fig. 5), mit einem grösseren

Leistungsbereich als der der Normalplatte, ergibt. Dies wirkt sich in den unteren Regelstufen vorteilhaft aus, indem z. B. beim Zubereiten von Saucen eine niedrigere Temperatur eingestellt werden kann. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass beim Verstellen des Schalters die ausgeglichene Wärmeabgabe schneller als bei der Normalplatte erreicht wird, indem z. B. beim Umschalten der Anheizstufe 4 auf eine untere Regelstufe der Strom unterbrochen wird und die eingestellte Leistung erst nach 1...2 Minuten einsetzt. Beim Hinaufregulieren auf Stufe 3 muss die Speicherenergie der Kochplatte erhöht werden. Dies geschieht, indem anfänglich eine erhöhte durchschnittliche Leistung zugeführt wird. Die Schaltung der üblichen Kochplatten ermöglicht grundsätzlich keine so schnelle Anpassung. Bei diesen wird deshalb im praktischen Gebrauch oft nach dem Ankochen zum Temperaturengleich zuerst auf Stufe 1 und nach einigen Minuten, da es nicht mehr weiterkocht, auf Stufe 2 geschaltet.

Die Einführung der Schnellheizregulierung wird auf die Netzbelastung praktisch keinen Einfluss haben, da die volle Leistung nur zum Anheizen gebraucht wird und deshalb die um einige Minuten geringere Aufheizzeit die Leistungsspitze während der Gesamtkochzeit von ca. 1,5 h nicht beeinflussen kann. Ferner werden sich die Regulierimpulse der vielen Kochplatten im Netz ausgleichen, so dass sie als gleichmässige Belastung erscheinen. Aus diesen Gründen werden von Seiten der Elektrizitätswerke keine Bedenken gegen die Einführung der neuen Kochplatte aufkommen, um so weniger, als für Haushaltsherde meist nur eine solche Platte hoher Leistung gewünscht wird.

Mit der neuentwickelten Hochleistungs-Kochplatte wird ein von den Hausfrauen allgemein empfundener Mangel behoben, indem

1. bei wirtschaftlichem Gebrauch eine bessere Anheizzeit als bei andern Kochsystemen erreicht und
2. durch eine stufenlose Regulierung innerhalb der Stufen 1...3 eine für jeden Fall passende Einstellung ermöglicht wird.

Adresse des Autors:

A. Böniger, Ingenieur, Elcalor A.-G., Aarau.

Richtlinien für die Beurteilung von dynamometrischen Präzisions-Instrumenten der Klasse 0,2

Von E. Christen, Zürich

621.317.7.082.742

Es wird der Zusammenhang der geometrischen und der elektrischen Dimensionen sowie der physikalischen Eigenschaften der Konstruktionsteile vermittelt, welche für dynamometrische Präzisionsinstrumente der Klasse 0,2 massgebend sind.

I. Der Begriff «Präzisionsinstrument» sei festgelegt durch die Definition der Klasse 0,2 in der Publikation Nr. 156 des SEV, «Regeln für zeigende elektrische Messinstrumente».

L'auteur traite des relations entre les dimensions géométriques et électriques et les propriétés physiques des éléments qui entrent dans la construction des instruments électrodynamiques de précision de la classe 0,2.

II. Prinzip des elektrodynamischen Meßsystemes: Eine bewegliche Spule (Drehspule) bewegt sich im magnetischen Feld, das von einer oder mehreren festen Spulen (Feldspulen) erzeugt wird.

III. Bedingungen, die ein Präzisions-Dynamometer erfüllen muss (speziell für Wattmeter):

a) Lineare Abhängigkeit der Feldstärke vom Erregerstrom, was bei Abwesenheit von magnetischem Material (Eisen) der Fall ist, d. h. die Feldstärke H ist proportional dem Erregerstrom I_F :

$$H = k I_F$$

b) Feld in Phase mit dem Erregerstrom: Dies bedeutet, dass Wirbelstrom-Verluste, sowie Stromverdrängung in den Feldspulen so klein als möglich gehalten werden müssen. Durch Unterteilung der Leiter-Querschnitte der Feldspulen, Wahl von Material hohen spezifischen Widerstandes, Lamellierung oder Schlitzten der Konstruktions-Elemente kann dieser Fehler bei guten Konstruktionen unter 0,1 % gehalten werden.

c) Strom in der Drehspule in Phase mit der angelegten Spannung. Diese Bedingung ist erfüllt, wenn das Verhältnis von Widerstand zu Reaktanz des Spannungskreises den Wert 500 nicht unterschreitet. Dieses Verhältnis legt den untersten Spannungsmessbereich fest, wenn der Strom und die Reaktanz der Drehspule für maximale Frequenz gegeben sind. Der Gesamt-Winkelfehler eines Wattmeters setzt sich zusammen aus den Fehlern der Feldspule, der Drehspule und der Kopplung und ist vom Zeigerausschlag abhängig. Bei der Prüfung des Winkelfehlers ist also nicht ausschliesslich nur bei $\cos\varphi = 0$ zu prüfen.

d) Lineare Skalenteilung. Bei Wattmetern wird allgemein eine möglichst gleichmässige Skalenteilung angestrebt. Das elektrische Drehmoment ist proportional dem Produkt der Ströme in der Feld-, bzw. Drehspule, dem Leistungsfaktor und einem Faktor, der seinerseits vom Ausschlagwinkel α abhängig ist. Die Beziehung für das elektrische Drehmoment lautet:

$$c\alpha = I_F I_D \cos\varphi \kappa_\alpha$$

wo c eine Konstante,

I_D Strom in der Drehspule,

φ Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung und

κ der Kopplungsfaktor zwischen den beiden Feldern ist.

$\kappa_\alpha = f(\alpha)$ ist eine Funktion des Ausschlagwinkels und kann auch definiert werden als die Änderung des gegenseitigen Induktions-Koeffizienten der beiden Spulen $\frac{\delta M}{\delta \alpha}$. Aus dieser Gleichung folgt, dass

für eine proportionale Skala der Kopplungsfaktor κ_α eine Konstante sein muss; sie ist abhängig von der geometrischen Form und gegenseitigen Lage der Spulen. Bei Volt- und Ampèremetern sind die Ströme in beiden Spulen dieselben oder stehen in einem festen Verhältnis zueinander (Shuntung). Die Gleichung für das Drehmoment geht über in:

$$c\alpha = I^2 \kappa_\alpha$$

Ist nun in diesem Falle κ_α auch eine Konstante, so wird die Skala rein quadratisch, was nicht erwünscht ist, da man über einen möglichst grossen Skalen-

bereich gleiche Messempfindlichkeit verlangt. Durch Wahl der Spulenform und deren gegenseitige Orientierung trachtet man, κ_α umgekehrt proportional I zu machen, was auch ohne komplizierte Spulenformen von wenigstens 20 % des Skala-Endwertes an gelingt. Eine andere Möglichkeit liegt in der quadratischen Zunahme des Gegendrehmomentes, was bis heute noch nicht mit annehmbarem Aufwand realisiert wurde.

e) Das Gegendrehmoment für spitzengelagerte Instrumente wird durch Spiralfedern, die zugleich Stromzuführungen für die Drehspule sind, ausgeübt. Als Federmaterial kommt nur solches von höchster Alterungsbeständigkeit in Frage. Die Höchstspannungen sind so klein als möglich anzusetzen; für gute Phosphorbronce z. B. maximal 300 kg/cm². Für die Berechnung wird vorerst vom Verhältnis Dicke zu Länge der Feder ausgegangen, dann das gewünschte Drehmoment eingesetzt und die Breite der Feder bestimmt.

$$\frac{d}{L} = K_b \frac{2}{\alpha E}; \quad b = \frac{6 M_D}{K_b d^2}$$

d Dicke der Feder,

L Länge,

b Breite, alle in cm,

M_D Drehmoment in gcm,

E Elastizitätsmodul in g/cm²,

α Ausschlagwinkel im Bogenmass $\left(\frac{\pi}{2}\right)$

Die günstigsten Resultate werden mit möglichst dünnen und breiten Federn erhalten. Dies gilt auch bezüglich des elektrischen Widerstandes. Die inneren Spannungen der Federn sollen durch thermische Alterung ausgeglichen sein. Bei deren Lötten ist deshalb darauf zu achten, dass nicht durch örtliche Überhitzung wieder Ungleichheiten hineingeraten. Man erinnere sich, dass das K_b von der Härte des Materials abhängt und somit für die Konstanz des Drehmomentes bestimmend ist.

f) Zeiger-Nullstellung: Die Regel schreibt vor, dass der Einstellbereich der Nullstellung 3 % der Skalalänge nicht überschreiten darf. Diese Forderung gilt speziell für Instrumente, deren Skalenteilung nicht linear ist, während sie bei Wattmetern mit nahezu linearer Teilung weniger wichtig ist. Die Begründung ist unter d) aufgeführt.

g) Lager-Reibung: In den «Regeln» wird die Lager-Reibung nicht angeführt. Es ist jedoch selbstverständlich, dass das Reibungsmoment ebenfalls innerhalb 0,2 % des Drehmomentes für Endauschlag zu bleiben hat, wenn die Angaben über eine Genauigkeitsklasse ihren Sinn bewahren sollen.

Die Lager-Reibung wird hier erwähnt, weil die überwiegende Mehrzahl der Präzisionsinstrumente mit Spitzenlagerung ausgeführt sind, da deren Bauhöhe im Vergleich zu den Konstruktionen mit Spannbändern wesentlich niedriger gehalten werden kann. Das Spitzenlager besteht aus einer in einen Kegel auslaufenden Achse, welche durch eine Kugelkalotte abgeschlossen wird und dem als Hohlkegel mit Kugelkalotte ausgebildeten Widerlager.

Die Lager-Reibung hängt von verschiedenen Faktoren, die unter sich wieder miteinander verkettet sind, ab. Es kann hier nur das Wesentlichste mitgeteilt werden; für ein erschöpfendes Studium wird auf die Fachliteratur verwiesen. Die Reibung äussert sich darin, dass der Instrumenten-Zeiger bei zu- oder abnehmendem Strom auf einen bestimmten Sollwert nicht gleich anzeigt; sie kann sich, je nach dem Zustand der Lager, über die ganze Skala oder nur über einen kurzen Bereich auswirken.

Massgebend für das Reibungsmoment ist die geometrische Form von Kegel und Kalotte, die Oberflächenbeschaffenheit, das Systemgewicht, ferner der Reibungskoeffizient, welcher gedeutet werden kann als das Verhältnis von Scherfestigkeit zu Fließdruck. Die Reibungskraft ist proportional dem Produkt aus Reibungskoeffizient und Druck auf die Gleitfläche; sie kann auch aufgefasst werden als Summe zweier Kräfte, einer solchen, herrührend vom Systemgewicht, welche das Material der weichen Gleitfläche nach der geometrischen Form der härteren Gegenfläche zu deformieren sucht und einer Scherkraft, die bei der Rotation einzelne Kristalle der Gleitfläche aus ihrem Gefüge ausbricht.

Wir sehen aus dieser Überlegung, wie ausserordentlich wichtig die Politur der Gleitflächen, sowie die Wahl des Materials für Spitzenlager ist.

Für Achsen wird aus Rücksicht auf die Kosten meistens gehärteter Stahl verwendet, für die Gegenlager ausschliesslich synthetische Korunde, welche dank der heutigen Fabrikationstechnik in Bezug auf Reinheit des Materials und Feinheit des Kristallgefüges den natürlichen Korunden wie Rubin und Saphir überlegen sind. Je nach Systemgewicht variieren die Kegelwinkel zwischen 45 und 120 Winkelgraden, die Radien der Kalotten zwischen einigen Hundertstel bis einigen Zehntel Millimetern. Bei der Kleinheit dieser Dimensionen versteht man, dass Präzisionsinstrumente vor harten Stössen und Schlägen bewahrt werden müssen, weil deren Folge beschädigte Spitzen, d. h. erhöhte Lager-Reibung ist.

h) Dämpfung: Da jedes bewegliche System einer Rückstellkraft ein schwingungsfähiges Organ darstellt, ist eine Dämpfung dieser Schwingungen vorzusehen. Für die Grösse dieser Dämpfung ist in den «Regeln» ein relativ grosser Spielraum gegeben. Die Forderungen lauten: Das Verhältnis der Amplitude der ersten Schwingung zum dauernden Ausschlag von $\frac{2}{3}$ des Messbereiches darf den Wert 1,3 nicht überschreiten, beide gemessen in Skalenteilen. Die Beruhigungszeit, d. h. die Zeit, bis die Schwingung auf 1,5 % des Daueranschlages abgeklungen ist, darf 4 s nicht überschreiten.

Der Dämpfungszustand wird also charakterisiert durch die Grösse der ersten Überschwingung und durch die Beruhigungszeit. Je nach der Grösse des Verhältnisses von Trägheitsmoment zu Drehmoment kann der Dämpfungsgrad variiert werden. Der Zusammenhang der verschiedenen Grössen lautet:

$$T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{M_D}}; \quad a = \frac{p}{\sqrt{4JM_D}}$$

Hierin bedeuten:

- T_0 die Schwingungsdauer des ungedämpften Systemes,
- ω_0 die Kreisfrequenz,
- a der Dämpfungsgrad,
- p der Dämpfungsfaktor,
- M_D das Drehmoment,
- J das Trägheitsmoment.

Die Beruhigungszeit ist immer grösser als T_0 , sie hängt ab vom Dämpfungsgrad und hat ein Minimum bei $a \approx 0,8$, d. h. dann, wenn die erste Überschwingung ca. 1,5 % des Dauerauschlages beträgt.

Die gebräuchlichste Dämpfungsart ist die Luft-Dämpfung. Ein auf der Achse des beweglichen Systemes befestigter Flügel schwingt in einer möglichst geschlossenen Kammer. Die dämpfende Kraft F ist proportional der auf die Bewegungsrichtung projizierten Fläche A des Flügels, dem Quadrat der Geschwindigkeit v und der Luftreibung, welche ihrerseits von der Form des Flügels und seines Spiels in der Kammer abhängig ist. Die entsprechende Formel lautet:

$$F_D = K A \sin \alpha v^2$$

wo

α den Winkel zwischen Fläche und Bewegungsrichtung,

K einen Faktor mit der Dimension einer Dichte bedeuten.

Der Dämpferflügel soll so konstruiert sein, dass er bei kleinstem Trägheitsmoment noch eine genügende Festigkeit gegen dauernde Deformation aufweist; er ist sowohl auf Zug, als auch auf Biegung beansprucht. Die Zugbeanspruchung ergibt sich zu:

$$K_z = \frac{F_z}{S} = \frac{m r \omega^2}{S}$$

Die Biegebungsbeanspruchung zu:

$$K_b = \frac{F_D}{S} \Big|_{\frac{1}{2} s} = \frac{K A \sin \alpha \omega^2}{S}$$

wo

m die Masse,

r den Abstand des Schwerpunktes von der Achse und

S den kleinsten Materialquerschnitt der Flügelkonstruktion bedeuten.

In Bezug auf v bzw. ω ist zu berücksichtigen, dass nach den «Regeln» die Präzisionsinstrumente kurzzeitig dem doppelten Nennwert des Stromes unterworfen werden können. Die gleiche Betrachtung bezüglich Festigkeit gilt sinngemäss auch für die Drehspule und den Zeiger. Der Ausschlagswinkel der Instrumentenzeiger ist durch federnde Anschläge begrenzt. Vorstehende Formeln, in denen die Beschleunigung des beweglichen Systems enthalten ist, weisen somit auch den Weg zur Dimensionierung der federnden Anschläge in dem Sinne, dass die Verzögerung die Beschleunigung in ihrer Grösse nicht überschreiten soll, um bleibende Deformation auszuschalten.

i) Isolationsfestigkeit: Über die geforderten Prüfspannungen sei auf die «Regeln» verwiesen. Es

macht keine Schwierigkeiten, diesen Forderungen zu genügen.

k) Frequenzeinfluss: Die Frequenzabhängigkeit und deren Behebung sind unter Abschnitt b) und c) bereits beschrieben.

l) Überlastung, Dauerbetrieb und Temperatureinfluss: Die «Regeln» schreiben vor, dass Präzisionsinstrumente kurzzeitig, d. h. während der Beruhigungszeit mit dem doppelten Nennwert fünfmal in Intervallen von 15 s eingeschaltet werden können, ohne dass sich die Zeiger-Nullage mehr als 0,5 % vom Endwert ändert. Diese Prüfung ist eine reine Festigkeitsprüfung, da diese kurzzeitigen Überlastungen thermisch keine Rolle spielen. Bezüglich Dauerbetrieb müssen Volt- und Ampèremeter während 2 Stunden mit dem Nennwert und Wattmeter während der gleichen Zeitdauer mit dem 1,2fachen Wert des Nennstromes und der Nennspannung eingeschaltet bleiben können, ohne dass sie beschädigt werden, d. h. dass sie nach Abkühlung auf Raumtemperatur den «Regeln» noch entsprechen. Nach 2 Stunden Einschaltedauer soll der thermisch-stationäre Zustand erreicht, mit andern Worten, die im Instrument entwickelte Joulesche Wärme gleich der an die Umgebung abgeführten Wärme sein. Die Raumtemperatur darf von 10...30 °C schwanken. Die Übertemperatur des Instrumentes addiert sich zur Raumtemperatur und die Summe beider ist massgebend für die Dimensionierung des Leistungsverlustes bzw. der Kühlflächen. Der Temperatureinfluss auf die Anzeigegenauigkeit kann durch Kunstschaltungen kompensiert werden, während er hinsichtlich Deformation durch Wärmedehnung, z. B. Veränderung des Lagerspieles, nur durch Reduktion des Leistungsverlustes in den nötigen Grenzen gehalten werden kann.

m) Fremdfeld-Einfluss: Die Abhängigkeit ist eine Funktion der gegenseitigen Lage von Spulen und Fremdfeld, sowie der Grösse der magnetischen Felder. Betrachten wir z. B. das Erdfeld, dessen Horizontalkomponente mit H bezeichnet sei. Das Produkt aus Fläche mal Windungen der Drehspule sei mit F_D bezeichnet, der Winkel zwischen magnetischer Achse und Erdfeld mit α , dann ergibt sich das vom Erdfeld auf die Drehspule ausgeübte Drehmoment zu:

$$M_E = \pm H I_D F_D \sin \alpha$$

Je nach Stromrichtung gilt das \pm -Zeichen, was soviel bedeutet, dass bei Wechselstrom keine Beeinflussung durch das Erdfeld auftritt. Das Gesamtmoment setzt sich zusammen aus dem Hauptfeld plus dem des Erdfeldes; die auftretenden Fehler werden um so kleiner, je grösser das Verhältnis des Eigenfeldes zum Fremdfeld und je grösser das Feld der festen Spule gegenüber demjenigen der Drehspule ist.

Nach den «Regeln» darf ein Fremdfeld von 5 Oersted unter ungünstigsten Bedingungen in Bezug auf Phase und Richtung des Fremdfeldes keinen grösseren Fehler als 3 % des Endwertes hervorrufen. Durch Astasieren oder Abschirmen mit Permalloy-Blech gelingt es, diesen Fehler innerhalb

0,2 % zu halten, während er bei ungeschirmten Instrumenten 10...20 % betragen kann. Bei Messungen mit ungeschirmten Dynamometern empfiehlt es sich, immer 2 Messungen mit kommutierten Strömen auszuführen, das Instrument so zu drehen, bis die Differenz der beiden Ablesungen ein Minimum wird und dann den Mittelwert zu bilden. Die abgeschirmten Systeme haben gegenüber den astasierten insofern einen Vorteil, dass auch stark gekrümmte Fremdfelder ohne Einfluss bleiben und dass sie bei gleichem Verhältnis vom Quadrat der Ampèrewindungen zum Drehmoment einen grösseren Gütefaktor aufweisen, mit andern Worten, robuster sind. Der Nachteil der grösseren Frequenzabhängigkeit spielt bei den üblichen technischen Frequenzen keine Rolle.

n) Konstanz: Von einem Präzisionsinstrument soll verlangt werden können, dass es noch nach Jahren den Anforderungen von Klasse 0,2 genügt. Aus den vorangehenden Ausführungen ersehen wir, dass es hauptsächlich geometrische Abmessungen und mechanische Grössen sind, die den Zeigerausschlag beeinflussen. Konstanz der Richtkraft der Spiralfedern, der Windungsflächen der Spulen und des Kopplungsfaktors sind die hervorstechendsten Merkmale. Je nach mehr oder weniger sorgfältiger Behandlung der Messinstrumente kann mit der Zeit eine erhöhte Lagerreibung in Erscheinung treten. Nach starken Überlastungen können Balancefehler auftreten, die daran erkenntlich sind, dass ein leichtes Kippen des Instrumentes aus seiner Gebrauchslage ein zusätzliches Drehmoment erzeugt und somit zu einem Anzeigefehler führt, während ein gutes Instrument ohne zusätzlichen Fehler um ca. 5 Winkelgrade aus seiner Gebrauchslage gekippt werden darf.

o) Allgemeine Gesichtspunkte: Eine ansprechende äussere Form des Gehäuses, seine Politur usw. üben gewissermassen einen psychologischen Einfluss auf die Behandlung der Instrumente aus; man wird einer rohen Holzkiste nicht die gleiche Aufmerksamkeit schenken wie etwa einem polierten Schmuckkästchen. Auch in physiologischer Hinsicht ist es nicht gleichgültig, was man dem Auge des Messenden zumutet. Eine unscharfe, unweckmässige Skalenteilung und Bezifferung, ein unscharfer Zeiger und das Fehlen einer parallaxefreien Ablesung wird früher ermüden als eine fachgemässe Ausführung. Die klassische Farbe der Skalen ist weiss; sie kann bei starkem, nicht diffussem Licht zu Blendungerscheinungen führen, ein Grund, warum z. B. schwach gelb abgetönte Skalen als angenehmer empfunden werden.

Literatur

- [1] Arch. techn. Messen J 741-I...J 741-10.
- [2] Merz, L.: Die Dämpfung elektrischer Messgeräte nach den neuen VDE 0410/X 38, Regeln für Messgeräte. Elektrotechn. Z. Bd. 60 (1939), Nr. 47, S. 1332...1335.
- [3] Stäger, H.: Reibung und Schmierung. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. Bd. 15 (1949), Nr. 4, S. 97...116.
- [4] König, H.: Prüfung von Präzisionswattmetern. Bull. SEV Bd. 24 (1933), Nr. 4, S. 61...65.

Adresse des Autors:

E. Christen-Stahel, Ingenieur, Ackersteinstrasse 20, Zürich 49.