Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 66 (1975)

Heft: 24

Artikel: Reparaturprobleme bei Präzisionsinstrumenten

Autor: Murbach, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915330

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: 02.07.2025

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

Reparaturprobleme bei Präzisionsinstrumenten

Von W. Murbach

621.317.732 : 621.797

Es werden Reparaturprobleme besprochen und Schwierigkeiten aufgezeigt, die bei der Instandstellung von elektrischen Präzisions-Messinstrumenten auftreten können, wobei einige gut eingeführte Typen als konkrete Beispiele frei ausgewählt wurden. Andere Bauarten und Fabrikate würden ebensolche oder ähnliche Probleme aufwerfen.

Am Beispiel der Instrumentenreparaturwerkstätte des SEV wird zum Schluss ein Überblick über die umfangreichen Prüfeinrichtungen vermittelt, die nötig sind, um die reparierten Instrumente mit der vorgeschriebenen Genauigkeit eichen zu können.

Les problèmes des réparations sont examinés et les difficultés qui peuvent se présenter lors de la remise en état d'appareils électriques de mesure de précision sont indiquées. Quelques types bien introduits sont choisis librement à titre d'exemples concrets. D'autres modes de construction et d'autres marques présenteraient des problèmes identiques ou analogues.

En prenant comme exemple les ateliers de réparation d'appareils de mesure, de l'ASE, l'auteur donne un aperçu des importants équipements qui sont nécessaires pour pouvoir réétalonner avec la précision requise les appareils réparés.

1. Allgemeines

Die Entwicklung und Herstellung von elektrischen Messinstrumenten hat in den Nachkriegsjahren enorme Fortschritte gemacht. Das Angebot ist derart gestiegen, dass es eine umfangreiche Dokumentation braucht, wenn man nur einigermassen eine Übersicht über die verschiedenen Fabrikate und Typen haben will. Dies gilt für alle Instrumentenarten und Klassen und sowohl für direkt-, als auch für digitalanzeigende Instrumente. Verschiedene namhafte Firmen haben sich zusammengeschlossen und in gemeinsamer Entwicklungsarbeit neue Programme von Präzisions-, Zeiger- und Lichtmarkeninstrumenten entwickelt, wobei die in Jahrzehnten gesammelten Erfahrungen jedes einzelnen verarbeitet wurden. Solche Instrumente haben in bezug auf Messkomfort und Genauigkeit einen sehr hohen Stand erreicht. Listenbereinigungen haben zur Aufgabe früher gebauter Typen geführt. Die Vielzahl der sich im Einsatz befindenden Messinstrumente ist aber trotzdem weiter gestiegen, denn kein Betrieb, der elektrische Messinstrumente verwendet, wird es sich leisten, das Instrumentarium laufend dem neuesten Stand der Technik anzupassen. Der Unterhalt des Bestandes auch älterer, bewährter Typen wird so lange als wirtschaftlich tragbar durchgeführt. Reparaturen an Instrumenten aus den 20er oder 30er Jahren sind denn auch keine Seltenheiten!

Eine Reparaturwerkstätte, die es sich als Dienst am Kunden zum Ziel gesetzt hat, möglichst alle Fabrikate zu reparieren, sieht sich in der dargestellten Situation vor vielfältige Probleme gestellt. Es sind nicht nur personelle Schwierigkeiten in bezug auf handwerkliches Können und Kenntnisse auf dem Gebiet der Messtechnik, die zu überwinden sind, sondern auch finanzielle, denn die Eicheinrichtungen müssen laufend dem neuesten Stand der Entwicklung im Instrumentenbau angepasst werden, wenn die Reparaturarbeit qualitativ dem Standard des Instrumentes entsprechen soll. Grosse Sorgen bereitet daneben auch die Ersatzteilbeschaffung und deren Lagerhaltung. Herstellerfirmen halten in der Regel Originalteile für nicht mehr listenmässige Instrumente noch höchstens 5 Jahre zur Verfügung. Die Lieferfristen dieser Teile betragen durchschnittlich 3 bis 6 Monate.

Nachstehend werden einige ausgewählte Probleme besprochen, wie sie bei der Reparatur und Eichung von elektrischen Präzisionsinstrumenten der Klassen 0,2 und 0,1 auftreten.

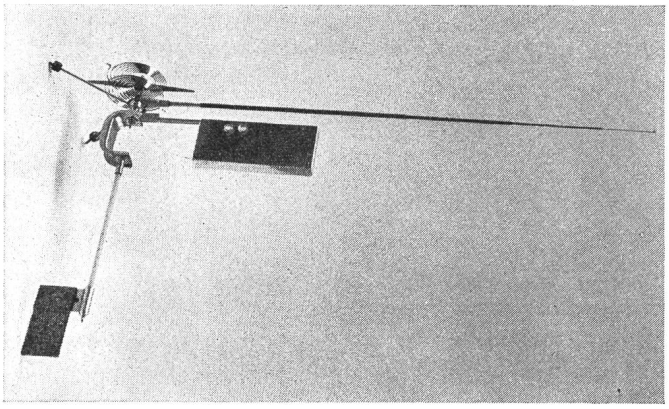

Fig. 1 Bewegliches Organ eines Dreheisen-Volt- oder Ampèremeters

Nach rechts ragen der abgestufte Zeiger und der Dämpferflügel. Von oben nach unten sind die Spiralen, die Balancegewichte, die Keramikachse und das bewegliche Eisen zu erkennen. Gewicht 1 g.

2. Dreheiseninstrumente der Klasse 0,2

Dreheiseninstrumente sind als Schalttafeltypen schon seit ihrer Erfindung vor der Jahrhundertwende im Einsatz. Bauformen, die in der elektrischen Präzisionsmesstechnik Bedeutung erlangt haben, sind aber erst wenige Jahre bekannt [1] [1]). Der Einführung stand hauptsächlich die notwendige hohe elektrische Durchflutung, die zum Erregen des Messwerkfeldes nötig ist, im Wege. Die hochbelasteten Feldspulen verursachten grosse Anwärmefehler und die hohen Wicklungsinduktivitäten bei Spannungsmessern einen erheblichen Frequenzfehler. Durch Verlassen der astatischen Doppelsysteme und durch Ausnutzung technologischer Fortschritte war es möglich geworden, den Eigenverbrauch auf weniger als 0,4 W herabzusetzen. Unter Verwendung der Spannbandlagerung und Lichtzeigeroptik sowie des Zweiflächenspiegels mit Zweizeilenskala ist sogar der Bau von Dreheisen-V- und A-Metern der Klasse 0,1 in die Fabrikations-Programme aufgenommen worden [2].

Instrumente der Klasse 0,2 mit körperlichem Zeiger werden mit kippfehlerfreier Spitzenlagerung ausgeführt (Fig. 1). Beide Spitzen weisen nach unten. Die obere, tragende Spitze sitzt in einer Auskröpfung der Systemachse auf Zeigerebene. Sie wird durch das Eigengewicht des Systems in der Gebrauchslage des Instrumentes immer auf den tiefsten Punkt der Lagerpfanne aus synthetischem Saphir gezogen. Ein seitliches Ausweichen ist deshalb mechanisch und magnetisch nicht möglich.

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Trotz der aus einer Sonderlegierung bestehenden Achsspitzen ist öfters eine unzulässig starke Lagerreibung die Ursache für eine notwendige Reparatur. Im günstigsten Falle bewirken dies mikroskopisch kleine Fremdkörper an der Spitze und in der Lagerpfanne. Zur Behebung des Fehlers muss das bewegliche Organ samt dem Lagerbock ausgebaut werden. Die Spitzen werden mit Diamantstaub von Hand nachpoliert, anschliessend gereinigt und die Lagersteine im Ultraschallbad gewaschen. Es handelt sich dabei um eine sehr diffizile Arbeit. Das bewegliche Organ ist knapp 1 g schwer. Die Drehachse besteht wegen der Formstabilität aus einem feinen Keramikröhrchen. Der hauchdünne Dämpferflügel aus weichem Aluminiumblech sowie der schlanke Zeiger sind im ausgebauten Zustand ungeschützt. Ein leichtes Anstossen genügt um die äusserste Zeigerspitze aus Glas, nicht dicker als ein Teilstrich der Skala, abzubrechen. Auch der Dämpferflügel kann leicht verbogen werden. Ist die obere Lagerspitze beschädigt, so wird die Reparatur aufwendig. Es gelingt in den seltensten Fällen, auch mit speziellem Werkzeug nicht, die kurze Spitze aus ihrem Preßsitz zu lösen. Ohne Bearbeitung mit einer Diamantfeile auf der Spitzenschleifbank kann aber eine Hartmetallspitze nicht einwandfrei geschliffen und geläppt werden. Es bleibt dann nichts anderes übrig, als ein fabrikneues, bewegliches Organ zu montieren. Der Preis eines solchen Teiles liegt ungefähr bei 20 % des Instrumenten-Neuwertes. Die Reinigungsprozedur und die optische Kontrolle der Spitzen muss zudem auch bei Einsatz eines neuen Systems erfolgen, wenn man sich vor Überraschungen bei der Schlussprüfung schützen will.

Auch der Zusammenbau der revidierten Messwerkteile hat seine Tücken. Das bewegliche Organ wird in den Lagerbock aus Keramik mit den bereits montierten Lagerschrauben eingehängt und das Spitzenspiel eingestellt. Erschwerend wirkt sich aus, dass sich der Anschlag, der das Herausfallen des Systems aus den Lagersteinen verhindert, an der obern Brücke befindet, die als letzter Teil aufgeschraubt wird und seine Stützpunkte auf dem Chassis und nicht auf dem Lagerbock hat. Das Absenken des Lagerbockes in die Feldspulenbohrung muss äusserst vorsichtig mit einem Spezialwerkzeug geschehen – zwei Finger haben keinen Platz. Der bewegliche Teil darf bei diesem Vorgang auf keinen Fall aus dem Lager fallen; die Spitze würde beim Abgleiten über den Lagerrand neuerdings Fremdkörper aufkratzen und müsste nochmals gereinigt werden.

Nach beendeten Justierungs- und Ausbalancierungsarbeiten kann das Instrument geeicht werden. Die Reparatur ist als äusserst geglückt zu werten, wenn die Ausschläge eines mit einem neuen System ausgerüsteten Messwerkes mit den Teilstrichen der alten, vorhandenen Skala übereinstimmen. Wohl kann der Zeigerausschlag beim Bereichsnennwert auf den Skalenendwert einreguliert werden, was aber nicht bedingt, dass auch die Zwischenwerte übereinstimmen. Kurvenfehler, die ausser der Anzeigetoleranz liegen, können nur durch Neuzeichnen der Skala eleminiert werden.

Geeicht werden diese Instrumente in der Regel mit Wechselstrom von 50 Hz an einer stabilisierten Eichquelle durch Vergleich mit Instrumenten der Klasse 0,1. An einer solchen Station kann anschliessend der Frequenzgang des Instrumentes nachgeprüft werden. Eine Prüfung mit Gleichstrom ist ebenfalls zulässig; Abweichungen gegenüber der 50-Hz-Messung sind nicht zu erwarten.

3. Drehspulinstrumente der Klasse 0,2

Drehspulinstrumente neuerer Bauart, wie die als Beispiel herangezogenen, weitverbreiteten 10-Ω-Instrumente mit körperlichem Zeiger der Klasse 0,2, sind, verglichen mit den Dreheiseninstrumenten, wesentlich reparaturfreundlicher. Diese Instrumentengruppe hat eine sehr lange Weiterentwicklung hinter sich [3]. Schon in der Fachliteratur der zwanziger Jahre sind Drehspulinstrumente als Präzisionsinstrumente erwähnt [4].

Bei den bisher bekannten Ausführungen war der kleinste Bereich (45 mV) infolge starker Temperaturabhängigkeit nicht zur Strommessung geeignet. Indem äussere Vor- und Nebenwiderstände für die niedrigen Bereiche mit einer Temperaturkompensation ausgerüstet wurden, konnte so ein kleinster Strombereich von 15 mA erzielt werden.

Der Anwender wird es als wertvolle Verbesserung begrüssen, dass neuerdings beide Spannungsbereiche, 30 mV und 150 mV, zugleich auch als Strommessbereiche für 3 mA und 1 mA voll temperaturkompensiert sind. Es steht somit ein echtes mV-, mA-Meter mit vier selbständigen Messbereichen mit voller Klassengenauigkeit zur Verfügung. Zwei Nachteile sind dabei allerdings nicht zu übersehen: Das umfangreiche Zubehör der alten Instrumente kann nicht zusammen mit den neuen Ausführungen verwendet werden und die Reparaturwerkstätte muss ein grosses Ersatzteillager halten.

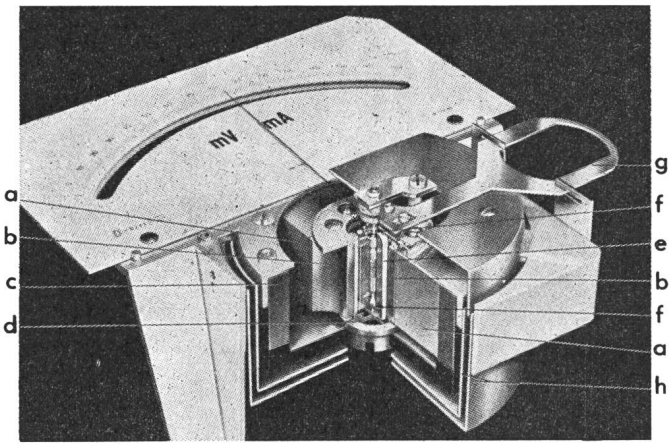

Fig. 2 Präzisions-Drehspulinstrument Klasse 0,2
a Magnete
b Polschuhe
c magnetischer Rückschlussring
d verstellbarer magnetischer Nebenschluss
e Drehspule mit Aluminiumwicklung
f kippfehlerfreie Innenspitzenlagerung
g Nullstellgabel
h Mumetall-Doppelschirm

Die häufigsten Schäden an diesen Instrumenten (Fig. 2) sind auf die Überlastung der Messkreise zurückzuführen. Verbrannte Widerstandsspulen und überlastete Spiralen an der Drehspule sowie deformierte Zeiger sind die Folge von Fehlschaltungen. Auch das Durchbrennen überlasteter Nebenwiderstände des Zubehörs ist häufig. Spitzenreibung ist dank der gefederten Lagersteine seltener festzustellen. Nur bei wenigen Instrumenten kann der Messwerkträger mit dem beweglichen Organ aus der Polbohrung des Magnetsystems herausgezogen werden, ohne dass die starken, magnetischen Kräfte, die auf den fliehenden Kern einwirken, ein Verklemmen der Drehspule bewirken. Die Beschädigung der Spitzen

wäre dabei nicht zu vermeiden. Dies ist bei der Demontage von Messwerkeinsätzen sehr gefürchtet und kann bei schlechtgeführten Messwerkträgern nur durch individuell angepasste Ausstosshülsen verhindert werden. Müssen der Zeiger, die Spiralen oder gar die Drehspule ersetzt werden, kommen als Ersatz nur fabrikneue Originalteile in Frage. Der Widerstandsanteil von Drehspule und Spiralen sind von der in diesen Instrumenten angewandten modifizierten Swinburne-Schaltung von grosser Bedeutung [5]. Die ganze Schaltung besteht aus einer Reihe genau abgeglichener Festwiderstände. Nur eine niederohmige Abgleichlocke in Serie mit der Drehspule ist für den Feinabgleich dieses Zweiges vorgesehen.

Die Spiralen sind thermisch behandelt und daher mechanisch spannungsfrei; sie werden stets paarweise eingesetzt und auch so gepaart ab Fabrik bezogen. Das gemeinsame Drehmoment ist bei vorgeschriebener Windungszahl auf das elektrische Drehmoment vorabgestimmt. Die äussern Windungen sind für den Lötpunkt an der Nullstellgabel radial vorgebogen, weshalb die Spiralen an den innern Windungen auf die exakte Windungszahl und Winkelstellung gegenüber dem Zeiger beschnitten werden müssen. Wenn diese Arbeit nicht sorgfältig vorgenommen wird, ist keine Ausmittlung des Nullstellbereiches mehr möglich. Es ist beim Einlöten der Spiralen streng darauf zu achten, dass die Windungen blank in die Lötstellen laufen. Verzinnte Windungssektoren verursachen elastische Nachwirkungen und sind mit andern Faktoren Ursache der lästigen Nullpunktwanderung. Das Gesagte tönt beinahe wie eine Vorschrift über Spiraleneinlöten. Man muss sich aber darüber klar sein, dass bei dieser Arbeit mitentschieden wird, ob ein repariertes Instrument seine gute Qualität beibehält oder eben verdorben wird.

Um das spätere Ausbalancieren des beweglichen Organs zu erleichtern, ist es vorteilhaft, die Balancegewichte auf den Äquilibrierarmen gängig zu machen. Spulenflanken der Drehspule und die Polbohrung des Magnetsystems müssen sorgfältig selbst von kleinsten Fremdkörpern befreit werden. In der Fabrikation werden solche Montagearbeiten konsequent in staubfreien Räumen vorgenommen (leichter Überdruck, Staubschleusen). In einer Reparaturwerkstatt sind solche kaum vorhanden. Dafür sind die Anforderungen an das Personal um so grösser.

Die Einstellung und Eichung des fertiggestellten Instrumentes geschieht vorteilhaft am Kompensator. Es werden zunächst alle Messbereiche auf ein und denselben Skalenausschlag einreguliert. Die Widerstandswerte sind meist auf drei Stellen nach dem Komma bekannt und können nur mit der Kompensationsmethode rasch und sicher auf diese Genauigkeit abgeglichen werden. Stimmen alle Bereiche überein, kann durch Drehen des vorhandenen magnetischen Nebenschlusses der Ausschlag des Zeigers auf den Skalenendwert eingestellt werden. Sind alle Arbeiten sorgfältig durchgeführt worden, stimmen die Zeigerausschläge meist über den ganzen Skalabereich mit den entsprechenden Teilstrichen überein. Liegen Punkte ausserhalb der Toleranz, so lohnt es sich, die Linearität der bestehenden Skala durch Abstechen kleinerer Abschnitte zu kontrollieren. Wenn es sich erweist, dass der neue Skalenverlauf linearer ist als der ursprüngliche, was vorkommt, kann ein Neuzeichnen der Skala bedenkenlos vorgenommen werden. Im andern Fall ist es angezeigt, alle kritischen Punkte, die eine Unlinearität verursachen können, nachzuprüfen und eventuell zu verbessern.

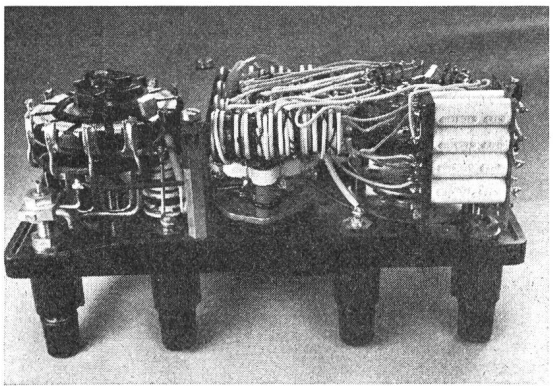

Fig. 3 Messbereicheinsatz eines Vielbereich-Strom- und Spannungsmessers
Links der Strombereichschalter mit dem Serieshunt für 1,5 mA bis 7,5 A, rechts der Spannungsbereichschalter mit den Vorwiderständen für 30 mV bis 600 V, total 26 Messbereiche

Kann der Endwert mit dem magnetischen Nebenschluss nicht eingestellt werden, muss angenommen werden, dass die Feldstärke des Magnetsystems abgenommen hat. Ursache einer Feldschwächung sind meistens starke Gleich- oder Wechselstromfelder, denen ein nichtgeschirmtes Instrument ausgesetzt wurde. Ursprünglich sind die Magnetsysteme auf eine bestimmte Induktion im Arbeitsluftspalt magnetisch stabilisiert. Es ist anzunehmen, dass sich im Arbeitspunkt die reversible Permeabilität eingestellt hat. Man kann also den Systemeinsatz aus der Polbohrung herausziehen und wieder einschieben, ohne dass der Magnet an Feldstärke verliert. Dieser Zustand ist als Idealfall zu werten und normalerweise nur Präzisionsinstrumenten eigen. Die meisten Magnete handelsüblicher Drehspulinstrumente arbeiten nahe dem Sättigungspunkt und verändern ihre Felstärke, wenn sie zerlegt werden. Aus diesem Grund benötigt eine Instrumentenwerkstatt auch eine leistungsfähige Magnetisiereinrichtung.

Um die magnetische Stabilisierung nicht unnötig zu stören, müssen die Präzisionsinstrumente sehr vorsichtig aufmagnetisiert werden. Für kleine Differenzen geschieht das am besten, indem man einige Drahtwindungen auf den Magnetschenkel aufbringt. Durch dosierte Gleichstromstösse wird die Feldstärke egalisiert. Grössere Felder sind nur mit Stossmagnetisiergeräten und beträchtlicher Energie zu erzielen. Solche Arbeiten müssen aber als Gewalteingriffe gewertet werden. Das Instrument muss nachher bis zur Vornahme des Feinabgleiches mehrere Tage in einem möglichst temperaturkonstanten Raum gelagert werden. Eingehende Versuche und laufende Kontrollmessungen haben gezeigt, dass nur so einwandfreie Resultate zu erreichen sind.

Nach der Eichung und Schlussprüfung des reparierten Instrumentes kann das allfällig mitgelieferte Zubehör ebenfalls geeicht und geprüft werden. Die Zusätze zur Messbereicherweiterung sind für Präzisionsinstrumente auf die Klassengenauigkeit von 0,05 abzugleichen. Die Einhaltung dieser Genauigkeit stellt ebenfalls hohe Anforderungen an die Eicheinrichtungen. Besonders heikel sind Reparatur und Abgleichung der im Klemmenraum eingebauten Messbereicheinsätze der Vielbereich-Strom- und Spannungsmesser, deren Widerstandsmaterial nur hartgelötet werden kann (Fig. 3).

4. Elektrodynamische Instrumente der Klasse 0,2

4.1 Lichtmarken-Wattmeter

Bei den nachstehend näher betrachteten Instrumenten handelt es sich um Lichtmarken-Leistungsmesser, wie sie in schweizerischen Industriebetrieben in grosser Zahl verwendet werden. Deren Messwerke sind ausnahmslos mit Spannbandlagerung ausgerüstet (Fig. 4).

Für die Montage baut sich der Fabrikant relativ komplizierte Lehren, um eine gleichmässige Messwerkempfindlichkeit zu erzielen. Leider stehen diese den Reparaturwerkstätten nicht zur Verfügung; der Einbau mit improvisierten Vorrichtungen ist sehr aufwendig. Es sind bei dieser Arbeit mehrere Bedingungen genau zu erfüllen, denn nachträglich kann am beweglichen System ausser der Nullpunkteinstellung nichts mehr justiert werden. Die kompakte Bauart neuzeitlicher Messwerke der Klasse 0,2 und 0,1 verunmöglicht Reparaturen. Diese werden als Ganzes ersetzt. Nach dem Einbau sind trotzdem eine Reihe von Abgleicharbeiten notwendig. Zuerst wird die Lichtzeigeroptik so eingestellt, dass sich die Lichtmarke in der richtigen Höhe und parallel über die Skala bewegt. Dann folgen Kontrollmessungen über die ganze Skala, damit sich der Reparateur ein Bild über die Anzeigegenauigkeit verschaffen kann. Eine fehlerlose Anzeige ist noch nicht zu erwarten. Die Einstellung der Linearität, im vorliegenden Fall auf die bestehende Skala, kann nur durch Verschieben der Stromspulen erreicht werden. Es wurden systematische Versuche durchgeführt, um den Einfluss der gegenseitigen Lage von Feldspulen und Drehspulen, bezogen auf die Ausschlagänderung des Lichtzeigers, zu erfassen. Die praktische Durchführung hängt aber von der gegebenen Ausgangsstellung der Feldspulen ab. Erschwerend wirkt sich aus, dass die Feldspulen nur im zusammengebauten Instrument einreguliert werden können, der Messwerkeinsatz aber vor der Schlussprüfung zum Anziehen der Spulenbefestigungsschrauben nochmals ausgebaut werden muss.

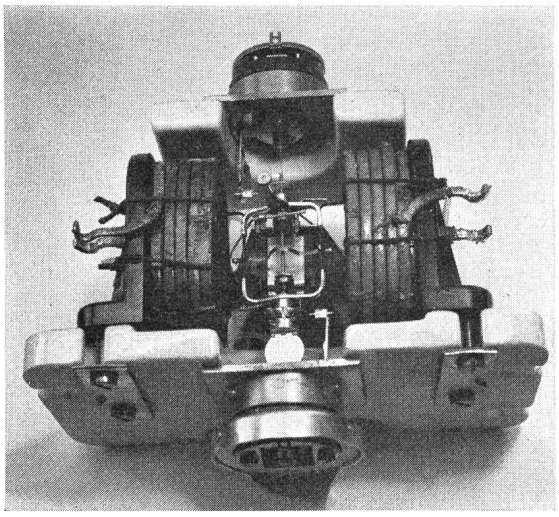

Fig. 4 Messwerk eines astatischen Lichtmarken-Wattmeters Klasse 0,2
Messbereich 2,5/5 A, 90 V und 1000-Ω-Klemme
Zwischen den beiden Stromspulen ist das spannbandgelagerte, bewegliche Organ mit dem Planspiegel zu erkennen.

Lichtmarkeninstrumente haben bekanntlich eine kegelförmige Skala. Deren Radius beträgt ca. 30 cm, entsprechend dem im Instrument mehrfach umgelenkten Lichtzeiger. Die Herstellung einer solchen Skala ist aufwendiger als diejenige einer flachen und erfordert eine spezielle Einrichtung, die z. B. auf die übliche Rundteilmaschine aufgesetzt werden kann (Fig. 5).

Die Eichung und Schlussprüfung wird mit Wechselstrom von 50 Hz bei Nennspannung der Spannungsbereiche durch Vergleich mit einem vom eidgenössischen Amt für Mass und Gewicht (AMG) geeichten Lichtmarkenwattmeter der Klasse 0,1 durchgeführt. Wattmeter von Zählerprüfämtern werden zusammen mit den zugehörigen Vorwiderständen (wichtig wegen dem Temperaturgang) nach einem mit dem AMG vereinbarten Prüfprogramm kontrolliert.

4.2 Kombinierte Instrumente

Etwas anders gelagerte Reparaturprobleme treten bei gewissen, als V-, A- oder W-Meter verwendbaren, dynamischen Instrumenten auf. Die nähere Beschreibung der Schaltung (Fig. 6) mag dies zeigen. Der Spannungspfad ist für eine Stromaufnahme von 20 mA ausgelegt. Die Messbereicherweiterung bis 500 V erfolgt über eingebaute Vorwiderstände $R_4 ... R_8$. Die Feldspule liegt als Kernwicklung innerhalb der Drehspule und ist ebenfalls für einen Nennstrom von 20 mA dimensioniert. Das ganze Messwerk ist ferrodynamisch konzipiert. Die umschliessenden Statorbleche sind unbewickelt. Bei der Spannungsmessung werden durch den Messartenumschalter auf Stellung V die Drehspule und die Feldspule in Serie an den U-Bereichschalter gelegt. Bei der Strommessung (Stellung A des Umschalters) bleiben Drehspule und Feldspule in Serie, werden aber an die Sekundärwicklung eines eingebauten Stromwandlers mit 20 mA Sekundärstrom angeschlossen. In Stellung W des Umschalters

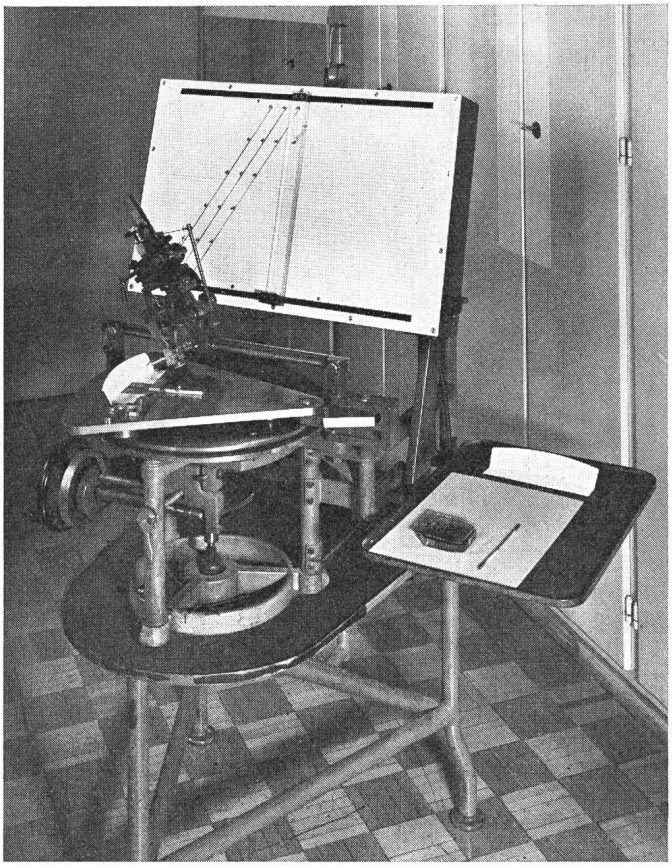

Fig. 5 Rundteilmaschine mit aufgesetzter Vorrichtung für das Zeichnen von kegelförmigen Skalen für Lichtmarkeninstrumente

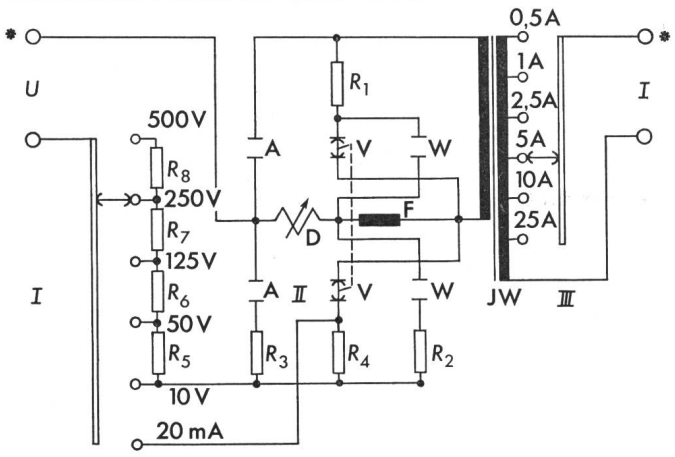

Fig. 6 Schaltplan eines kombinierten Volt-, Ampère- und Wattmeters

D	Drehspule	II	Messartenumschalter
F	Feldspule	III	A-Bereichschalter
JW	Stromwandler	$R_1...R_3$	Ausgleichswiderstände
I	V-Bereichschalter	$R_4...R_8$	Messbereichswiderstände

werden Drehspule und Feldspule aus der Serieschaltung getrennt, bleiben aber einseitig verbunden. Die Drehspule wird in Serie mit einem Ergänzungswiderstand, der den Widerstandswert der Feldspule haben muss, an den Spannungsbereichschalter gelegt und die Feldspule anderseits mit einem Ergänzungswiderstand mit dem Wert der Drehspule an die Sekundärwicklung des Wandlers.

Die gegenseitige Abhängigkeit der Messkreise verlangt genaue Einhaltung aller Widerstandswerte der Schaltung. Einerseits bedeutet das für den Reparaturvorgang einen Vorteil. Durch Überlastung verbrannte Festwiderstände und Wandler können durch neue aus dem Ersatzteillager ersetzt werden. Bei Feld- und Drehspulenwechsel können deren Ergänzungswiderstände auf den richtigen Wert abgeglichen werden. Anderseits sind die Abgleichmöglichkeiten bei solchen Schaltungen eingeschränkt. Der Ersatz defekter Spiralen beansprucht den grössten Zeitaufwand der ganzen Reparaturarbeit. Mit dem Drehmoment der Spiralen muss der Vollausschlag des Messwerkes einreguliert werden, wobei selbst Bruchteile einer Windung kritisch sind. Der Umstand,

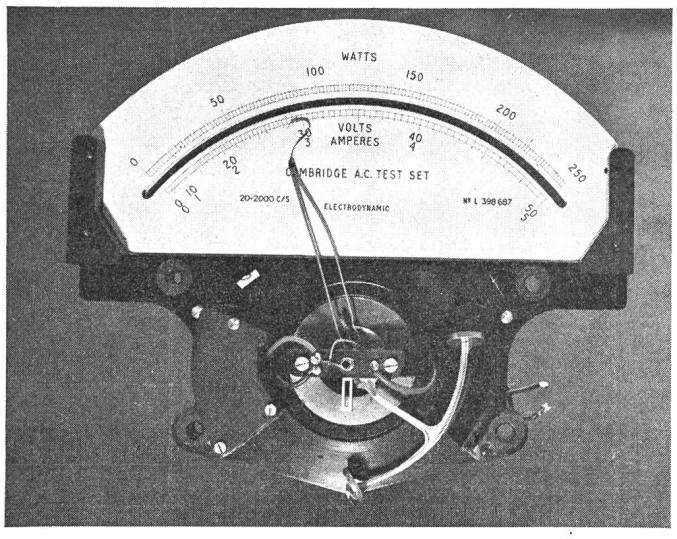

Fig. 7 Ferrodynamisches Messwerk, durch Prellschlag beschädigt
Der rechte Deckel der Doppelkolbendämpfung wurde entfernt.

dass die Spiralen von der Systembrücke mit der Nullstellgabel vollständig überdeckt werden und sich ihre äussern Lötstützpunkte ebenfalls unter dieser breiten Brücke befinden, erschwert das Beschneiden und Einlöten ausserordentlich. Sehr sorgfältig muss auch der zentrische Einlauf des äusserst feinen Doppelkolben-Dämpferflügels in die beiden seitlichen Luftkammern justiert werden (Fig. 7).

Die Prüfung wird mit Wechselstrom von 50 Hz durch Vergleich mit Instrumenten der Klasse 0,1 vorgenommen. Gewisse Ausführungen müssen zusätzlich mit erhöhten Frequenzen bis 2500 Hz kontrolliert werden.

5. Instrumente der Klasse 0,1

Die Eichung von Instrumenten der Klasse 0,1 stellt sehr hohe Anforderungen sowohl an das Personal als besonders auch an die Prüfeinrichtungen [6; 7]. Für die Reparatur ist kein grosser Unterschied zwischen Instrumenten der Klasse 0,2 und 0,1 vorhanden. Neuere Instrumente sind ohnehin so kompakt gebaut, dass nur ganze Messwerkeinheiten ersetzt werden können. Die Eichung aber und die Prüfung der Klasse 0,1-Instrumente bereitet Schwierigkeiten. Es wird in Fachkreisen schon lange darüber diskutiert, ob diese Instrumente überhaupt mit einer genügenden Genauigkeit geprüft werden können. Dies gilt vor allem für die Eichung von Wattmetern mit Wechselstrom. Aus den Werkprüfscheinen neuer Instrumente geht hervor, dass auch die Fabrikanten mit Gleichstrom eichen. Nur die Skalenendwerte und einige Punkte bei cos φ 0,5 und 0 werden mit Wechselstrom nachkontrolliert. Unter der Voraussetzung, dass das Verhalten des Zubehörs wie Normalelemente, Widerstandsnormale und Teiler bekannt ist, können mit einem guten Gleichstrom-Kompensator bei sorgfältiger Messung Genauigkeiten bis 0,03 % erreicht werden, was auch für Instrumente der Klasse 0,1 genügt. Bessere Messungen sind nur in Speziallaboratorien durchführbar. Auch die Frage, wie genau das Wattmeter abgelesen werden kann, spielt eine Rolle. Über die verbürgte Messgenauigkeit für Wechselstrom-Leistungsmessung ist wenig Genaues zu erfahren [8].

Für die Reparaturwerkstatt ist die Wechselstrommessung erstrebenswert. Es besteht ein wesentlicher Unterschied, ob ein Instrument abgeglichen oder nur geprüft werden muss. Für den Vorabgleich ist die Kompensationsmethode viel zu umständlich und kompliziert. Der Komparator ist erschütterungsempfindlich und in der Bedienung aufwendig. Einfacher geht es mit dem Wattkonverter. Mit dieser elektronischen Multipliziereinheit kann die eingegebene Wechselstromleistung am Ausgang als genaue Gleichspannung gemessen werden. Die digitale Anzeige lässt sich auch auf Distanz sicher ablesen; man kann sich also mehr auf den Prüfling konzentrieren. Verglichen mit dem Komparator bedeutet dieses Gerät eine Genauigkeitseinbusse, die aber durch viel Erfahrung teilweise wieder wett gemacht werden kann.

6. Prüfeinrichtungen der Instrumentenreparaturwerkstätte des SEV

Ein Reparaturbetrieb mit einem breitangelegten Arbeitsgebiet benötigt entsprechend vielseitige Prüfeinrichtungen. Die Instrumentenwerkstatt des SEV verfügt über einen vom Hauptraum abgetrennten, auf 23 ± 1 °C temperaturstabilisierten Messraum. Darin sind alle Normale und entsprechen-

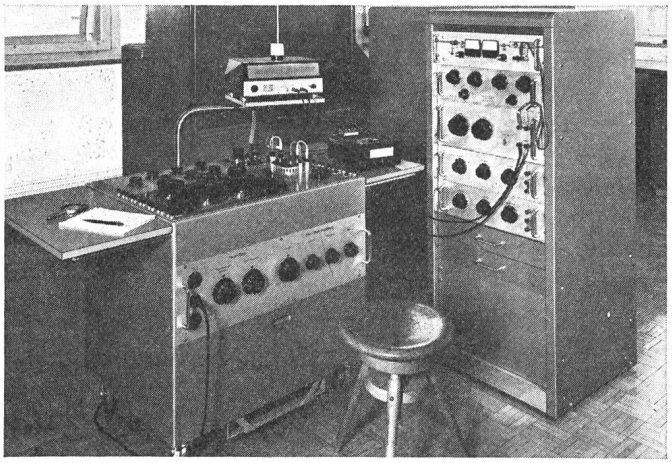

Fig. 8 Kompensator nach Diesselhorst mit Gleichstrom-Eichquelle für 10 μA bis 15 A
Über dem Kompensator ist ein Sefram-Lichtmarken-Nullgalvanometer aufgebaut.

den Einrichtungen untergebracht. Zwei fahrbare Kompensatoren, Diesselhorst (Fig. 8) und Feussner, sowie eine Präzisions-Widerstandsmessbrücke nach Wheatstone und Thomson bilden den Grundstock. Zu diesen Geräten gehören Normalwiderstände im Bereich von 10^{-4} bis 10^{6} Ω, Spannungsteiler und Präzisionswiderstandsdekaden. Für genaue Widerstandsmessungen im extremen Bereich bis 10^{15} Ω steht eine fahrbare Hochohm-Messbrücke bereit.

Für Gleichstrommessungen sind drei Eichquellen vorhanden:

– Ein stabilisiertes Netzgerät für 20 V mit stufenloser Stromregulierung vom μA-Bereich bis 15 A. Alle Einschübe sind in einem gemeinsamen, fahrbaren Rack untergebracht

– Ein fahrbares, stabilisiertes Netzgerät für 1 bis 1000 V, 400 mA

– In einem Rack sind ein Spannungs-Standard mit Differentialvoltmeter, ein Referenzspannungsteiler, ein Nulldetektor und eine mit vier Normalelementen ausgerüstete Referenzkammer zu einer Präzisions-Eichquelle zusammengebaut.

Für Wechselstrommessungen im Bereich von 0,2 bis 20 A bzw. 1600 bis 16 V bei Frequenzen von 15 Hz bis ca. 100 kHz stehen zwei stabilisierte Eichquellen zur Verfügung (Fig. 9). Eines der beiden Racks hat zusätzlich ein Transfervoltmeter, das andere einen elektronischen Wattkonverter eingebaut.

Für die Eichung von Spiegel- und Vibrationsgalvanometer sowie der Oszillographenschleifen wurde eine spezielle Prüfeinrichtung mit einer Empfindlichkeit von ca. 10^{-10} A gebaut.

In der Werkstatt selbst befinden sich eine Einphasen-Wechselstrom-Eichstation, eine Gleichstromstation (Akku) für Ströme bis 2000 A sowie eine Drehstromstation mit der Möglichkeit, auch Messungen mit Frequenzen zwischen 15 und 60 Hz bei beliebiger Phasenverschiebung durchzuführen. Alle Stationen sind so stabilisiert, dass auf ihnen Messinstrumente der Klasse 0,2 geeicht werden können. Für die Prüfung von Vielfachinstrumenten ist ein spezielles Messpult entwickelt und gebaut worden. Zum Eichen von Temperaturfühlern bis 1200 °C sind zwei Rohröfen und ein Öl-thermostat vorhanden. Drei verschiedene Magnetisierungsvorrichtungen für Feldstärken bis 120 000 Oersted ergänzen den Apparatepark.

Ein unentbehrliches Gerät der Instrumentenreparaturwerkstatt ist die Skalenteilmaschine. Es ist nicht immer möglich, die Zeigerausschläge eines reparierten Instrumentes mit den Teilstrichen der bestehenden Skala in Übereinstimmung zu bringen. Dazu kommen beschädigte oder beschmutzte Skalen oder solche, die einem neuen Messbereich angepasst werden sollen. Rundteilungen und Gerade- oder Langteilungen werden auf getrennten Maschinen hergestellt. Die Maschine für Rundteilungen wurde für das Zeichnen von Präzisionsskalen modifiziert. Für Kegelskalen wird die gleiche Einrichtung mit einem Zusatzgerät verwendet (Fig. 5).

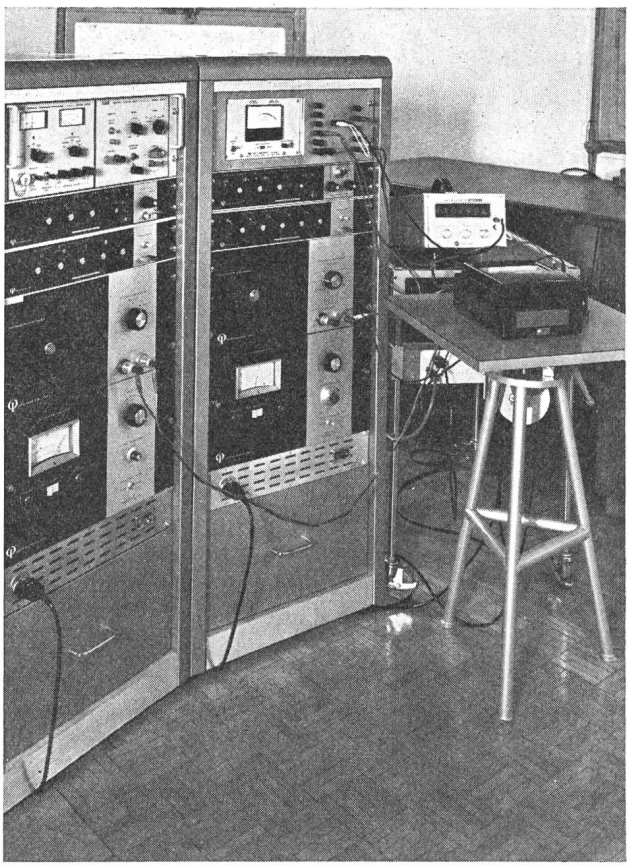

Fig. 9 Messplatz für die Eichung von Präzisions-Lichtmarken-Wattmetern, Klasse 0,1
Rack links: Thermal Transfer Standard, Oszillator für 15 Hz bis 100 Hz, Spannungsteiler, Anpass-Transformator und Wechselstromverstärker. Rack rechts: oben AC-Watt-Konverter (Multipliziereinheit), darunter ein Oszillator mit 2 Ausgängen und Phasenschieber. Ganz rechts vorne der Prüfling, dahinter das Digitalvoltmeter zur Anzeige der DC-Ausgangsspannung der Multipliziereinheit.

Literatur

[1] *H. Partenfelder:* Dreheisen-Präzisionsinstrumente der Klasse 0,2 mit Massezeiger. ATM -(1964)342, S. 161...162. (J 731–10).

[2] *H. Partenfelder:* Dreheisen-Präzisionsinstrumente mit Lichtzeiger. ATM -(1966)365, S. 135...136. (J 731–11).

[3] *U. Kobbe:* Neue Präzisions-Drehspul-Zeigerinstrumente der Klasse 0,2. ATM -(1964)341, S. 133...136. (J 721–22).

[4] *W. Skirl:* Elektrische Messungen. Siemens-Handbücher. Berlin, Verlag W. de Gruyter, 1928.

[5] *R. Langbein* und *G. Werkmeister:* Elektrische Messgeräte. Genauigkeit und Einflussgrössen. 2. Auflage. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig, 1951.

[6] *G. Münch:* Elektrodynamische Lichtmarkenleistungsmesser der Klassen 0,1, 0,2 und 0,5. ATM -(1966)365, S. 137...140. (J 741–14).

[7] *U. Kobbe:* Präzisions-Drehspul-Lichtmarken-Instrumente der Klassen 0,1 und 0,2. ATM -(1966)365, S. 131...134. (J 721.23).

[8] *P. Koch:* Die Eichung von Elektrizitätsleistungsmessern im Amt für Mass und Gewicht. Bull. SEV/VSE 66(1975)24, S. 1347...1352.

Adresse des Autors:

Walter Murbach, Chef der Instrumenten-Reparaturwerkstätte des SEV, Seefeldstrasse 301, 8008 Zürich.