

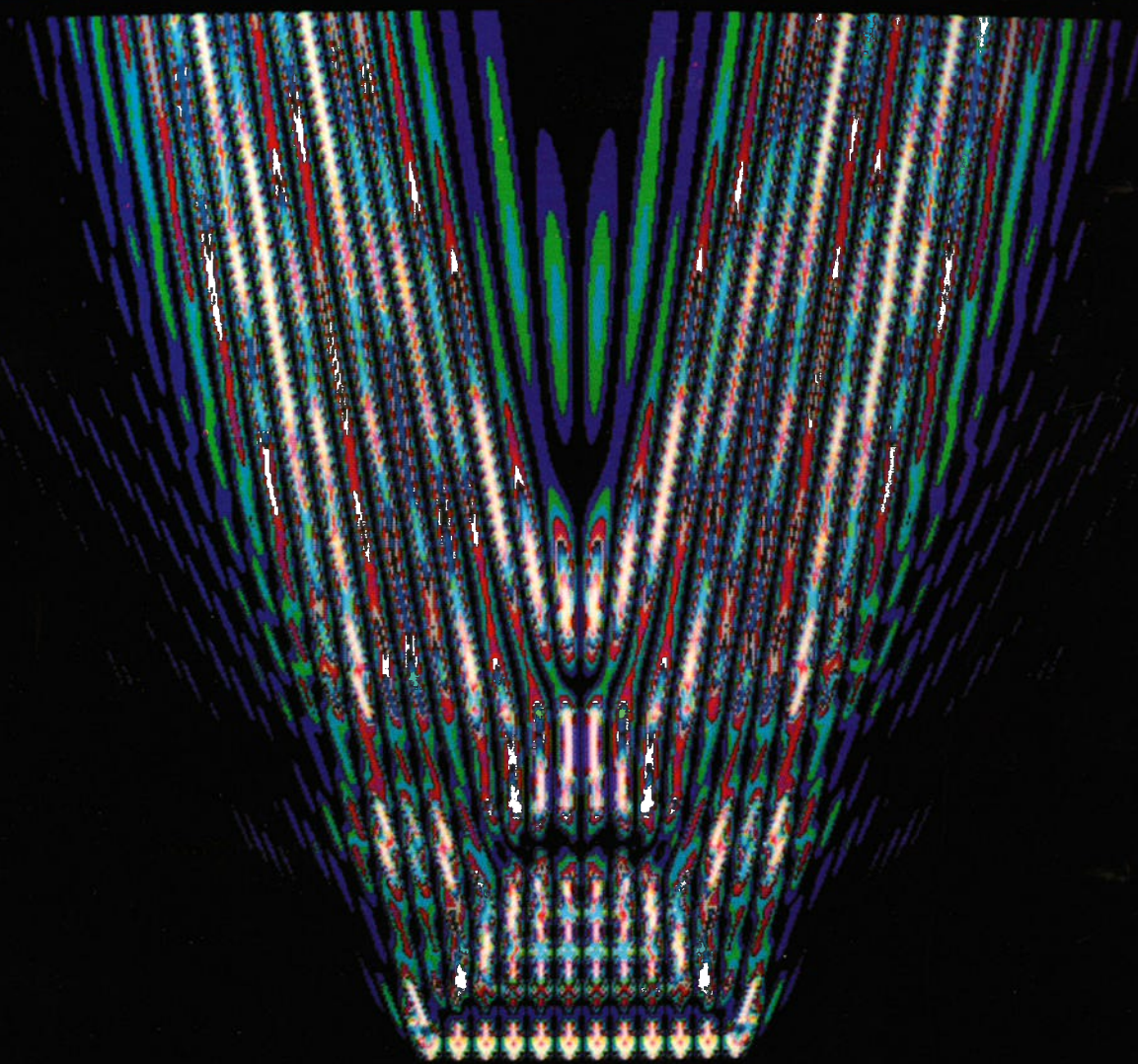
Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft

Postvertriebsstück
Gebühr bezahlt

1Y 8151 F

PTB

Mitteilungen
Forschen + Prüfen



vieweg

April **2/90**

Handbuch Technische Oberflächen

Typologie, Messung und Gebrauchsverhalten.

von Herbert von Weingraber und Mohamed Abou-Aly

1989. XIII, 448 Seiten mit 317 Abbildungen und 41 Tafeln.

Gebunden DM 298,—

ISBN 3-528-06318-1



Das Handbuch behandelt die den Praktiker und den Wissenschaftler gleichermaßen interessierenden vielschichtigen Probleme, die mit der Herstellung, der Prüfung und dem Gebrauchsverhalten der Oberflächen technischer Erzeugnisse verknüpft sind. Die Methoden zur quantitativen Beurteilung der geometrischen Beschaffenheit erzeugter Oberflächen werden kritisch einander gegenübergestellt. Besonderes Augenmerk gilt den statistischen Verfahren zur wissenschaftlichen Aufklärung der Zusammenhänge, die zwischen den Fertigungsbedingungen und dem erzeugten Oberflächencharakter bestehen. Diese geometrischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften einer Oberfläche – zusammengefaßt unter dem Begriff Oberflächenzustand – bestimmen deren Gebrauchsverhalten bei einer vorgegebenen Beanspruchung. Tribologische Vorgänge und Korrosion werden abschließend erläutert.

o. Prof. em. Dr.-Ing. *Herbert von Weingraber*, ehem. Direktor des Instituts für Meßtechnik und Austauschbau der Technischen Universität Braunschweig.

Dr. Ing. *Mohamed Abou-Aly*, Hauptabteilungsleiter für „Meßtechnik“ bei der Firma Andreas Stihl, Waiblingen.

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsges. mbH., Postfach 58 29, D-6200 Wiesbaden



Inhalt

Fachbeiträge	<i>Hans Richter, Andreas Braun, Edward Brzostek, Dieter Kind:</i> Entwicklung und Kalibrierung elektrischer Feldstärkemeßeinrichtungen	99
	<i>Deyan Y. Xu, Klaus-Jürgen Rosenbruch:</i> A rotatable single wedge plate shearing interference technique for collimation testing	107
	<i>Jean-Georges Ulrich:</i> Ein Spezialgewichtsatz zur bestimmung von OIML-Gewichtsätzen und dessen Anwendung	113
	<i>Rainer Marx, Roland Zirpel:</i> Präzisions-Meßeinrichtung zur Messung hoher Wechsel- und Gleichspannungen	119
Recht und Technik	Ansprache des Bundesministers für Wirtschaft	125
	Anweisung für öffentlich bestellte Wäger (Wägearweisung)	127
	Verzeichnis der Vorschriften und anerkannten Regeln der Technik nach der Eichordnung	129
Internationale Zusammenarbeit	<i>Hartmut Apel:</i> PTB-Seminar über Fertigpackungen für Lateinamerika	137
	<i>Fachtagungen:</i> Int. Symp. on „New Phenomena in Mesoscopic Structures“ – 13th Int. Conf. on Amorphous and Liquid Semiconductors und 1st Int. Conf. on Amorphous Semiconductor Technology – Gründungssitzung von CEN/TC 211 „Akustik“ – Physical Characteristics and Test Methods for ID Cards	138
Amtliche Bekanntmachungen	<i>EWG-Bauartzulassungen:</i> Verkörperte Längenmaße – Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser – Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser	141
	<i>Innerstaatliche Bekanntmachungen:</i> Längenmeßmaschinen	143
	Flächenmeßmaschinen	150
	Volumenmeßgeräte für nichtflüssige Meßgüter – Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser	151
	Nichtselbsttätige Waagen	152
	Selbsttätige Waagen – Zusatzeinrichtungen an Waagen – Meßgeräte für Elektrizität	153
	Tragbare Elektrothermometer – Temperaturmeßanlagen – Strahlenschutzdosimeter – Bauartprüfung von Hörgeräten	154
	Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel	157
Informationen	Prof. Dr. Rudolf Martin zum 65. Geburtstag	161
	Prof. Dr. Hermann de Boer neuer Leiter der Abteilung Mechanik und Akustik –	162
	Prof. Dr.-Ing. Dieter Kind ist EUROMET-Vorsitzender	162
	PTB-Forschungsvorhaben	162
	Aktuelles Schrifttum zum Meß- und Eichwesen	163
	Eingesandte Druckschriften: Nachrichten und Neuheiten aus Industrie und Forschung	164
Veranstaltungskalender – Themenvorschau	166	

Autorenverzeichnis

<i>Dipl.-Volksw. Hartmut Apel</i>	Leiter des PTB-Referates „TZ Länderregion 1“, Braunschweig
<i>Dir. und Prof. Dr. Andreas Braun</i>	Leiter der PTB-Gruppe „Elektrische Energiemeßtechnik“, Braunschweig
<i>Dr. Edward Brzostek</i>	vormals wissenschaftlicher Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Meßwandler“, Braunschweig
<i>Prof. Dr. Dieter Kind</i>	Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt Braunschweig und Berlin
<i>Dipl.-Ing. Rainer Marx</i>	Technischer Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Hochspannung“, Braunschweig
<i>Dr. Hans Richter</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Meßwandler“, Braunschweig
<i>Dir. und Prof.</i>	
<i>Dr. Klaus-Jürgen Rosenbruch</i>	Leiter des PTB-Laboratoriums „Bildoptik“, Braunschweig
<i>Dipl.-Phys. Jean-Georges Ulrich</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter des Eidgenössischen Amtes für Meßwesen, Wabern, Schweiz
<i>Deyan Y. Xu</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, VR China
<i>Dipl.-Ing. Roland Zirpel</i>	Technischer Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Elektrizitätszähler“, Braunschweig

Titelbild

Berechnete Nah- und Fernfeldverteilung der Abstrahlcharakteristik eines phasengekoppelten Laserdioden-Arrays.

Die 12 Einzeldioden des Arrays schwingen in Antiphase.

Die Nahfeldverteilung wird für die optische Strömungsmessung eingesetzt.

(PTB-Foto: Eberhard Claus)

Impressum

Die **PTB-Mitteilungen** führen das Amtsblatt der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt fort. Sie enthalten wissenschaftliche Originalbeiträge und Berichte aus den Arbeitsgebieten der Bundesanstalt, technische Kurzabhandlungen, Festsetzungen über die physikalischen Einheiten und das amtliche Meß- und Prüfwesen, Informationen über die internationale meßtechnische Zusammenarbeit, Literaturhinweise und Buchbesprechungen. Außerdem werden Gerätezulassungen auf den Gebieten des Eichwesens, des Prüfstellenwesens, des Strahlenschutzes, der Sicherheitstechnik und des Gesundheitswesens sowie amtliche Bekanntmachungen, Gerichtsentscheidungen und Personalmeldungen veröffentlicht.

Herausgeber

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig und Berlin
Anschriften: D-3300 Braunschweig, Bundesallee 100 und
D-1000 Berlin 10 (Charlottenburg), Abbestr. 2-12.

Schriftleitung

Dr. W. Hauser (auch verantwortlich für Fachbeiträge) unter Mitwirkung von Dr. E. Seiler (verantwortlich für Recht und Technik/Internationale Zusammenarbeit), W. Pogrzeba (verantwortlich für Amtliche Bekanntmachungen) und G. Link (verantwortlich für Informationen). Alle: Bundesallee 100, D-3300 Braunschweig, Telegrammadresse: Bundesphysik Braunschweig, Telex 9 52 822 ptb d, Telefax (05 31) 592-4006, Telefon (05 31) 592-8502.

Verlag

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Faulbrunnstraße 13, Postfach 58 29, D-6200 Wiesbaden 1, Telex 4 186 928 vvw d, Telefax (0 61 21) 16 02 29, Telefon (0 61 21) 16 02 30.

Vertrieb und Anzeigen

Leitung: Heinz Detering, Verlag Vieweg, Telefon (0 61 21) 16 02 16
Zeitschriftenservice: Gerlinde Ewald, Verlag Vieweg, Telefon (0 61 21) 16 02 30

Abonnentenbetreuung: Jutta Roberg, VVA-Bertelsmann Distribution, Postfach 77 77, D-4830 Gütersloh, Telefax (0 52 41) 4 64 63, Telefon (0 52 41) 80 29 32

Anzeigenbetreuung: Christine Jacobi, Verlag Vieweg, Telefon (0 61 21) 30 80 21

Gültige Anzeigenpreisliste Nr. 19 vom 1. Januar 1986.

Erscheinungsweise und Bezugspreise

Die PTB-Mitteilungen erscheinen alle zwei Monate. Jahresabonnement 1990 DM 184,-, Zweijahresabonnement 1990/91 DM 331,-, Einzelhefte DM 35,-, Sammelordner DM 19,80, jeweils zuzüglich Versandkosten. Bezug durch den Buchhandel oder den Verlag. Abbestellungen müssen spätestens 3 Monate vor Ende eines Kalenderjahres schriftlich erfolgen.

Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Der Verlag Vieweg ist ein Unternehmen der Verlagsgruppe Bertelsmann International.



© Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig 1990

Entwicklung und Kalibrierung elektrischer Feldstärkemeßeinrichtungen

Hans Richter, Andreas Braun, Edward Brzostek, Dieter Kind

Zusammenfassung: Zur Kalibrierung von elektrischen Feldstärkemeßgeräten für netzfrequente Wechselfelder ist eine elektrische Normalfeldanordnung realisiert worden, in der in einem hinreichend ausgedehnten Feldraum genau bekannte elektrische Feldstärkewerte erzeugt und mittels einer planaren Meßelektrode mit nachgeschalteter Elektronik quantitativ erfaßt werden können. Die zu prüfenden elektrischen Feldstärkemeßgeräte werden in den Normalfeldraum eingebracht und ihre Anzeige mit der an der entsprechenden Stelle herrschenden Feldstärke verglichen. Die Feldverteilung der Normalfeld-Meßeinrichtung läßt sich theoretisch mit Hilfe des Ersatzladungsverfahrens nachbilden. Ein Vergleich zwischen den berechneten und den mit einer kapazitiven Kugelfeldmeßsonde gemessenen Feldstärkewerten zeigt eine Differenz von $< 1\%$ (1σ), wenn der Abstand der Sonde von den felderzeugenden Elektroden gleich dem fünffachen des Sondenradius nicht unterschritten wird und wenn keine Raumladungen, z.B. infolge von Korona, im Feldraum entstehen.

Summary: A defined region of space has been made available, in which an almost homogeneous field with exactly known power frequent electric field strength can be generated. In addition, a field sensing probe has been integrated in this standard field arrangement, with the aid of which the generated standard field can be measured. For the measurement and calibration of field strength measuring instruments, the respective sensing probes are introduced into this standard field

and the indication of the probes is compared with the field strength prevailing at the location of the probe. The electric field distribution has been investigated theoretically by simulating the field according to the principle of the charge simulation method. A comparison between calculated and measured values by means of a spherical field sensing probe shows that an agreement is achieved with an overall uncertainty of $< 1\%$ (1σ), if a distance of the probe from the field-generating electrodes of five times the sphere radius is observed and if no space charges due to corona occur in the field space.

1 Einleitung

Die Kenntnis der netzfrequenten elektrischen Feldstärke in der Umgebung von Hochspannungsleitungen ist in einer zunehmend umweltbewußten Öffentlichkeit von Bedeutung [1]. Die nach dem bisherigen Stand der Forschung erreichte Gesamtunsicherheit der elektrischen Feldstärkemeßverfahren und Meßgeräte bewegt sich im Bereich 3% ... 10%. Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist die Verringerung der Meßunsicherheit bei der Prüfung von Feldstärkemeßgeräten auf hinreichend kleine Werte. Zu diesem Zweck ist ein definierter Feldraum bereitgestellt worden, in dem genau bekannte, weitgehend homogene elektrische Feldstärkewerte erzeugt werden können.

In diese Normalfeldanordnung wurde ferner eine planare Feldsonde integriert, mit der die erzeugte Normalfeldstärke gemessen und kontrolliert werden kann.

Zur Kalibrierung von elektrischen Feldstärkemeßgeräten werden die zugehörigen Meßsonden in diesen Normalfeldraum eingebracht und ihre Anzeige mit der am Standort herrschenden Feldstärke verglichen. Dabei tritt eine Beeinflussung des Normalfeldes durch den eingebrachten Sondenkörper auf, was sowohl analytisch als auch meßtechnisch eingehend untersucht worden ist.

2 Untersuchungsverfahren

Die Normalfeldmeßeinrichtung (Bild 1) besteht aus einer festen und einer beweglichen isoliert aufgebauten abgerundeten Plattenelektrode mit horizontaler Plattenachse. Ihre Durchmesser betragen 800 mm und ihr maximaler Abstand 600 mm. In der Mitte der festen Plattenelektrode ist eine ebene kapazitive Meßelektrode so eingepaßt, daß der über sie fließende Strom mittels eines nachgeschalteten elektronischen Filters als Abbild für die vor der Elektrode auftretende Feldstärke herangezogen werden kann.

Zur Kalibrierung von elektrischen Feldmeßsonden [2, 3] ist eine mechanische Verstelleinrichtung mit der Normalfeldmeßanlage kombiniert worden, mit der die zu untersuchende Sonde im Normalfeld beliebig positioniert und um 360° um ihre Achse gedreht werden kann. Die Positioniereinrichtung gestattet ferner, die Feldverteilung zwischen den Plattenelektroden und in deren Umgebung mit der Sonde auszumessen.

Die Berechnung der Potential- und Feldstärkefunktionen in Abhängigkeit von den Ortsparametern der Normalfeldanordnung erfolgt durch Simulation des Feldbildes nach dem Prinzip des Ersatzladungsverfahrens [4]. Bei der Feldberechnung wird eine rotationssymmetrische Elektrodenanordnung mit symmetrischer und unsymmetrischer Potentialverteilung zugrunde gelegt, um die simulierten mit den realen Verhältnissen vergleichen zu können [5].

3 Theoretische und experimentelle Ergebnisse

Die Ergebnisse der berechneten Feldverteilung zwischen den Plattenelektroden und in ihrer näheren Umgebung werden in den folgenden Abbildungen graphisch dargestellt. Bild 2 zeigt den Verlauf der Potential- und Feldlinien in der axialen Schnittebene der rotationssymmetrischen Elektrodenanordnung, wenn die Platten, bezogen auf Erdpotential, mit unsymmetrischer Spannung, Bild 3, wenn sie mit symmetrischer Spannung beaufschlagt sind. In beiden Fällen ist bei unendlichem Abstand von der Elektrodenanordnung ein Potential $\varphi = 0$ vorausgesetzt

Der berechnete Potential- und Feldstärkeverlauf ist für jeden Aufpunkt der Rotationsachse der Normalfeldanordnung bei unsymmetrischer Potentialver-

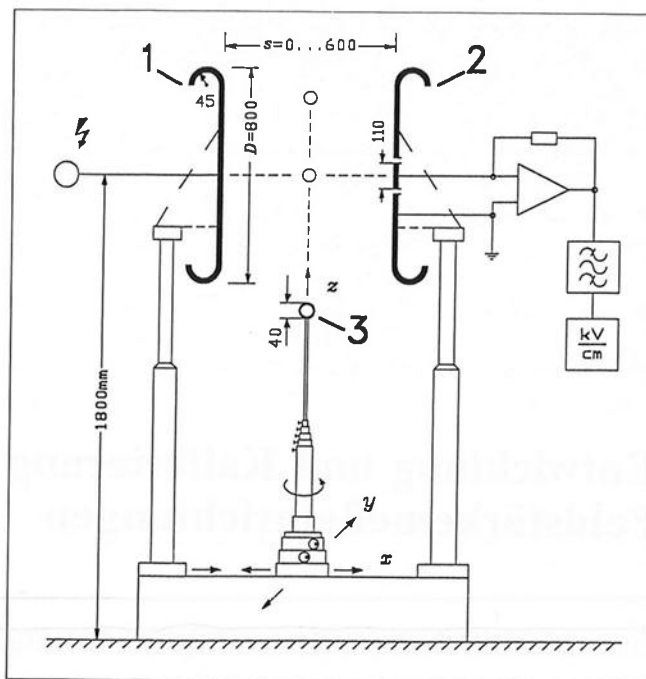


Bild 1 Elektrische Normalfeldstärke-Meßeinrichtung zur Kalibrierung von Feldstärkemeßgeräten

- 1: Bewegliche Hochspannungselektrode
- 2: Feste Elektrode mit planarer Feldstärkemeßsonde
- 3: Potentialfreie Kugelfeldstärkemeßsonde mit Lichtwellenleiter

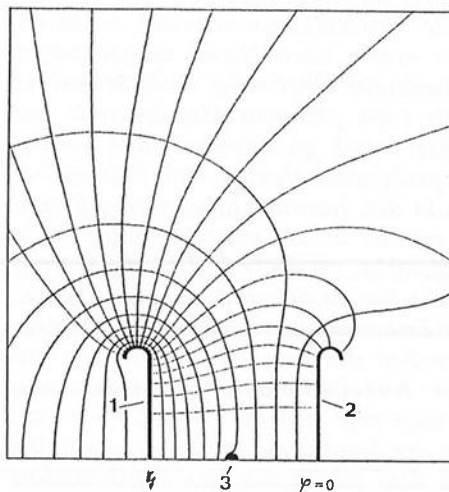


Bild 2 Unsymmetrische Potential- und Feldlinien-Konfiguration 1, 2, 3: s. Bild 1

teilung nach Bild 2 für den maximalen Plattenabstand von 600 mm in Bild 4 dargestellt. Die Kugelfeldsonde mit einem Durchmesser von 40 mm befindet sich hierbei genau in der Mitte zwischen den beiden Elektroden. Der Feldstärkevektor E ist hier axial gerichtet. Sein Betrag ist auf die Feldstärke im idealen homogenen Feld $E_0 = U/s$ bezogen. Aus dieser Darstellung ist die Störung des Feldverlaufs durch die

Kugelfeldmeßsonde auf eindrucksvolle Weise ersichtlich. Im Vergleich zum idealen homogenen Feld erreicht die Feldstärke an den beiden Punkten der Kugeloberfläche, die von der Achse der Elektrodenanordnung durchdrungen wird, eine Überhöhung von exakt $E/E_0 = 3$, in der realen Anordnung ist sie etwas geringer.

Die mittels der planaren kapazitiven Feldelektrode gewonnenen Meßergebnisse sind zum Vergleich mit den berechneten Feldstärkewerten ohne und mit Kugelfeldsonde im Feldraum in Bild 5 dargestellt. Der Abstand s zwischen den Plattenelektroden wird jetzt variiert. Dabei ist die in den Feldraum einge-

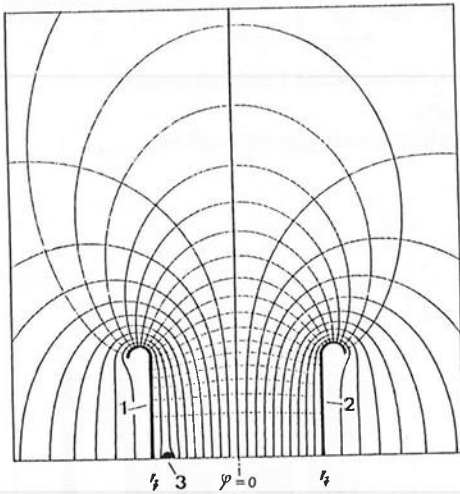


Bild 3 Symmetrische Potential- und Feldlinien-Konfiguration 1, 2, 3: s. Bild 1

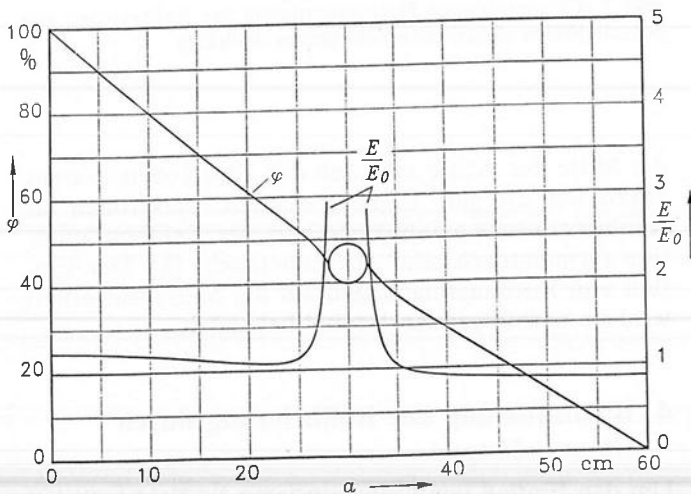


Bild 4 Potential- und Feldstärkeverlauf auf der Rotationsachse der Plattenelektrodenanordnung mit der Kugelfeldsonde nach Bild 2 in der Mitte zwischen den Elektroden $s = 60$ cm; fester Abstand zwischen den Plattenelektroden a : Abstand des Aufpunktes von der Hochspannungselektrode φ : Potential in % $E_0 = U/s$: Feldstärke des homogenen Feldes E/E_0 : Relative elektrische Feldstärke

brachte Kugelfeldsonde jeweils auf der Achse in der Mitte zwischen den Platten positioniert. Diese Meßanordnung ist besonders gut zur Kalibrierung der Kugelfeldsonde geeignet, da die Feldstärkewerte sowohl ohne als auch mit der Kugelfeldsonde an der entsprechenden Stelle im Feldraum analytisch bestimmbar sind. Die Potentialverteilung ist bei der experimentellen Untersuchung unsymmetrisch, da sich die Plattenelektrode, in der die Planarelektrode integriert ist, auf 0-V-Potential befindet. Die Differenz zwischen den gemessenen und berechneten Feldstärkewerten ist kleiner als 1%, und zwar sowohl ohne als auch mit Kugelfeldsonde. Lediglich für einen Kugelabstand von den Elektroden von deutlich weniger als 100 mm ($= 5 \cdot$ Kugelhalbmesser) ist mit der Kugelfeldsonde keine sinnvolle Messung mehr möglich (Bild 5, Kurve 2b).

Mit der kalibrierten Kugelfeldmeßsonde ließ sich nun der Feldraum der Normalfeldmeßeinrichtung zwischen den Plattenelektroden und in deren Umgebung ausmessen, und zwar in der unsymmetrischen und symmetrischen Potentialverteilung. Die berechneten und gemessenen Ergebnisse sind in Bild 6 für den symmetrischen Fall in verschiedenen Ebenen zwischen den Plattenelektroden dargestellt. Sie zeigen

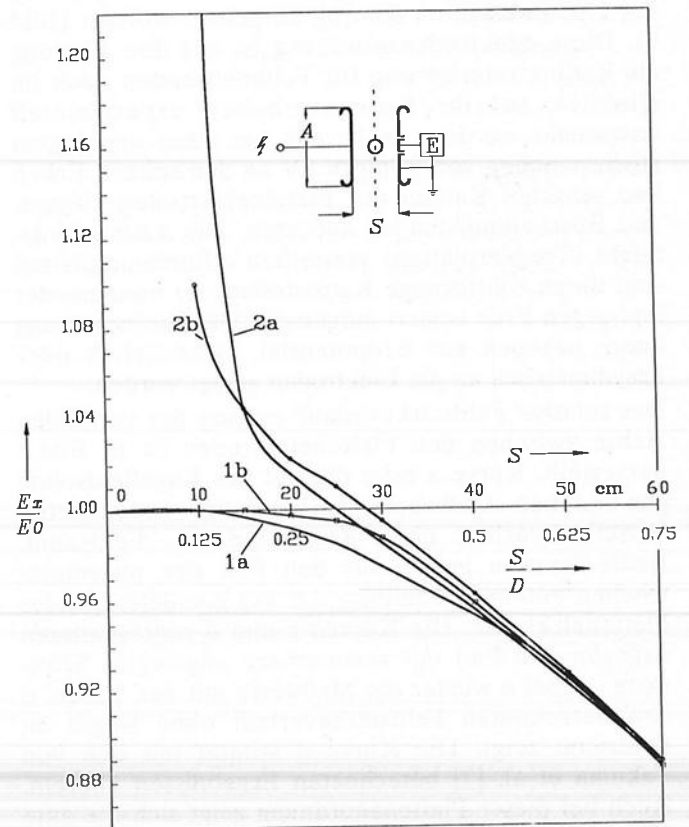


Bild 5 $E_x/E_0 = f(s)$, unsymmetrische Feldkonfiguration
 a: berechnete Werte
 b: mit planarer Feldstärkemeßsonde E gemessene Werte
 1: ohne Kugelfeldmeßsonde im Feldraum
 2: mit Kugelfeldmeßsonde jeweils in der Mitte zwischen den Plattenelektroden

anschaulich den quantitativen Verlauf der Feldstärkefunktionswerte in Abhängigkeit von den beiden Abstandparametern a und z der in dem Bild 3 qualitativ gezeigten Feldkonfiguration. Die Feldstärke auf der Oberfläche der Elektroden selbst ($a = 0$) ließ sich naturgemäß nicht mit der Kugelsonde messen, da diese bei einem Kugelmittelpunktsabstand von $a = 20$ mm bereits an die Plattenelektrode anstößt, sondern nur rechnerisch ermitteln.

Die vorgestellte Normalfeldstärkemeßeinrichtung hat mehrere Vorteile. Einmal ist eine präzise Berechnung der Feldverteilung nach dem Ersatzladungsverfahren aufgrund der Rotationssymmetrie der kreisförmigen Elektroden möglich. Zum andern kann am abgerundeten Elektrodenumfang bis zum Hochspannungsüberschlag keine Korona entstehen. Bei den größeren Plattenabständen verzerren allerdings die auf Nullpotential liegende Bodenfläche und die Hochspannungszuleitung die Feldkonfiguration infolge der horizontal-axialen Anordnung. Bei abnehmendem Plattenabstand wird der unsymmetrische Felddurchgriff jedoch vernachlässigbar gering.

Da eine derartige Kalibriereinrichtung nicht allgemein zur Verfügung steht, ist eine mit einfacheren Mitteln zu realisierende Elektrodenanordnung mit Hilfe quadratischer Plattenelektroden bei senkrechter axialer Ausrichtung, entsprechend einem Vorschlag der IEC-Publication 833 [6], aufgebaut worden (Bild 7). Diese Elektrodenanordnung ist auf ihre Eignung als Kalibriereinrichtung für Feldmeßsonden auch im Hinblick auf ihr Koronaverhalten experimentell untersucht worden, da bereits bei einer angelegten Hochspannung von wenigen kV an den spitzen Ecken und scharfen Kanten der Plattenelektroden Glimm- und Büschelentladungen auftreten. Die mittels Holztafeln (Tischlerplatten) versteiften Aluminiumplatten sind durch rohrförmige Kunststoffstützer voneinander und gegen Erde isoliert aufgestellt. Die Hochspannung kann, bezogen auf Erdpotential, symmetrisch oder unsymmetrisch an die Elektroden gelegt werden.

Der relative Feldstärkeverlauf entlang der vertikalen Achse zwischen den Plattenelektroden ist in Bild 8 dargestellt. Kurve a zeigt die mit der Kugelfeldsonde gewonnenen Meßwerte, Kurve b den berechneten Funktionsverlauf ohne Kugelsonde im Feldraum. Beide Kurven gelten für den Fall der unsymmetrischen Potentialverteilung, d.h. bei geerdeter unterer Plattenelektrode. Die Kurven c und d repräsentieren dagegen den Fall mit symmetrisch angelegter Spannung, wobei c wieder die Meßwerte mit der Sonde, d den berechneten Feldstärkeverlauf ohne Kugel im Feldraum zeigt. Die Kurve d stimmt mit den von Takuma et al. [7] berechneten Ergebnissen überein. Auch bei dieser Plattenanordnung zeigt sich die gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Werten, wenn ein Abstand der Kugelfeldsonde von mindestens 100 mm von den Elektroden eingehalten wird ($0,13 < z/s < 0,87$ bei $s = 750$ mm).

Bemerkenswert ist auch die Übereinstimmung aller vier Kurvenwerte im Zentrum des Feldraumes, also in

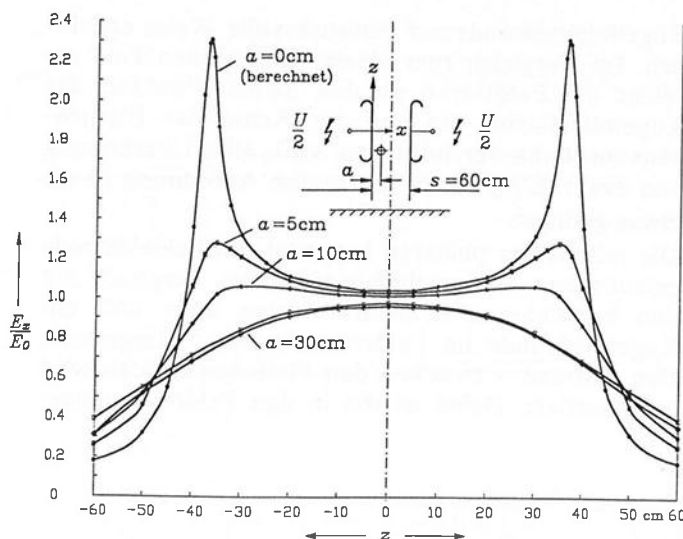


Bild 6 $E_x/E_0 = f(z, a)$, symmetrische Feldkonfiguration

- ◇ berechnete Werte
- mit der Kugelfeldmeßsonde gemessene Werte

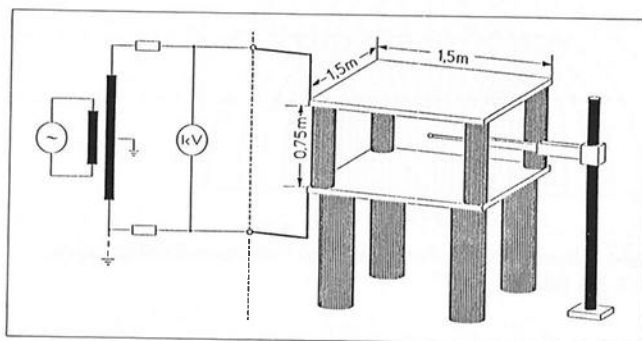


Bild 7 IEC-empfohlene Plattenanordnung zur Kalibrierung von potentialfreien elektrischen Feldstärkemeßgeräten

der Mitte der Achse zwischen den Elektroden. Daraus ergibt sich die gute Eignung der IEC-Elektroden für Kalibrierzwecke unabhängig von der Feldkonfiguration (symmetrisch oder unsymmetrisch) [8]. Der Einfluß von Koronaentladungen auf die Meßunsicherheit wird im nachfolgenden Kapitel behandelt.

4 Beeinflussung der Kalibrierung durch Raumladungen

Um den Einfluß von Ladungsträgern im Feldraum auf die Kalibriergenauigkeit der Kugelsonde zu erfassen, sind Versuchsreihen mit einer Koronaentladungsquelle durchgeführt worden, die sich mit Hilfe einer im Feldraum zwischen den IEC-Plattenelektroden verschiebbar angeordneten Spitzenelektrode realisieren ließ (Bild 9). Dabei wurde zunächst die Position X_K der Ladungsträgerquelle zur Kugelfeldmeßsonde

systematisch variiert, danach zusätzlich die Luftsäule im Feldraum zwischen der Koronaentladung und der Kugelfeldsonde bewegt.

Aus Bild 9, Kurven a, ist die Beeinflussung der Anzeige der Kugelfeldsonde in Abhängigkeit von der Position der die Korona erzeugenden Spitzenelektrode bei ruhender Luft ersichtlich. Dabei ist erkenn-

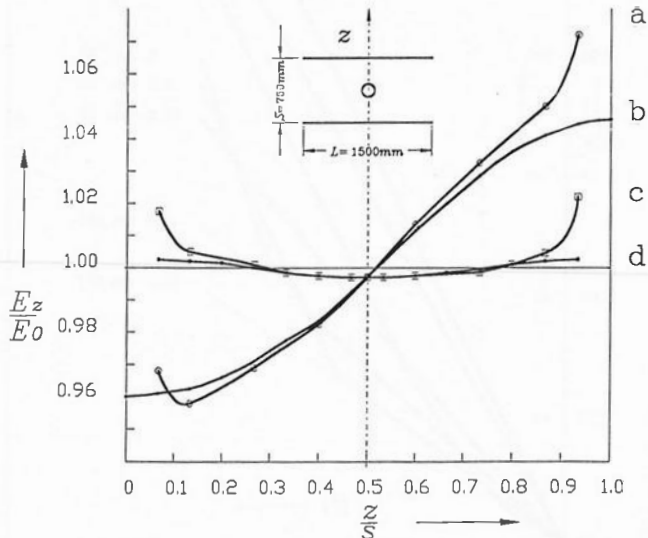


Bild 8 $E_z/E_0 = f(z)$ der IEC-Kalibriereinrichtung
 a: gemessen mit Kugelfeldmeßsonde } unsymmetrisch
 b: berechnet, ohne Kugelfeldmeßsonde }
 c: gemessen mit Kugelfeldmeßsonde } symmetrisch
 d: berechnet, ohne Kugelfeldmeßsonde }

bar, daß ein Abstand der Störquelle von mehr als 50 cm die Kugelfeldsonde nicht mehr beeinflusst. Somit braucht bei Kalibrierungen keine Beeinflussung der in der Mitte der Plattenanordnung befindlichen Feldsonde durch Entladungen an den Plattenkanten befürchtet zu werden. Dies ist auch dann nicht der Fall, wenn an den Kanten und insbesondere den Ecken entstehende Raumladungen durch Luftbewegung in Richtung der Kugelfeldsonde transportiert werden (Kurven b).

Für die Beeinflussung durch die Störquelle in der Nähe der Kugelfeldsonde gibt es mehrere Ursachen:

1. Feldstärkeerhöhung aufgrund der Geometrie der eingesetzten Spitzenelektrode
2. Feldstärkeerhöhung infolge der räumlichen Ausdehnung der Koronaentladung
3. Beeinflussung der Anzeige der Kugelfeldsonde durch Einströmung von Ladungsträgern in die Kugelkalottenelektroden.

Zu 1): Infolge des geringen Abstandes zwischen der Kugelfeldsonde und der Spitzenelektrode sowie der großen Feldstärkeerhöhung und Verzerrung des Feldlinienbildes über der Spitze muß bei gleicher Potentialdifferenz zwischen den Elektroden eine Erhöhung der Feldstärke am Ort der Kugelfeldsonde auftreten.

Zu 2) u. 3): Bildet sich an der Spitzenelektrode eine Koronaentladung, so nimmt das elektrisch leitfähige Entladungsgebiet der Korona das Potential der unteren Platte mit der Spitzenelektrode an. Bekanntlich hat eine an einer Spitzenelektrode gerade entstehende

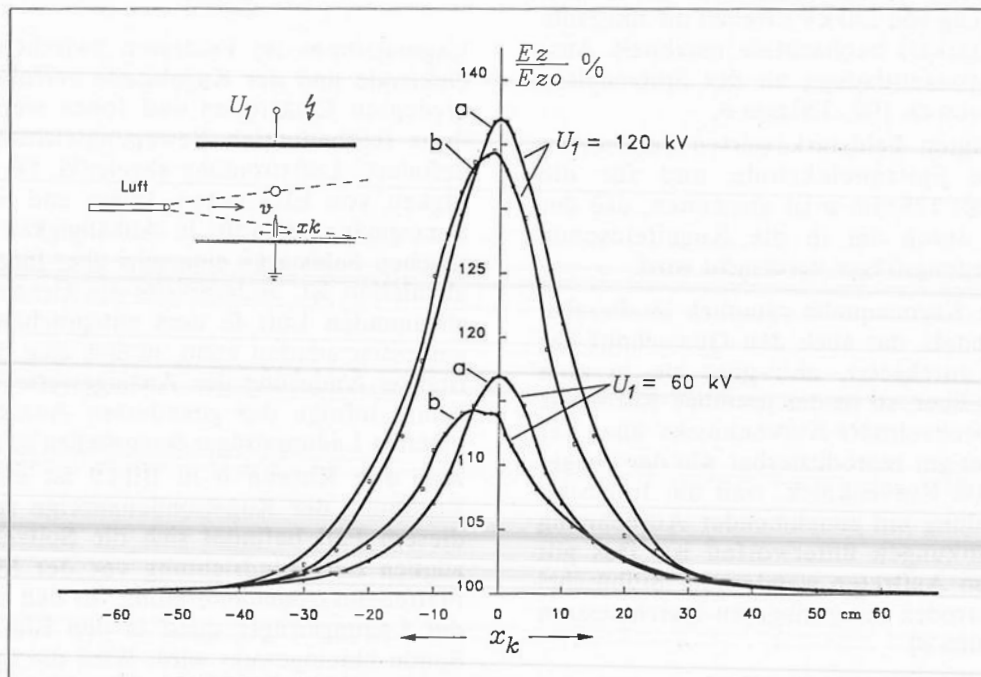


Bild 9 $E_z/E_{z0} = f(x_k)$ Einfluß einer Koronaentladungsquelle auf die angezeigte Feldstärke der Kugelfeldmeßsonde
 a: bei ruhender Luft
 b: bei Windgeschwindigkeit $v = 3,5$ m/s der Luftsäule zwischen der Spitzenelektrode und der Kugelfeldmeßsonde

Koronaentladung annähernd Kugelgestalt [9]. Gelänge es, das Entladungsgebiet durch eine metallische Kugel zu simulieren, so müßte sich aus der Differenz der Ergebnisse der beiden Fälle 1) und 2) der Einfluß der Raumladungswolke als kugelförmige Elektrode auf die angezeigte Feldstärkeerhöhung vom Einfluß der aus der Raumladungswolke in die Kugelsonden-Elektroden einströmenden Ladungsträger separieren lassen.

Zur Untersuchung dieses Sachverhaltes wurde die IEC-Elektrodenanordnung wie folgt modifiziert (Bild 10): An die Stelle der oberen Plattenelektrode trat zunächst eine Spitzenelektrode. Diese wurde anschließend durch metallische Kugelelektroden unterschiedlicher Durchmesser ersetzt. Sie dienen zur Simulation einer Spitzenelektrode mit auftretender Korona, da ihr Entladungsgebiet mit steigender Potentialdifferenz wächst.

Die an der Spitzenelektrode und an den Kugelelektroden auftretenden Koronaerscheinungen sind mit Hilfe eines Restlichtverstärkers beobachtet worden, um die Entwicklung ihrer Form und Ausdehnung in Abhängigkeit von der angelegten Hochspannung zu verfolgen. Die leuchtende Korona entwickelt sich jedoch aus der Kugelform mit zunehmender Spannung zu einem Büschel in Gestalt eines abgerundeten Kegelstumpfes. Da die Leuchtintensität der Koronaerscheinung mit zunehmendem Abstand von der Elektrodenspitze schwächer wird, ist es trotz des Restlichtverstärkers schwierig, eine exakte Begrenzung anzugeben. Dennoch ist aus der Kurvenschar der Abbildung 10 eine eindeutige Trennung des Einflusses der Korona auf die Feldverteilung und einströmender Ladungsträger bei der Anzeige der Kugelfeldmeßsonde möglich. Bei der höchsten an die Elektroden angelegten Spannung von 120 kV erreicht die mit Hilfe des Restlichtverstärkers beobachtete maximale Ausdehnung der Koronaentladung an der Spitzenelektrode einen Wert von ca. 100...120 mm ϕ .

Aus den angezeigten Feldstärkewerten der beiden Kurven für die Spitzenelektrode und für die Kugelelektrode mit 125 mm ϕ ist abzuleiten, daß der Differenzbetrag durch die in die Kugelfeldsonde einströmenden Ladungsträger verursacht wird.

Befindet sich die Koronaquelle räumlich im Bereich des Feldlinienbündels, das auch den Querschnitt der Kugelfeldsonde durchsetzt, und geht sie in eine Büschelentladung über, so ist der jeweilige Koronaast oberhalb des Koronaeinsetz-Kurvenknicks über der Zeit nicht mehr so gut reproduzierbar wie der lineare Kurvenast bis zum Kurvenknick, weil die Intensität der Büschelentladung mit zunehmender Ausdehnung zeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Das gilt insbesondere beim Auftreten wandernder Stilbüschel an den Kugelelektroden mit geringeren Durchmessern (35 mm ϕ und 60 mm ϕ).

Ein anderer Weg zum Nachweis einströmender Ladungsträger in die Elektroden der Kugelfeldsonde ist mit Hilfe einer Richtungsänderung des Ladungs-

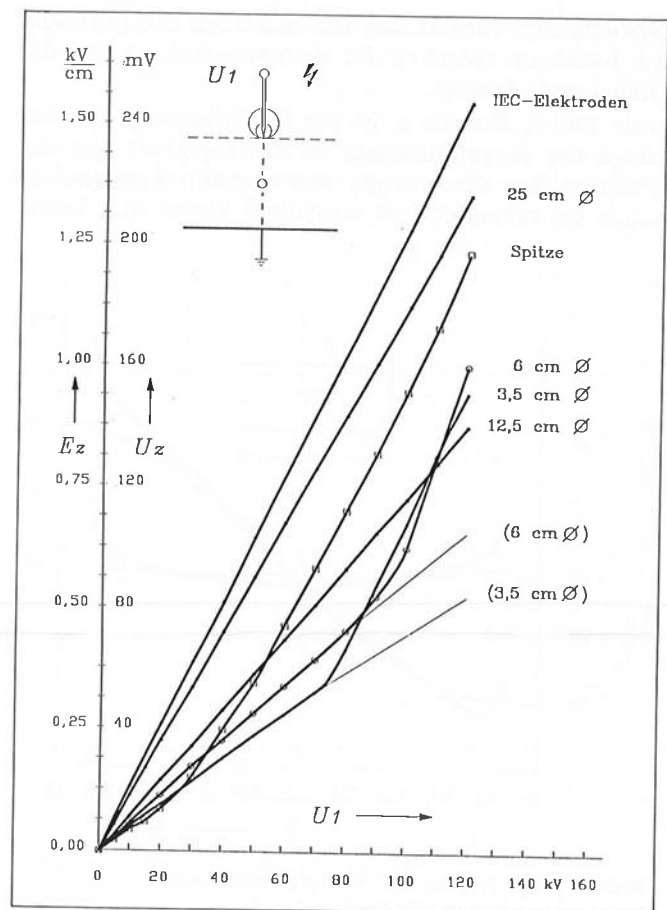


Bild 10 $E_z = f(U_1)$, unsymmetrische Feldverteilung

Koronaeinflussung der Feldstärkeanzeige der Kugelfeldmeßsonde bei verschiedenen Formen der Hochspannungselektrode

trägerstromes im Feldraum zwischen der Spitzenelektrode und der Kugelsonde verfolgt worden. Die erzeugten Elektroden und Ionen werden dabei aus ihrer feldbedingten Bewegungsrichtung durch eine definierte Luftströmung abgelenkt. Da die Geschwindigkeit von Elektronen, Ionen und Schwerionen in atmosphärischer Luft in Abhängigkeit von der elektrischen Feldstärke einerseits über ihre Beweglichkeit abzuleiten ist, andererseits die Geschwindigkeit der strömenden Luft in dem entsprechenden Feldraum gemessen werden kann, müßte eine deutliche quantitative Änderung der Anzeigewerte der Kugelfeldsonde infolge der geänderten Anzahl der einströmenden Ladungsträger festzustellen sein.

Aus den Kurven b in Bild 9 ist eine signifikante Erhöhung der Kugelsondenanzeige zu erkennen. In diesem Fall befindet sich die Spitzenelektrode bezüglich der Windrichtung vor der Mittellinie der Plattenelektrodenanordnung, so daß eine Teilmenge der Ladungsträger quasi in den Empfangsbereich der Sonde hineingeweht wird. Wird die Spitzenelektrode in Windrichtung aus der Mittellinie verschoben, so werden Ladungsträger aus dem Empfangsbereich der Sonde heraustransportiert. Diese Teilmenge fliegt also

hinter der Kugelfeldsonde vorbei zur oberen Platten-elektrode.

Die erzeugte mittlere Windgeschwindigkeit betrug bei diesem Versuch $v = 3,5$ m/s. Die Geschwindigkeit von freien Elektronen ist dagegen mit $v \approx 10^4$ m/s so groß, daß ihre Ablenkung durch die Luftströmung vernachlässigbar ist. Die Geschwindigkeit der positiven bzw. negativen Ionen beträgt dagegen nur ca. 30 m/s bzw. 40 m/s. Schwerionen, d.h. an Luft-oder Wasserdampf-moleküle angelagerte Ladungsträger, haben sogar eine um ein bis zwei Größenordnungen geringere Beweglichkeit. Diese Ladungsträgergeschwindigkeiten liegen somit in der gleichen Größenordnung der Luftströmungsgeschwindigkeit. Damit sind die beobachteten Effekte qualitativ erklärbar.

5 Schlußfolgerungen

Ein Vergleich zwischen dem berechneten Feldstärkeverlauf und den mit einer handelsüblich verfügbaren Kugelfeldsonde gemessenen Werten zeigt eine umso bessere Übereinstimmung, je geringer das Verhältnis des Abstandes zum Durchmesser der Plattenelektroden gewählt wird. Denn bei großem Elektrodenabstand der felderzeugenden Plattenelektroden beeinflußt einerseits die Umgebung, d.h. der auf Nullpotential liegenden Fußboden, die Decke und die Wände, andererseits die Hochspannung führende Zuleitung die Feldverteilung. Die numerische Behandlung der nicht rotationssymmetrischen Randbedingungen führte zu Ergebnissen, die eine gute Übereinstimmung mit den Experimenten zeigte.

Wird die Kugelsonde dagegen sehr dicht an eine felderzeugende Elektrodenoberfläche herangebracht, so entsteht eine erhebliche Abweichung der Feldstärkeanzeige infolge der örtlichen Feldverzerrung durch die Kugelsonde selbst. Dieser Effekt tritt verstärkt in inhomogenen Feldabschnitten auf, beispielsweise in der Nähe des Plattenrandes. Das optimale Verhältnis des Abstandes zum Elektroden-durchmesser ist aus der jeweiligen graphischen Darstellung zu entnehmen.

Zusammenfassend läßt sich folgendes über erreichte Meßunsicherheiten bei der Kalibrierung von Feldstärkemeßgeräten aussagen:

1. Mit Hilfe der Normalfeldstärkemeßeinrichtung ist die Realisierung eines hinreichend homogenen Feldraums ausreichender Ausdehnung zur Kalibrierung von elektrischen Feldstärkemeßsonden mit Abmessungen im cm-Bereich gewährleistet. Die erreichte Gesamtunsicherheit der Felderzeugung und Bestimmung beträgt 0,3% (1σ).
2. Mit der untersuchten Kugelfeldstärkemeßsonde ist im Feldstärkebereich von 0,05...10 kV/cm bei der Netzfrequenz 50 Hz im quasihomogenen Feld die Feldstärkemessung mit einer Nichtlinearität von < 0,4% möglich, falls die Sonde nicht gedreht wird. Wird die Sonde im Bereich von 0° ... 360° im Feld gedreht, so ist eine systematische Abweichung, in

Form einer Kreisfunktion, von maximal 4% beobachtet worden, die jedoch als Korrektur anzubringen ist. Diese Diskrepanz erklärt sich aus der Nichtübereinstimmung der ausgeführten wirksamen Elektrodenform der Kugelfeldsonde mit idealen Kugelkalotten.

3. Die räumliche Ausmessung von elektrischen Wechselfeldern mit Hilfe der Kugelfeldsonde ist mit einer Gesamtunsicherheit von 1% (1σ) möglich, wenn ein Mindestabstand zwischen der Sonde und der Oberfläche der felderzeugenden Elektroden entsprechend dem fünffachen des Kugel-sondenhalbmessers nicht unterschritten wird. Außerdem darf keine Raumladung infolge von Koronaentladungen im Feldraum entstehen.
4. Die quadratischen IEC-Plattenelektroden haben die ungünstige Eigenschaft, daß an ihren acht Ecken bereits bei Spannungswerten zwischen 5...8 kV Koronaentladung einsetzt, die sich mit steigender Spannung auf die Plattenkanten ausdehnt. Trotzdem eignet sich diese wirtschaftliche, weil einfach aufzubauende Anordnung bei symmetrischer und unsymmetrischer Spannungszuführung gut für den angestrebten Kalibrierzweck, sofern man die zu prüfende Sonde im Zentrum zwischen den Platten positioniert und solange die erzeugte Feldstärke an dieser Stelle den Wert von maximal 1,5 kV/cm nicht überschreitet. Darüber hinaus erhöht sich die Meßunsicherheit infolge der Einströmung von Ladungsträgern in die für Raumladungen empfindlichen Feldeffekt-Sensoren der kapazitiven Kugelfeldstärkemeßsonde überproportional auf Werte > 1% (1σ), wenn die angelegte Hochspannung auf 200 kV gesteigert wird. Ein von den oberen Elektrodencken ausgehender Überschlag zwischen den Platten tritt dann schon bei 230 ± 5 kV unsymmetrischer Spannung auf, so daß sich mit der IEC-Anordnung keine höhere Feldstärke als 3 kV/cm realisieren läßt.

6 Ausblick

Anlaß und Ausgangspunkt für die vorliegenden Untersuchungen ist ein gesteigertes Interesse an der Messung von elektrischen Wechselfeldern in der Umgebung von Hochspannungsfreileitungen.

Das Verhalten von Feldstärkemeßeinrichtungen und den zu ihrer Kalibrierung entwickelten Elektrodenanordnungen ist daher bei der in Europa üblichen Netzfrequenz von 50 Hz untersucht worden. Sowohl die Kugelfeldmeßsonde als auch die Kalibrieranordnungen eignen sich aber auch für elektrische Wechselfelder höherer Frequenzen bis in den Bereich von etwa 20 MHz. Zur Erzeugung der erforderlichen Hochspannungen müßten Leistungssender herangezogen werden, bei denen die Kapazität der Kalibrier-elektroden Bestandteil der Schwingkreis-kapazität der Senderleistungsstufe ist. Wegen der räumlich ausge-dehten Elektrodenanordnungen dürfen die Untersu-

chungen nur in einem hinreichend abgeschirmten Raum durchgeführt werden, um unzulässige Abstrahlungen von Hochfrequenzenergie zu vermeiden. Die Prüfung von Feldstärkemeßsonden bei höheren Frequenzen ist im Hinblick auf die Kenntnis ihres Fehlerganges bei der Anwendung der Aufzeichnung schneller transienter Vorgänge bei Stoßspannungen wichtig, da diese sich nach Fourier in ein breites Frequenzspektrum zerlegen lassen.

Der magnetische Feldanteil bei der elektromagnetischen Wellenausbreitung, der bei der niedrigen Netzfrequenz noch vernachlässigbar war, ist bei schnellen transienten Vorgängen geeignet, Störspannungen in der an sich elektrostatischen Meßanordnung der Kugelfeldsonde zu induzieren. Dieser Punkt bedarf, wie Vorversuche ergaben, ebenfalls noch der Klärung.

Die Autoren danken Herrn Professor H. Singer für wertvolle Ratschläge bei der Anwendung des Ersatzladungsverfahrens sowie Herrn Dipl.-Ing. (FH) H. Moser für seine Hilfestellung bei der numerischen Programmierung.

Literatur

- [1] Norm DIN VDE 0848, Teil 4 10.89: Sicherheit bei elektromagnetischen Feldern
- [2] *Wilhelmy, L.*: Potentialfreie Feldstärkemessung im raumladungsfreien periodisch zeitabhängigen und transienten elektrischen Feld. Univ. Stuttgart, Diss. 1972
- [3] *Feser, K.; Pfaff, W.*: A potential free spherical sensor for the measurement of transient electric fields. IEEE Trans. **PAS-103** (1984), S. 2904-2911
- [4] *Singer, H.; Steinbigler, H.; Weiss, P.*: A charge simulation method for the calculation of high voltage fields. IEEE Trans. **PAS-93** (1974), S. 1660-1667
- [5] *Singer, H.*: Berechnung von Hochspannungsfeldern mit Hilfe von Flächenladungen. TH München, Habil.-Schr. 1974
- [6] Norm IEC 833: Measurement of power-frequency electric fields. First edition, 1987
- [7] *Takuma, T.; Kawamoto, T.; Sunaga, Y.*: Analysis of calibration arrangements for ac field strength meters. IEEE Trans. **PAS-104** (1985), S. 489-496
- [8] *Braun, A.; Brzostek, E.; Kind, D.; Richter, H.*: Development and Calibration of Electric Field Measuring Devices. Sixth Intern. Symp. High Voltage Engineering (ISH 89), New Orleans 1989, Paper 40.09
- [9] *Feser, K.; Singer, H.*: Über den Durchschlag aus der Glimmentladung, etz-A **93** (1972), S. 36-39

A rotatable single wedge plate shearing interference technique for collimation testing

Deyan Y. Xu and Klaus-Jürgen Rosenbruch

Abstract: *In this paper, the basic theory and technique of a collimation testing method based on analyses of the lateral shearing interference fringe are described in detail. The changed fringe spacing and the orientation after rotation of a single wedge plate through 180° indicate the degree of collimation of the light beam. A preliminary experimental equipment and precision analyses are presented and the usefulness for practical application is demonstrated.*

Zusammenfassung: *Es wird ein Meßverfahren zur Prüfung der Parallelität eines Strahlenbündels beschrieben. Mit Hilfe einer Keilplatte, die in das Strahlenbündel gebracht wird, werden, wie beim Shearing-Interferometer, Interferenzstreifen erzeugt. Nach Drehung der Keilplatte um genau 180° sind Änderungen des Abstandes und der Orientierung der Interferenzstreifen ein Maß für die Güte der Parallelität des Strahlenbündels.*

1 Introduction

It is frequently necessary in optical engineering, optics and laser laboratories to test and verify the collimation of laser beams or the degree of collimation of optical systems. The use of a lateral shearing interferogram for an almost perfect plane wavefront is a simple method of collimation testing. Murty's plane parallel plate [1] lateral shearing interferometer is commonly used for determining the collimation of a laser beam. The advantage of the plane parallel plate is that is a simple and convenient means, however, it is of limited sensitivity as an infinite fringe method is concerned; further a plane parallel plate of the required optical quality [2] is more expensive, in particular if the plate's diameter is large.

Recently, R. S. Sirohi, M. P. Kothiyal and K. J. Rosenbruch [3, 4] presented successfully an improved technique of collimation testing using a pair of wedge plates mounted, opposite to each other. It was pointed out that the technique results in a twofold increase in sensitivity. This configuration, however, is unfavourable for testing beams of smaller diameter.

Moreover, the pair of wedge plates must be kept strictly anti-parallel or at least at an exactly known angle to each other.

Up to now, only a simple description of the theory and practical application of a single wedge plate for collimation testing has been given [5, 6]. On the basis of Sirohi's method and the theory of a single wedge plate for collimation testing, this paper presents another improved technique of collimation testing in the case of which a single wedge plate is rotated in its own plane through 180°. The method also results in a twofold increase in sensitivity and the changed fringe spacing and orientation gives the amount of defocusing and the divergence of the light beam. In general the diameter of the test beam is not limited. The technique may be used in a simple or complex testing set-up for practical applications.

2 Basic theory

2.1 Formulae

Rotationally symmetrical optical systems are used to image an object point into an image-point at a given distance. Let Σ be the wave-front through the centre of the exitpupil, associated with the image-forming pencil which reaches the image space from the object. In the absence of aberrations, Σ coincides with a sphere which is centred on the Gaussian (ideal) image point, or coincides with a plane wave if the image point is situated at infinity.

In ordinary instruments always aberrations are present because the optical path lengths through the optical elements at different incident heights from one object point to the relevant image point are different. These wave aberrations $W(x, y)$ are normally given as a function of the exit pupil coordinates x, y which is perpendicular to the optical axis in z .

To simplify matters, we only discuss the first order aberrations. The wavefront error is represented as

$$W = a_1(x^2 + y^2) + a_2y + a_3x \quad (1)$$

where a_1, a_2 and a_3 are the coefficients describing the longitudinal defocusing, the transverse digress from the y -axis (tilt) and the tilt of the x -axis, respectively. It

is assumed that inside and outside the focus a_1 is positive and negative respectively. Such a tilt may be introduced by a wedge plate behind or in the exit pupil of the optical system as demonstrated later.

In lateral shearing interferometry, the wavefront is sheared in the x -axis by an amount s , the resulting path difference Δ between two wavefronts being

$$\Delta = W(x, y) - W(x - s, y) = 2a_1sx - a_1s^2 + a_3s \quad (2)$$

The positions of the interference fringes are determined by

$$\Delta = p\lambda \quad (3)$$

where p is the order of the interference fringe and λ the wavelength used. If s is small, Eq. (2) may be written as follows:

$$\Delta = \frac{\partial W(x, y)}{\partial x} \cdot s \quad (4)$$

In addition, the interference fringe spacing (width) b represented as

$$b_x = \lambda / \left| \frac{\partial \Delta}{\partial x} \right| \quad \text{and} \quad b_y = \lambda / \left| \frac{\partial \Delta}{\partial y} \right| \quad (5)$$

where $\frac{\partial \Delta}{\partial x}$ and $\frac{\partial \Delta}{\partial y}$ are the rates of change of the optical path difference in x -axis and y -axis direction, respectively.

2.2 Special conditions

Let us assume that the shear is only in the x -axis, the wedge edge along the x -axis. Then we have tilt only in the y -axis and in eq. (1) becomes $a_3 = 0$. We then consider three important cases:

(a) Defocusing ($a_1 \neq 0, a_2 = 0$)

From Eqs. (1) and (4), Δ can be written neglecting a constant term as

$$\Delta = 2a_1sx = p\lambda \quad (6)$$

Eq. (6) represents a family of straight fringes that are equally spaced and perpendicular to the x -axis. The fringe spacing b in the x -axis from Eq. (5) is:

$$b = \lambda / \left| \frac{\partial \Delta}{\partial x} \right| = \lambda / 2|a_1|s \quad (7)$$

This equation means that the fringe width b is inversely proportional to the defocusing a_1 ; if a_1 is increased, b will become smaller; conversely, b will become wider; if $a_1 = 0$, b will become infinite and a fringe-free field is obtained. Thus, b is a measure of wavefront collimation.

(b) Tilt ($a_1 = 0, a_2 \neq 0$)

If the wavefront is laterally sheared, we normally assume that the sheared wavefront is without tilt in relation to the original wavefront. However, it is possible to obtain a known amount of tilt between the two wavefronts whose direction is orthogonal to that

of the shearing direction. The optical path difference Δ_1 associated with this tilt may be written as a linear function of y :

$$\Delta_1 = a_2y = p\lambda \quad (8)$$

and the corresponding fringe width is:

$$b = \lambda / |a_2| \quad (9)$$

The fringe direction is parallel to the x -axis and the relation of a_2 to b is similar to case (a).

(c) Defocusing and tilt are simultaneously present ($a_1 \neq 0, a_2 \neq 0$).

As already above mentioned defocusing is the only wave aberration in the wavefront incoming on the wedge-plate-interferometer; besides the shear in the x -axis introduced by the finite thickness of the interferometer, there is also introduced a tilt by the wedge of the interferometer-plate in the y -direction as given by Eq. (8).

The combination of both influences of the interferometer on the defocused wavefront results in:

$$\Delta_2 = 2a_1sx + a_2y = p\lambda \quad (10)$$

This equation represents a family of straight fringes that are parallel neither to the x -axis nor to the y -axis.

It is important to note the difference between the cases given by Eqs. (6) and (10): if there is no defocusing ($a_1 = 0$), Eq. (6) gives a fringe-free field or uniform field, while Eq. (10) gives a family of straight fringes parallel to the x -axis. These are the basic principles of collimation testing using a plane parallel plate and a wedge plate shearing interferometer.

In the Eq. (10) case, the fringe width b and the angle α between the orientations of the fringes and the x -axis is,

$$b = \lambda / |2a_1s + a_2| \quad (11)$$

$$\alpha = \text{tg}^{-1}(2a_1s/a_2) \quad (12)$$

respectively.

Eqs. (11) and (12) are very important in wedge plate shearing interferometry for collimation testing.

3 A rotatable wedge plate for collimation testing

Let us first assume that the edge of the wedge plate is parallel to the shearing direction (x -axis) as shown in Fig. 1. After the wavefront with the aberration of defocusing is incident on a wedge plate wp , the wavefront W is reflected from the front and back surfaces of the wedge plate and the reflected wavefronts W_f and W_b are laterally sheared by s along the x -axis. The tilt angle between W_f and W_b is $2n\beta$, where β and n are the wedge angle and the index of refraction of the wedge plate, respectively.

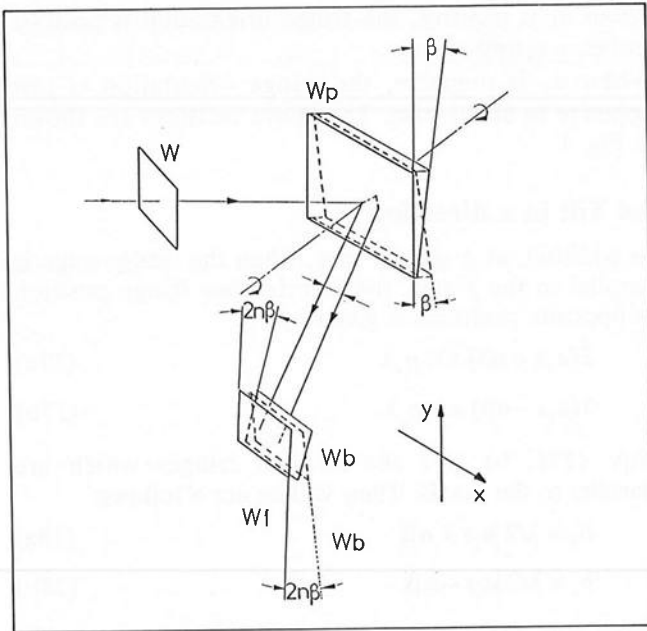


Fig. 1 A rotated single wedge plate shearing interferometer for collimation testing

In this case, from Eq. (10), the fringe equation becomes

$$2a_1sx + 2n\beta y = p_+\lambda \tag{13a}$$

where $a_2 = 2n\beta$ if β is small if the wedge plate is rotated through 180° as shown in Fig. 1 by dotted lines.

Similarly

$$2a_1sx - 2n\beta y = p_-\lambda \tag{13b}$$

where p_+ and p_- are the fringe orders of the positive and negative direction of the wedge plate, respectively. Thus the fringe width b is

$$b_+ = \lambda/2|a_1s + n\beta| \tag{14a}$$

or

$$b_- = \lambda/2|a_1s - n\beta| \tag{14b}$$

In the following we discuss Eqs. (13) and (14).

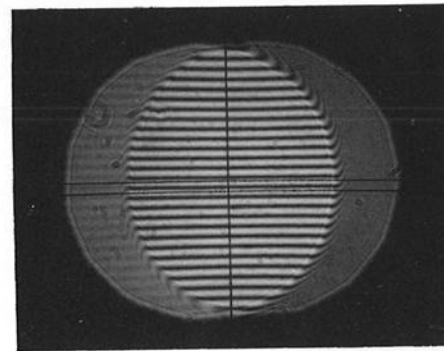
3.1 Without defocusing

From Eqs. (14a) and (14b) follows $b_+ = b_- = b$. This means that the wavefront is collimated and the fringes formed by the wedge plate arranged in two opposite positions are equal in width and deviations parallel to the x -axis as shown in Fig. 2a and Fig. 2b.

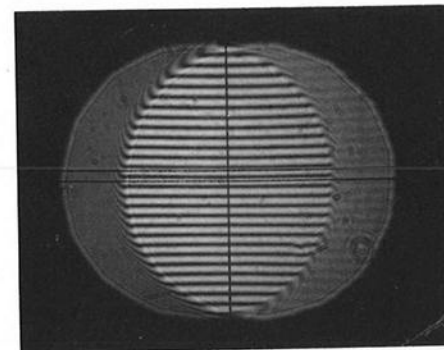
3.2 With defocusing

From Eqs. (14a) and (14b) $b_+ \neq b_-$. The more the wavefront is defocused, the more is obvious the difference between the fringe width in the two positions.

It must be pointed out that in the case of $|a_1s| = n\beta$, Eq. (14a) or (14b) will give an infinitely large fringe width,



a)



b)

Fig. 2 Interferometer showing fringe parallel to the x -axis when the light beam is collimated

i.e. a uniform or fringe-free field. However, this does not mean that the wavefront is collimated because $a_1 \neq 0$. As soon as the wedge plate is rotated, the fringe number will change quickly. Figs. 3a, b and c show these cases.

3.3 Fringe orientation

In the case of defocusing, the straight fringes are formed in both opposite positions which are inclined at α_+ and α_- respectively in relation to the x -axis. From Eq. (12) and considering the $a_2 = 2n\beta$ we obtain

$$\alpha_+ = \text{tg}^{-1}(a_1s/n\beta) \tag{15a}$$

$$\alpha_- = -\text{tg}^{-1}(a_1s/n\beta) \tag{15b}$$

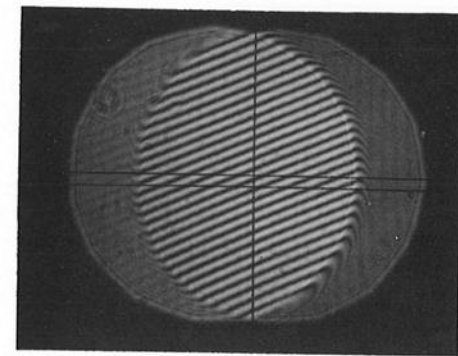
As the light beam departs slightly from collimation and the angles α_+ and α_- are small, Eq. (15) may be written as follows:

$$\alpha_+ = a_1s/n\beta \tag{15c}$$

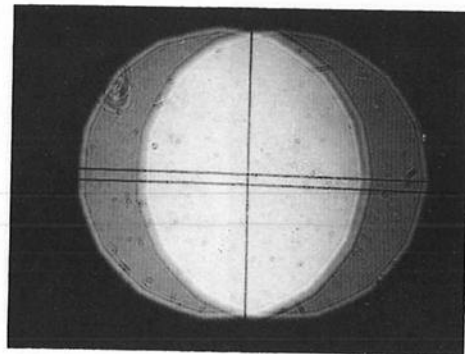
$$\alpha_- = -a_1s/n\beta \tag{15d}$$

If $a_1 = 0$, $\alpha_+ = -\alpha_- = 0$. The fringe orientation is parallel to the x -axis. Thus, the parallelism of fringes in opposite positions is also a criterion of beam collimation. When $a_1 \neq 0$, the fringes produced before and after the rotation of the wedge plate will enclose an angle ($\alpha_+ \neq \alpha_-$) and

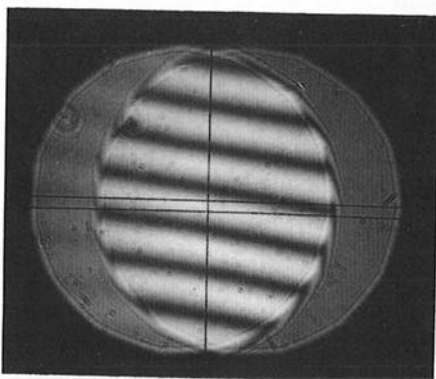
$$\alpha_+ - \alpha_- = 2a_1s/n\beta \tag{16}$$



a)



b)



c)

Fig. 3 Interferograms showing the change of the fringe width in three typical defocusing positions

When a_1 is positive, the fringe orientation is positive and $\alpha_+ = a_1s/n\beta$.

When a_1 is negative, the fringe orientation is just opposite to above case. The above relations are shown in Fig. 4.

3.4 Tilt in x direction

In addition, as a special case, when the wedge edge is parallel to the y -axis, the interference fringe position in opposite positions is given by

$$2(a_1s + n\beta)x = p_+\lambda \tag{17a}$$

$$2(a_1s - n\beta)x = p_-\lambda \tag{17b}$$

Eqs. (17a, b) give the straight fringes which are parallel to the y -axis. Their widths are as follows:

$$b_+ = \lambda/2 |a_1s + n\beta| \tag{18a}$$

$$b_- = \lambda/2 |a_1s - n\beta| \tag{18b}$$

From Eqs. (18a, b), we can see that the fringe widths still depend on the defocusing a_1 . The fringe orientation, however, is not changed as shown in Fig. 5. If the light beam is collimated ($a_1 = 0$), the fringe widths b_+ and b_- are equal. If $(-a_1s)$ or $a_1s = n\beta$, the fringe widths will become infinite or unique. These interference patterns are shown in Fig. 6 at the top. Collimation testing in this case is therefore less sensitive as only the fringe widths have changed.

3.5 The amount of defocusing and divergence

Deduced from Newton's law in geometric optics, the displacement Δf of the focus of an optical system with the focal length produces a spherical wavefront with a radius of curvature R .

$$R = f^2/\Delta f \tag{19}$$

Since $a_1 = \frac{1}{2R}$ the equation may be written as follows:

$$a_1 = \Delta f/2f^2 \tag{20}$$

From Eqs. (15 c, d) and (20), we obtain

$$\Delta f = n\beta \frac{f^2}{s} (\alpha_+ - \alpha_-) \tag{21}$$

where n, β, f and s are known or measured quantities. If the angles α_+ and α_- between the fringes and the x -axis can be read, the displacement Δf may be obtained.

If we want to know the divergence – that is measure of the deviation from a plane wave, or from a spherical wave with infinite radius – of the light beam, the following equations are used.

Since the divergence O may be represented as

$$O = \frac{D/2}{R} \tag{22}$$

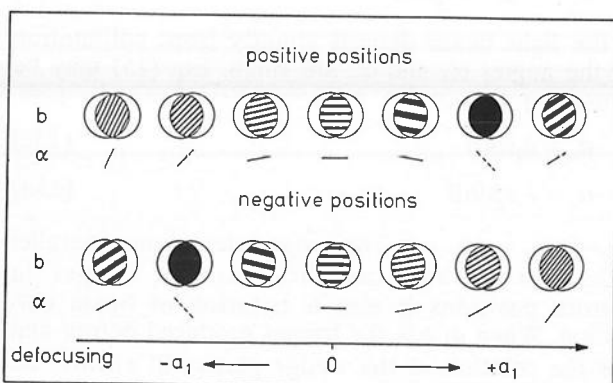


Fig. 4 Interferograms showing the change of fringe width and orientation in both fields of opposite positions

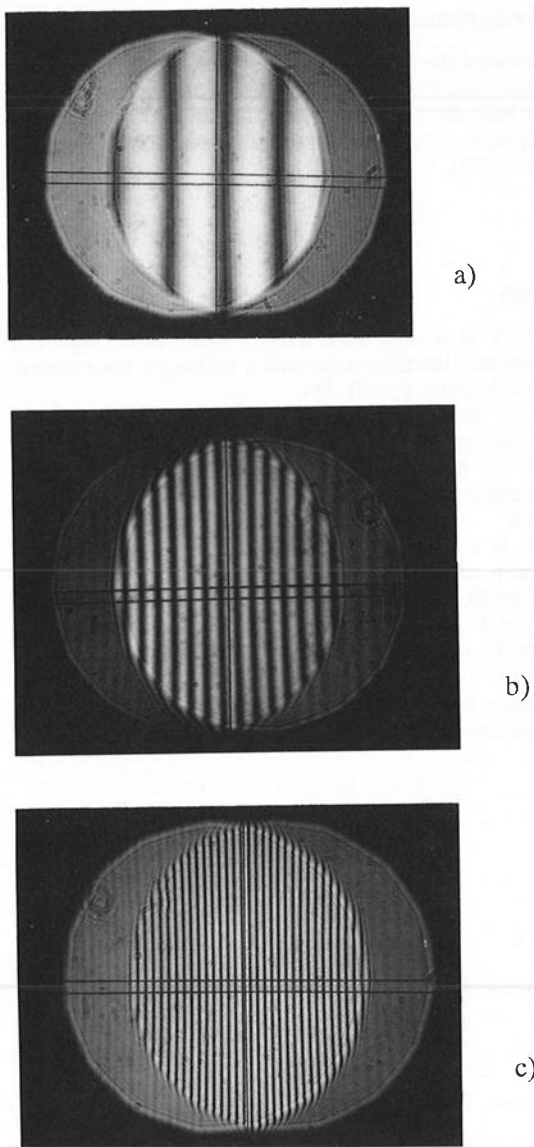


Fig. 5 Interferograms showing the change of fringe width and orientation without change in the three defocusing positions when the wedge edge is parallel to the y-axis

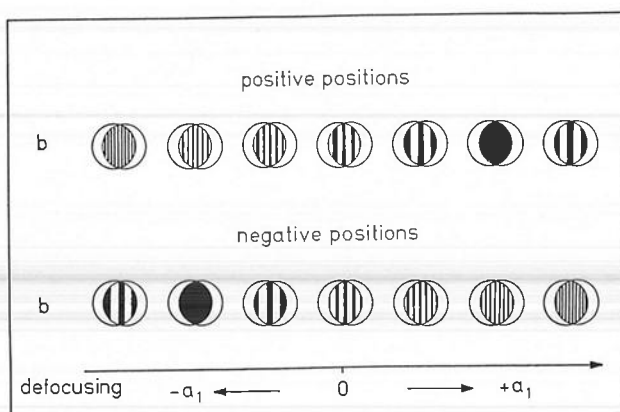


Fig. 6 Interferograms showing the change of fringe width in both fields of opposed positions when the wedge edge is parallel to y-axis

where D is the diameter of the optical system, from Eqs. (19) and (21), we obtain

$$O = n\beta \frac{D}{2s} (\alpha_+ - \alpha_-) \tag{23a}$$

In the wedge plate shearing interferometer one usually uses a large shear $\frac{s}{D} = \frac{1}{2}$ [6], and if $n = 1,5$, the above equation may be simplified as follows:

$$O = 1.5\beta (\alpha_+ - \alpha_-) \tag{23b}$$

From Eqs. (21) and (23) it can be seen that if the displacement Δf or the divergence O is fixed, the angle α_+ or α_- is inversely proportional to β , i.e. a smaller β will result in a larger α_+ or α_- ; otherwise, a smaller β corresponds to a smaller number of fringes so far as it influences the alignment precision between the fringe and the cross hairs. Therefore, the wedge angle β must be suitably selected according to the requirements of observation and alignment. In general, we recommend 20 ~ 40 arc sec. If necessary, the wedge plate could be specified according to special calculations.

4 Experiment and precision analyses

A preliminary experimental equipment is briefly described below. A rotatable frame provided with a wedge plate is mounted in a fixed frame. The angle of rotation of the wedge plate is indicated by a pointer on the rotatable frame. A circular scale with a measuring range of 360° is mounted on the fixed frame. The rotation of the wedge plate is effected with a Rotary Unit. Cross hairs on a ground glass screen are used as a reference mark.

Normally, the wedge edge is adjusted parallel to the shear direction in order to have the tilt orthogonal to the shear direction. If the difference of the fringe widths in both fields of opposite positions is obvious after the test light beam is sheared by the wedge plate, defocusing of the optical system is relatively large; conversely, defocusing is relatively small. Focusing is continued, until the fringe orientation in both fields of opposite positions coincides with the horizontal cross hairs so that the light beam is collimated as shown in Figs. 2a, b.

From eqs. (21) and (23) we can see that for a given equipment the precision of this method depends mainly on the accuracy with which the angle is read. Three aspects should be considered:

- (a) Sensitivity of the change in the direction of fringes $\Delta\epsilon_1$ with the angle of rotation, of the wedge plate. In our experiment it was found out that $\Delta\epsilon_1$ can be smaller than 0.5 arc degree.
- (b) The alignment and coincidence error $\Delta\epsilon_2$ between the fringes and the cross hairs. In general, $\Delta\epsilon_2$ of about 0.5 arc degree can be easily detected in the viewfinder of a camera.

- (c) The observational and reading error $\Delta\epsilon_3$ on the circular scale. The diameter of the circular scale may be chosen as large as possible so that $\Delta\epsilon_3$ of less than 0.2 arc degree can be read. If a high resolution rotation unit is applied $\Delta\epsilon_3$ will be negligible.

In a word, the maximum error $\Delta\epsilon_{\max} = \Delta\epsilon_1 + \Delta\epsilon_2 + \Delta\epsilon_3 \leq 1.2^\circ$, and the standard deviation is less than 0.2 arc degree. If the focal length f of an optical system is 400 mm, the wedge angle β and the index of refraction of the wedge plate used are 50 arc sec and 1.5163, respectively; the amount of shear s is 20 mm. We then obtain the maximum error of collimation and divergence

$$d\Delta f_{\max} = 0.003 \text{ mm}$$

$$dO_{\max} = 0.5 \text{ arc sec.}$$

5 Conclusion

The technique of rotating a single wedge plate in order to test the collimation of a light beam has been discussed in detail. With simple mechanical and optical devices and a good wedge plate a high accuracy of measurement can be achieved. This method, generally, is more sensitive than certain methods presently employed. In a sense this technique is simpler and cheaper because a wedge plate of large diameter and precision is easier to obtain than a plane parallel plate of similar size. This technique may be used with practical test equipment for various purposes.

Acknowledgement

One of the authors (D. Y. Xu) wishes to thank Mr. Z. S. Yang for some discussions and valuable proposals, and all staff members of Lab. 4.21 for their friendly help. He gratefully acknowledges the financial support extended by the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB).

References

- [1] Murty, M. V. R. K.: The use of a single plane parallel plate as a lateral shearing interferometer with a visible gas laser source. *Appl. Opt.* **3** (1964), pp. 531-534
- [2] Xu, D. Y.: Shearing Interferometer and its Application. Beijing: 1987; pp. 165-177
- [3] Sirohi, R. S.; Kothiyal, M. P.: Double wege plate shearing interferometer for collimation test. *Appl. Opt.* **26** (1987), pp. 4054-4056
- [4] Kothiyal, M. P.; Sirohi, R. S.; Rosenbruch, K. J.: Improved techniques of collimation testing. *Optics and Laser Technology* **20** (1988), pp. 139-144
- [5] Murthy, M. V. R. K.: Lateral shearing interferometer. In: Malacara, D. (ed): *Optical Shop Testing*. New York: Wiley 1978, pp. 109-139
- [6] Langenbeck, P.: Improved collimation test. *Appl. Opt.* **9** (1970), pp. 2590-2593

Ein Spezialgewichtsatz zur Bestimmung von OIML-Gewichtsätzen und dessen Anwendung

Jean-Georges Ulrich

Zusammenfassung: Am Eidgenössischen Amt für Meßwesen wurde ein Spezialgewichtsatz entwickelt, der die Ableitung der Gewichtstücke von 500 g, 200 g und 100 g ausgehend von einem Masse-Normal von 1 kg erlaubt. Der vorliegende Beitrag beschreibt diesen Hilfgewichtsatz und seine Anwendung bei der Bestimmung der ersten Dekade (1 kg bis 100 g) eines zu prüfenden Gewichtsatzes mit Hilfe einer elektronischen Komparatorwaage mit automatischer Wechsellvorrichtung.

Summary: A special weight set for the calibration of weights of 500 g, 200 g and 100 g by group weighing using a kilogram mass reference standard has been developed at the Swiss Federal Office of Metrology. The present article describes this auxiliary weight set and its use in the determination of the first decade (1 kg down to 100 g) of a weight set under test with the aid of an electronic mass comparator with automatic weight transporting and loading device.

1 Beschreibung des Gewichtsatzes

Der entwickelte Hilfgewichtsatz ist als Zubehör zu entsprechenden Waagen (z.B. Mettler HK1000MC) vorgesehen. Damit hat der Anwender nicht nur die Möglichkeit, mit der Komparatorwaage reine Vergleichswägungen beim selben Nennwert durchzuführen, sondern er ist auch in der Lage, die erste Dekade eines Gewichtsatzes (1 kg bis 100 g) im automatischen Betrieb zu bestimmen.

Bisherige Präzisionswaagen erlaubten nur eine manuelle Durchführung der zahlreichen zur Bestimmung der Dekade erforderlichen Vergleichswägungen. Die Bedienungsperson mußte mit großer Sorgfalt alle Kombinationen von Gewichtstücken auf der großen Waagschale aufstellen, von denen die Massedifferenzen zu bestimmen waren. Um statistisch gesicherte Meßwerte zu erhalten, mußte die ganze zeitaufwendige Vergleichsverfahren mehrmals wiederholt werden. Dank der automatischen Arbeitsweise des Massenkomparators HK1000MC bei der Wieder-

holung der Messungen und mit Hilfe eines Gewichtssatzes mit besonderen geometrischen Abmessungen können bisherige Störquellen, hervorgerufen durch die Bedienungsperson, durch Luftturbulenzen im Waagengehäuse und durch Temperaturschwankungen der Luft und der Gewichtstücke selber, weitgehend ausgeschaltet werden.

Um optimale Meßbedingungen für den Wägeablauf zu schaffen, wurde der Massenkomparator mit der Wechsellvorrichtung in einer Druckkammer aus Stahl untergebracht, in welcher der Luftdruck während des gesamten Meßvorgangs annähernd konstant gehalten werden kann (Bild 1).

Der Hilfgewichtsatz besteht aus drei scheibenförmigen Gewichtstücken von 58 mm Durchmesser, eines zu 100 g mit einer Höhe von 4,8 mm und zwei zu 200 g mit der Höhe von 9,6 mm (Bild 2). Die gewählte Form gestattet das Aufstapeln der drei Scheibengewichte

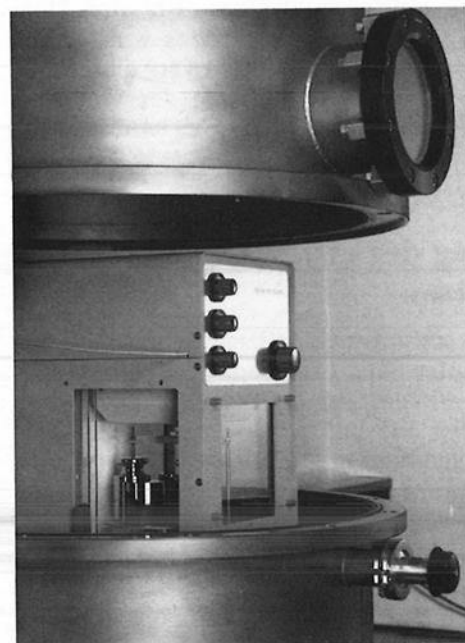


Bild 1 Massenkomparator Mettler HK1000MC mit automatischer Wechsellvorrichtung aufgestellt in luftdichter Druckkammer (offen)



Bild 2 Hilfsgewichtsatz 2 × 200 g, 1 × 100 g

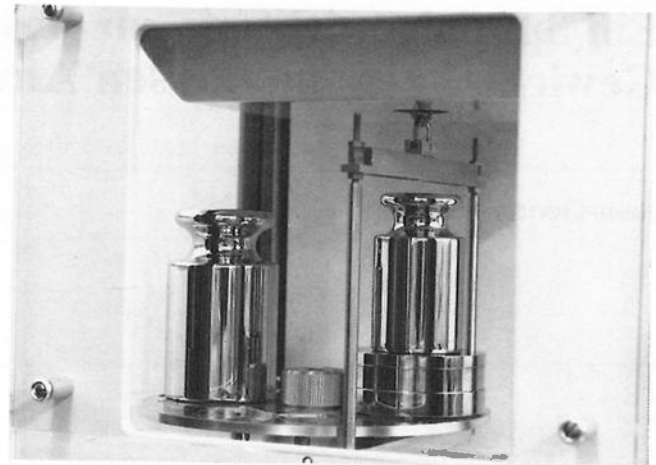


Bild 3 Massenvergleich zwischen 1-kg-Gewichtstück und 500-g-Gewichtstück mit Hilfsgewichtsatz (2 × 200 g, 1 × 100 g)

(2 × 200 g, 1 × 100 g) zusammen mit einem Gewichtstück mit OIML-Form von 500 g unter dem Aufhängebügel der Waagschale auf eine der vier Positionen des Drehtellers und erlaubt einen störungsfreien automatischen Wägevorgang. Ähnlich kann auch eine Mischkombination von 200 g mit der 100-Gramm-Scheibe und einem Gewichtstück mit OIML-Form von 100 g aufgestellt werden. Zentrierringe auf den Scheiben und eine spezielle Faßzange erleichtern die Handhabung des Hilfsgewichtsatzes. Bei der Herstellung dieses speziellen Gewichtsatzes wurde derselbe nichtmagnetische rostfreie Stahl verwendet, der auch von Mettler bei der Herstellung der Gewichtstücke der OIML-Genauigkeitsklasse E₂ benützt wird [1].

2 Bestimmung der ersten Dekade eines Gewichtsatzes

Mit Hilfe des beschriebenen Hilfsgewichtsatzes läßt sich ein unbekannter Satz, bestehend aus höchstens 6 Gewichtstücken mit der Zusammensetzung 1 × 1 kg, 1 × 500 g, 1 × 200 g und bis zu 3 × 100 g, durch eine Serie von Wägungen bestimmen, ausgehend von einem oder zwei Hauptnormalen von 1 kg. Für die Durchführung der Vergleichswägungen einer solchen Wäge-

serie eignet sich in besonderer Weise die Komparatorwaage HK1000MC mit ihrer automatisch arbeitenden Wechsellvorrichtung. Es sind insgesamt vier Beschickungen des Komparators für die Nennwerte 1000 g, 500 g, 200 g und 100 g erforderlich. Für jeden Meßbereich werden auf den vier Plätzen des Drehtellers die benötigten Gewichtstücke oder die aufgestapelten Kombinationen aufgestellt (Bild 3).

Ein Laborrechner steuert Wechsellvorrichtung und Waage, protokolliert die abgelesenen Wäegergebnisse und erfaßt laufend die zur Berechnung der Luftdichte erforderlichen Meßdaten in der Druckkammer. Sinnvollerweise wird nur in einem Wägebereich pro 24 Stunden gearbeitet (am besten während der Nacht), wobei die Anzahl der Wiederholungen für eine gute statistische Auswertung auf höchstens 11 Meßreihen mit je 10 Drehteller-Volldrehungen erhöht werden kann. Die gesamte Betriebszeit der Waage für eine solche Wägeserie beträgt typischerweise 16 Stunden. Um eine optimale Stabilität der Waage und der bereitgestellten Gewichtstücke zu erreichen, muß man das ganze System vor Meßbeginn genügend lange ruhen lassen. Als weitere Maßnahme wird die erste der 11 Versuchsreihen für die Verbesserung der Zentrierung der Gewichtstücke auf dem Drehteller verwendet.

Zur Herleitung der rechnerischen Bestimmung der 6 unbekanntenen Gewichtstücke in vier Arbeitsgängen (eines pro Wägebereich), werden folgende Bezeichnungen für die einzelnen beteiligten Gewichtstücke festgelegt:

Nennwert	Normale	Prüflinge	Hilfsgewichtstücke
1000 g	R1000 R1000'	U1000	
500 g		U500	
200 g		U200	H200 H200'
100 g		U100 U100' U100''	H100

Der Drehteller des Komparators wird für die vier Wägebereiche jeweils wie folgt besetzt:

Bereich	Position 1	Position 2	Position 3	Position 4
1000 g	R1000	U500 + H200 + H200' + H100	U1000	R1000'
500 g	U500	-----	H200 + H200' + H100	-----
200 g	U200	H200	U100 + H100	H200'
100 g	U100	H100	U100'	U100''

Aus dieser Vergleichsanordnung läßt sich ein Gleichungssystem mit 9 linear unabhängigen Gleichungen aufstellen, aus deren Lösung man alle unbekanntes Gewichtstücke (6 Prüflinge, 3 Hilfsgewichtstücke) ausgehend vom Normal R1000 erhält (R1000' wird nur zur Bestätigung des Normals R1000 herangezogen). Im folgenden Gleichungssystem bedeuten die Bezeichnungen D0 bis D8 die bei den Vergleichen gewonnenen Differenzen der Ablesungen mit dem Massenkompator.

Gleichungssystem:

$$\begin{aligned} D0 &= U1000 - R1000 \\ D1 &= U500 + H200 + H200' + H100 - U1000 \\ D2 &= H200 + H200' + H100 - U500 \\ D3 &= H200 - U200 \\ D4 &= H200' - U200 \\ D5 &= U100 + H100 - U200 \\ D6 &= H100 - U100 \\ D7 &= U100' - U100 \\ D8 &= U100'' - U100 \end{aligned}$$

Lösung nach den 9 unbekanntes Gewichtstücken¹⁾:

$$\begin{aligned} U1000 &= R1000 + D0 \\ H100 &= (R1000 + D0 + D1 + D2 - 2 \cdot (D3 + D4) \\ &\quad + 4 \cdot (D5 + D6))/10 \\ U500 &= 5 \cdot H100 - D2 + D3 + D4 - 2 \cdot (D5 + D6) \\ U200 &= 2 \cdot H100 - D5 - D6 \\ U100 &= H100 - D6 \\ U100' &= H100 - D6 + D7 \\ U100'' &= H100 - D6 + D8 \\ H200 &= 2 \cdot H100 + D3 - D5 - D6 \\ H200' &= 2 \cdot H100 + D4 - D5 - D6 \end{aligned}$$

Wenn man in den zwei ersten Gleichungen das Gewichtstück R1000 durch die Meßabweichung vom Nennwert (R1000- 1000 g) ersetzt, erhält man auf der linken Seite jeder Gleichung, statt den Wert für das Gewichtstück, ebenfalls die zugehörige Meßabweichung von seinem Nennwert, die wir von nun an als Fehler des Gewichtstücks bezeichnen wollen.

Die so ermittelten Abweichungen aller unbekanntes Gewichtstücke erlauben die Bestimmung der Abweichungen der konventionellen Wägewerte, welche für die meisten praktischen Anwendungen auf dem Gebiet der Weitergabe der Masseinheit, der Eichung von Gewichtstücken, der Justierung von direktanzeigenden Wiegegeräten sowie bei der Bestimmung von Wägegut genügen werden.

3 Masse und konventioneller Wägewert

Unter dem konventionellem Wägewert eines Gewichtstücks bei der Wägung in Luft [2] versteht man eine Rechengröße, die gleich ist der Masse eines Massennormals von der Dichte 8000 kg/m^3 (konventionelle Materialdichte) das diesem Gewichtstück bei der Temperatur von 20°C und in Luft der Dichte $1,2 \text{ kg/m}^3$ (konventionelle Luftdichte) das Gleichgewicht hält. Aus der Gleichgewichtsgleichung für die Wägung in Luft, läßt sich die Beziehung zwischen Masse m und konventioneller Wägewert m_k eines Gewichtstücks der Materialdichte ρ (in kg/m^3) angeben (siehe Anhang A2):

$$m_k = m \cdot (\rho - 1,2 \text{ kg/m}^3) / (0,999850 \cdot \rho)$$

Die Kenntnis des konventionellen Wägewerts (bei direktanzeigenden Waagen gleich der Waagenablesung) erlaubt die Weitergabe der Masseinheit, ohne daß man das Volumen oder die wahre Dichte der verwendeten Gewichtstücke kennt, die Luftdichte bestimmt und die entsprechende Auftriebskorrektur berechnet. Dadurch daß sich die Materialdichte für Gewichtstücke, welche die OIML-Anforderungen genügen, je nach Genauigkeitsklasse innerhalb bestimmten Grenzen befinden muß, bewirkt eine Abweichung der Luftdichte um 10 % von der konventionellen Luftdichte $1,2 \text{ kg/m}^3$ beim Vernachlässigen der Auftriebskorrektur einen zusätzlichen Fehler von höchstens einem Viertel der Fehlergrenze der betreffenden Genauigkeitsklasse (siehe [2]).

Wenn man aus den Meßresultaten eines Vergleichs von Kilogramm-Gewichtstücken mit einem Massenkompator, der eine Auflösung von $1 \mu\text{g}$ auf 1 kg hat, und mit dem eine Standardabweichung von ebenfalls $1 \mu\text{g}$ erreicht wird, die Masse aus dem konventionellen Wägewert berechnen möchte, ist es erforderlich, das Volumen der Gewichtstücke (oder die Dichte) mit einer Meßunsicherheit in der Größenordnung von höchstens $2 \cdot 10^{-5}$ zu kennen, um nicht die Vorteile der hohen Auflösung der Waage durch eine ungenaue Korrektur zu verlieren. Das folgende Zahlenbeispiel soll die Größenordnung des Unterschieds der Meßabweichungen vom Nennwert aufzeigen, je nach dem ob man den Wert der Masse oder den konventionellen Wägewert desselben Gewichtstücks betrachtet: Aus dem Vergleich mit dem Komparator hat man für den Fehler des konventionellen Wägewerts eines Gewichtstücks den Wert von $0,150 \text{ mg}$ erhalten (somit $m_k = 1000,000150 \text{ g}$). Wir nehmen weiterhin an, das die

¹⁾ Herleitung der Lösung siehe Anhang A1

Materialdichte des Gewichtstücks $7921,5 \text{ kg/m}^3$ beträgt. Durch Umkehrung der oben angegebenen Formel bekommt man für den Wert der Masse

$$m = 1000,001637 \text{ g,}$$

d.h. einen um $1,487 \text{ mg}$ größeren Zahlenwert als der konventionelle Wägewert. Es ist aus diesem Beispiel leicht zu erkennen, daß jedes Gewichtstück mit einem bekannten Fehler des konventionellen Wägewerts (Meßabweichung bezüglich den Nennwert), bei genauer Kenntnis der Dichte, auch als Massenormal mit bekannter Meßabweichung seiner Masse vom Nennwert betrachtet werden kann (oder umgekehrt).

Allerdings darf nicht vergessen werden, daß 1-kg-Hauptnormale aus rostfreiem Stahl bereits mit einer Unsicherheit von $40 \mu\text{g}$ (Vertrauensniveau 99 %) behaftet sind, bedingt hauptsächlich durch die Unsicherheit der Luftauftriebskorrektur beim Anschluß der Normale aus Stahl an den Nationalen Kilogramm-Prototyp aus Platin-Iridium. Die Unsicherheit des konventionellen Wägewerts eines 1-kg-Stahlnormals läßt sich angeben durch

$$u_{mk} = \sqrt{u_m^2 + (m \cdot \rho_L / \rho)^2 \cdot \epsilon_p^2}$$

Für ein Vertrauensniveau von 99 % erhält man mit $\epsilon_p = 6 \cdot 10^{-5}$ einen nur unwesentlich höheren Wert für die Unsicherheit $u_{mk} = 41 \mu\text{g}$.

4 Bestimmung des Massefehlers

In einem Metrologielabor und allgemein bei der hochgenauen Massebestimmung von festen Körpern ist man in erster Linie auf die Meßabweichung der Masse vom Nennwert der verwendeten Gewichtstücke angewiesen. Bei der Weitergabe der Masseinheit mit dem Massenkomparator wird auch immer wieder der Wert der Masse berechnet. Dazu benötigt man aber mit ausreichender Genauigkeit die Volumina (oder die Dichten) aller beteiligten Gewichtkörper, und es muß die bei jeder einzelnen Vergleichswägung herrschende Luftdichte durch Messung von Barometerstand, Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und CO_2 -Konzentration der Luft berechnet werden, damit die individuellen Auftriebskorrekturen berechnet werden können [3].

Das im Eidgenössischen Amt für Meßwesen entwickelte Auswerteprogramm für die Bestimmung der ersten Gewichtsdekade eines Gewichtssatzes ist gegenüber der in Kapitel 2 dargestellten Lösung erweitert worden, indem man von der bekannten Meßabweichung der Masse der Referenz vom Nennwert und von den Dichten aller Gewichtstücke ausgeht, die in der Druckkammer nahezu konstant einstellbare Luftdichte während der Vergleichswägungen berechnet und die Auftriebskorrekturen für alle beteiligten Gewichtstücke berücksichtigt. Als Ergebnis erhält man

Tabelle 1 Numerisches Beispiel einer Computerauswertung

Bestimmung der 1.Gewichtsdz-Dekade (1 kg bis 100 g) mit HK1000MC					
Bezeichnung: Satz 4			Datum: 02.11.1988		
Masse der Referenz: 1 kg + 0.963 mg					
Differenzen der Ablesungen am Massenkomparator					
D0 = U1000 - Referenz			+ 0,1928 mg		
D1 = U500 + H200 + H200' + H100 - U1000			- 2,0468 mg		
D2 = H200 + H200' + H100 - U500			- 2,1643 mg		
D3 = H200 - U200			- 0,2396 mg		
D4 = H200' - U200			+ 0,8876 mg		
D5 = H100 + U100 - U200			- 2,4858 mg		
D6 = H100 - U100			- 1,5593 mg		
D7 = U100' - U10			+ 0,0202 mg		
D8 = U100'' - U100:			+ 0,7359 mg		
Luftdichte: $1,1245 \text{ kg/m}^3$					
Resultate nach Berücksichtigung der Luftauftriebskorrektur					
Bezeichnung		Nennwert	Dichte	Abweichung vom Nennwert der Masse	Abweichung vom Nennwert des konv. Wägewerts
Referenz		1000 g	$7938,81 \text{ kg/m}^3$	+ 0,963 mg	- 0,193 mg
Prüfling	U1000	1000 g	$7914,27 \text{ kg/m}^3$	+ 1,595 mg	- 0,030 mg
	U500	500 g	$7914,30 \text{ kg/m}^3$	+ 0,856 mg	+ 0,044 mg
	U200	200 g	$7938,30 \text{ kg/m}^3$	- 0,059 mg	- 0,293 mg
	U100	100 g	$7919,80 \text{ kg/m}^3$	- 0,460 mg	- 0,612 mg
	U100'	100 g	$7924,36 \text{ kg/m}^3$	- 0,448 mg	- 0,591 mg
	U100''	100 g	$7776,08 \text{ kg/m}^3$	+ 0,538 mg	+ 0,106 mg
Hilfsgewicht	H200	200 g	$7914,30 \text{ kg/m}^3$	- 0,213 mg	- 0,538 mg
	H200'	200 g	$7914,30 \text{ kg/m}^3$	+ 0,914 mg	+ 0,589 mg
	H100	100 g	$7914,30 \text{ kg/m}^3$	- 2,009 mg	- 2,172 mg

sowohl die Abweichungen bezogen auf den Nennwert der Masse wie auch die daraus berechneten Abweichungen bezogen auf den Nennwert der konventionellen Wägewerte für alle unbekanntes Gewichtstücke (siehe Tabelle 1).

Die Meßunsicherheit für die nach dem beschriebenen Meßverfahren bestimmten Gewichtstücke der Dekade setzt sich im wesentlichen zusammen aus den drei Komponenten: u_{mR} (Unsicherheit des Massennormal), u_w (Unsicherheit der Wägung) und u_{AK} (Unsicherheit der Auftriebskorrektur). Die Meßunsicherheit der Masse für den Prüfling i läßt sich dann wie folgt formulieren:

$$u_{mi} = \sqrt{(a_i \cdot u_{mR})^2 + (b_i \cdot u_w)^2 + (u_{AK})^2}$$

Die Koeffizienten a_i und b_i lassen sich aus der Lösung des Gleichungssystems herleiten, wobei die a_i Werte zwischen 1 und 0,1 und die b_i Werte zwischen 1 und 2,7 annehmen. Der Anteil der Unsicherheit hervorgerufen durch die Luftauftriebskorrektur

$$u_{AK} = \sqrt{((V - V_R) \cdot \rho_L)^2 + (\rho_L \cdot u_V)^2 + (\rho_L \cdot u_{VR})^2}$$

soll in erster Näherung als fest betrachtet werden, da die Differenz der Volumina $V - V_R$, wenn Normal und Prüfling aus rostfreiem Stahl sind, sehr klein ist und die Meßunsicherheit der Volumenbestimmung für alle Gewichtstücke im Bereich 1 kg bis 100 g, bedingt durch die verwendete Meßapparatur, nahezu konstant bleibt ($u_{VR} \approx u_V \approx 2,5 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3$).

Im Waagenlaboratorium des Eidgenössischen Amtes für Meßwesen sind gegenwärtig folgende Meßunsicherheiten für ein Vertrauensniveau von 99 % erreichbar:

$u_{mR} = 38 \mu\text{g}$ (1-kg-Massennormal aus rostfreiem Stahl, als Referenz),

$u_w = 3 \mu\text{g}$ (Wägung mit dem Massenkomparator im Bereich 1 kg bis 100 g),

$u_{AK} = 10 \mu\text{g}$ (Luftauftriebskorrektur beim Vergleich von Stahl-Massennormale, 1 kg).

Ausgehend von diesen Werten lassen sich die Unsicherheiten u_{mi} der Gewichtstücke der Dekade und der drei Hilfsgewichte wie folgt abschätzen:

u_{U1000}	= 40 μg
u_{U500}	= 22 μg
u_{U200}	= 14 μg
u_{U100}	= 12 μg
$u_{U100'}$	= 14 μg
$u_{U100''}$	= 14 μg
u_{H200}	= 14 μg
$u_{H200'}$	= 14 μg
u_{H100}	= 12 μg

Literatur

- [1] Recommandation Internationale OIML n° 20, "Poids des classes de précision E₁, E₂, F₁, F₂ et M₁ de 50 kg à 1 mg", (1973), International Recommendation OIML n° 20, "Weights of accuracy classes E₁, E₂, F₁, F₂ and M₁ from 50 kg to 1 mg", Organisation Internationale de Métrologie Légale, Paris
- [2] Recommendation Internationale OIML n° 33, "Valeur conventionnelle du résultat des pesées dans l'air", (1973), International Recommendation OIML n° 33, "Conventional value of the result of weighing in air", Organisation Internationale de Métrologie Légale, Paris
- [3] Giacomo, P.: Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide (1981), Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres (France), Equation for the Determination of the Density of Moist Air (1981), Metrologia 18 (1982), S. 33-40

Anhang

A1. Algebraische Lösung des Gleichungssystems aus Kapitel 2

Zur Vereinfachung kann man das Gleichungssystem mit leicht abgekürzten Bezeichnungen wie folgt umschreiben:

mit $R_0 = R1000$

$$U_0 = U1000 \quad D_0 = U_0 - R_0 \quad (1)$$

$$U_5 = U500 \quad D_1 = U_5 + H_2 + G_2 + H_1 - U_0 \quad (2)$$

$$U_2 = U200 \quad D_2 = H_2 + G_2 + H_1 - U_5 \quad (3)$$

$$U_1 = U100 \quad D_3 = H_2 - U_2 \quad (4)$$

$$V_1 = U100' \quad D_4 = G_2 - U_2 \quad (5)$$

$$W_1 = U100'' \quad D_5 = U_1 + H_1 - U_2 \quad (6)$$

$$H_2 = H200 \quad D_6 = H_1 - U_1 \quad (7)$$

$$G_2 = H200' \quad D_7 = V_1 - U_1 \quad (8)$$

$$H_1 = H100 \quad D_8 = W_1 - U_1 \quad (9)$$

Man löst die 9 Gleichungen nach jeweils einer der Unbekannten auf und erhält:

$$U_0 = R_0 + D_0 \quad (10)$$

$$H_1 = D_1 + U_0 - U_5 - H_2 - G_2 \quad (11)$$

$$U_5 = H_2 + G_2 + H_1 - D_2 \quad (12)$$

$$H_2 = D_3 + U_2 \quad (13)$$

$$G_2 = D_4 + U_2 \quad (14)$$

$$U_2 = U_1 + H_1 - D_5 \quad (15)$$

$$U_1 = H_1 - D_6 \quad (16)$$

$$V_1 = D_7 + U_1 \quad (17)$$

$$W_1 = D_8 + U_1 \quad (18)$$

Einsetzen von (16) in (15, 17, 18):

$$U_2 = 2H_1 - D_6 - D_5 \quad (19)$$

$$V_1 = H_1 - D_6 + D_7 \quad (20)$$

$$W_1 = H_1 - D_6 + D_8 \quad (21)$$

Einsetzen von (19) in (13, 14):

$$H_2 = 2H_1 - D_6 - D_5 + D_3 \quad (22)$$

$$G_2 = 2H_1 - D_6 - D_5 + D_4 \quad (23)$$

Einsetzen von (22, 23) in (12)

$$\begin{aligned} U_5 &= 2H_1 - D_6 - D_5 + D_3 + 2H_1 - D_6 - D_5 + \\ &\quad D_4 + H_1 - D_2 = \\ &= 5H_1 - 2D_6 - 2D_5 + D_3 + D_4 - D_2 \end{aligned} \quad (24)$$

und von (10, 22, 23, 24) in (11), danach nach H_1 auflösen:

$$H_1 = D_1 + R_0 + D_0 - 5H_1 + 2D_6 + 2D_5 - D_3 - D_4 + D_2 - 2H_1 + D_6 + D_5 - D_3 - 2H_1 + D_6 + D_5 - D_4$$

$$H_1 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 - 2D_4 + 4D_5 + 4D_6)/10 \quad (25)$$

Durch Einsetzen von (25) in (22, 23, 16, 20, 19, 24) und zusammen mit (10) erhält man die vollständige algebraische Lösung des Gleichungssystems:

$$H_1 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 - 2D_4 + 4D_5 + 4D_6)/10$$

$$H_2 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 + 3D_3 - 2D_4 - D_5 - D_6)/5$$

$$G_2 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 + 3D_4 - D_5 - D_6)/5$$

$$U_1 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 - 2D_4 + 4D_5 - 6D_6)/10$$

$$V_1 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 - 2D_4 + 4D_5 - 6D_6)/10 + D_7$$

$$W_1 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 - 2D_4 + 4D_5 - 6D_6)/10 + D_8$$

$$U_2 = (R_0 + D_0 + D_1 + D_2 - 2D_3 - 2D_4 - D_5 - D_6)/5$$

$$U_5 = (R_0 + D_0 + D_1 - D_2)/2$$

$$U_0 = R_0 + D_0$$

A2. Zusammenhang zwischen konventionellem Wägewert und Masse

Zur Herleitung des konventionellen Wägewerts eines Körpers (z.B. eines Gewichtstücks), muß man die Gleichgewichtsbedingung aufstellen für den Vergleich auf einer Waage zwischen diesem Körper der Masse m und der Dichte ρ mit einem Massennormal m' der Dichte 8000 kg/m^3 in Luft der Dichte $1,2 \text{ kg/m}^3$. Man hat:

Gewichtstück	m (kg)	Normal m' (kg)
Dichte	ρ (kg/m^3)	$\rho_k = 8000 \text{ kg/m}^3$
Volumen	$V = m/\rho$ (m^3)	$V' = m'/\rho_k$ (m^3)
lokale Erdbeschleunigung	g (m/s^2)	
Luftdichte	$\rho_L = 1,2 \text{ kg/m}^3$	

Die Gleichgewichtsgleichung für alle bei der Wägung wirkenden Kräfte (Gewichtskräfte und Auftriebskräfte) lautet:

$$m \cdot g - V \cdot \rho_L \cdot g = m' \cdot g - V' \cdot \rho_L \cdot g$$

Man teilt durch g und ersetzt V und V'

$$m \cdot (1 - \rho_L/\rho) = m' \cdot (1 - \rho_L/\rho_k)$$

Nach seiner Definition ist der konventionelle Wägewert m_k gleich der Masse des Massennormal m' . Mit $m_k = m'$ bekommt man aus obiger Gleichung

$$m_k = m \cdot (1 - \rho_L/\rho)/(1 - \rho_L/\rho_k)$$

und nach Einsetzen aller bekannten Größen schließlich

$$m_k = m \cdot (1 - 1,2/\rho)/0,999850$$

Präzisions-Meßeinrichtung zur Messung hoher Wechsel- und Gleichspannungen

Rainer Marx, Roland Zirpel

Zusammenfassung: Es wird über eine Präzisions-Meßeinrichtung zur Messung des Scheitelwertes hoher Wechselspannungen bis 300 Hz sowie zur Messung des Mittelwertes von hohen Gleichspannungen berichtet.

Die auf dem Kondensator-Ladestrom-Verfahren basierende Maßeinrichtung mit einem neuartigen elektronischen Meßgrößenumformer ermöglicht Scheitelspannungsmessungen für alle Anwendungen in der Hochspannungs-Meßtechnik. Damit können sowohl die positiven als auch die negativen Scheitelwerte von unsymmetrischen Wechselspannungen sowie die Frequenz gemessen werden. Die Unsicherheit bei der Wechselspannungsmessung ohne Berücksichtigung des Hochspannungs-Kondensators ist kleiner als 0,005 %.

Außerdem besteht die Möglichkeit, in Verbindung mit einem Hochspannungs-Meßwiderstand den arithmetischen Mittelwert hoher Gleichspannungen zu messen. Dabei ist die Meßunsicherheit ohne Berücksichtigung des Hochspannungs-Meßwiderstandes kleiner als 0,002 %.

Summary: The paper reports on a precision measuring device designed to measure the peak value of high alternating voltages of up to 300 Hz and the mean value of high d.c. voltages.

The measuring device which is based on the capacitor charge current procedure and which comprises a novel electronic transducer allows peak voltages to be measured in all applications of high voltage measuring technique. This means that both the positive and the negative peak values of asymmetric alternating voltages and the frequency can be measured. When the uncertainty of the high voltage capacitor is disregarded, the uncertainty of the a.c. voltage measurement is smaller than 0,005 %.

In addition, combined with a high voltage precision resistor, this device makes it possible to measure the arithmetic mean value of high d.c. voltages. In this case, the uncertainty of measurement is smaller than 0,002 %, the uncertainty of the high voltage precision resistor being left out of account.

1 Einleitung

Eine wichtige Aufgabe in der Hochspannungstechnik ist die Messung des Scheitelwertes von Wechselspannungen, da dieser für die elektrische Kurzzeitfestigkeit von Isolierstrecken maßgebend ist. Hierfür sind verschiedene Meßverfahren bekannt [1, 2]. Für Präzisionsmessungen bieten sich zunächst Verfahren mit kapazitiven oder induktiven Spannungsteilern und -wandlern in Verbindung mit einem auf der Niederspannungsseite angeschlossenen Scheitelspannungs-Meßgerät an. Induktive Spannungsteiler und -wandler werden allerdings nur bis zu einigen 100 kV gebaut und finden daher im folgenden keine Berücksichtigung. Bei Verwendung kapazitiver Spannungsteiler wird die Meßunsicherheit insbesondere durch die Meßschaltung auf der Niederspannungsseite bestimmt. Der Verlustfaktor der Niederspannungskondensatoren, die Länge des Meßkabels und der Eingangskreis der elektronischen Meßschaltung haben eine frequenz- und temperaturabhängige Beeinflussung des Spannungsverhältnisses zur Folge [3].

Das Verfahren nach Chubb, Fortescue und Boeck [4] zur Messung des Scheitelwertes aus dem gleichgerichteten Verschiebungsstrom eines Druckgaskondensators bietet dagegen grundsätzliche Vorteile. Ein nach diesem Prinzip arbeitendes Gerät hat sich seit vielen Jahren bei der Kalibrierung von Scheitelspannungs-Meßeinrichtungen für elektrische Prüfstellen im Rahmen der gesetzlichen Aufgaben der PTB und bei Präzisionsmessungen für das industrielle Meßwesen bewährt. Inzwischen haben sich die Ansprüche an die Meßunsicherheit stark erhöht, so daß eine Neuentwicklung der Maßeinrichtung erforderlich wurde. Basierend auf dem Grundkonzept [4] ist eine transportable Maßeinrichtung entwickelt worden, bei der durch besondere Schaltungsprinzipien alle bisher bekannten Fehlereinflüsse vermindert oder beseitigt worden sind. Die Wirkungsweise dieser Maßeinrichtung, ihre Meßunsicherheit und die Kalibrierung werden nachfolgend beschrieben. In Verbindung mit einem Hochspannungs-Meßwiderstand kann auch der Mittelwert von Gleichspannungen gemessen werden.

2 Meßprinzip

2.1 Grundsätzliches

Die grundsätzliche Schaltung nach Chubb-Fortescue ist im Bild 1 wiedergegeben. Der durch den Hochspannungs-Meßkondensator mit der Kapazität C fließende Ladewechselstrom $i(t)$ wird gleichgerichtet und in jeder positiven Halbperiode $T/2$ vom Drehspulinstrument 3 gemessen. Als Anzeige ergibt sich der arithmetische Mittelwert des Stromes zu

$$i_m = \frac{1}{T} \int_t^{t+\frac{T}{2}} i(t) dt = \frac{1}{T} \int_t^{t+\frac{T}{2}} C \left(\frac{du}{dt} \right) dt = \frac{1}{T} \int_{\hat{u}_-}^{\hat{u}_+} C du = 2fC\hat{u} \quad (1)$$

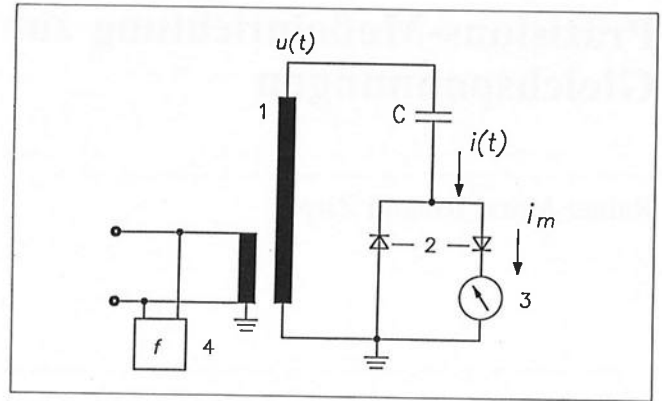


Bild 1 Messung der Scheitelspannung nach dem Chubb-Fortescue Verfahren

- 1 Hochspannungserzeuger
- 2 Gleichrichter
- 3 Drehspulinstrument
- 4 Frequenzmeßgerät

wenn der positive und der negative Scheitelwert der Wechselspannung $u(t)$ gleich sind, also $\hat{u}_+ = \hat{u}_- = \hat{u}$, und wenn diese Wechselspannung während einer Periode keine Zwischenscheitel hat. Zur Bestimmung des Scheitelwertes \hat{u} muß nach Gl. 1 zusätzlich die Frequenz $f = 1/T$ der Wechselspannung bekannt sein.

In [4] ist das Drehspulinstrument durch einen Meßwiderstand und einen Spannungs-Frequenz-Wandler ersetzt. Die dem Scheitelwert der zu messenden Spannung proportionale Häufigkeit der Ausgangsimpulse des Wandlers wird von einem Zähler mit Torschaltung unter Berücksichtigung der Frequenz f der Hochspannung erfaßt. Hierdurch erfolgt eine von der Fre-

quenz unabhängige digitale Anzeige des Scheitelwertes. Der Gesamtfehler der Meßeinrichtung einschließlich des Druckgaskondensators wurde in [4] unter idealisierten Voraussetzungen zu $6 \cdot 10^{-4}$ abgeschätzt. Im praktischen Einsatz ergaben sich jedoch mitunter weit höhere Meßfehler. Nachteilig war auch, daß bei unsymmetrischen Spannungen nur der mittlere Scheitelwert zur Anzeige kam.

2.2 Die neue Scheitelspannungs-Meßeinrichtung

Die neue Meßeinrichtung (Bild 2) vereinigt die Vorteile des in [4] angegebenen Verfahrens und

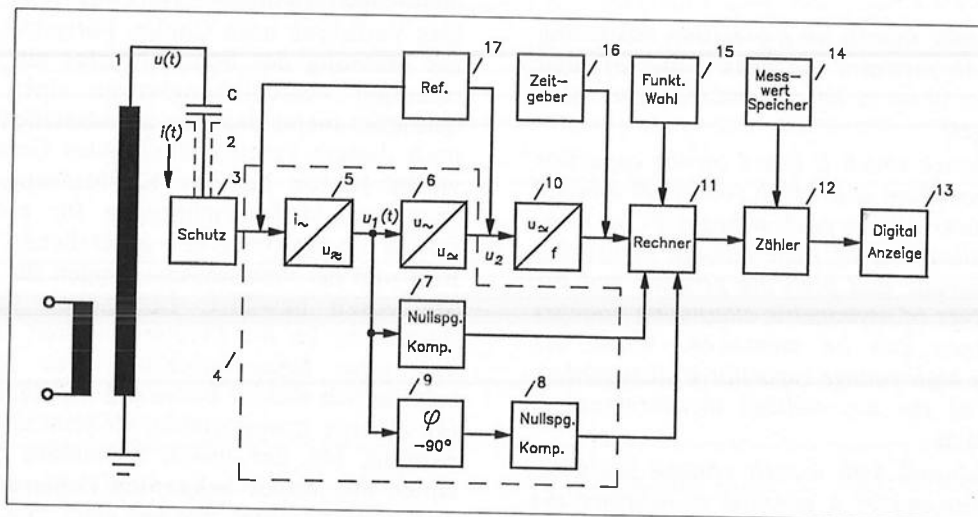


Bild 2 Scheitelspannungs-Meßeinrichtung mit elektronischem Meßumformer

- 1 Hochspannungserzeuger, C Hochspannungs-Meßkondensator, 2 Meßkabel, 3 Schutzschaltung, 4 Elektronischer-Meßumformer, 5 Strom-Spannungs-Konverter mit Tiefpaßfilter, 6 Präzisions-Vollweggleichrichter, 7/8 Nullspannungs-Komparatoren, 9 90-Grad-Phasenschieber, 10 Spannungs-Frequenz-Wandler, 11 Rechner, 12 Zähler, 13 Digital-Anzeige, 14 Meßwertspeicher, 15 Funktionssteuerung, 16 Zeitgeber, 17 Kalibriereinrichtung

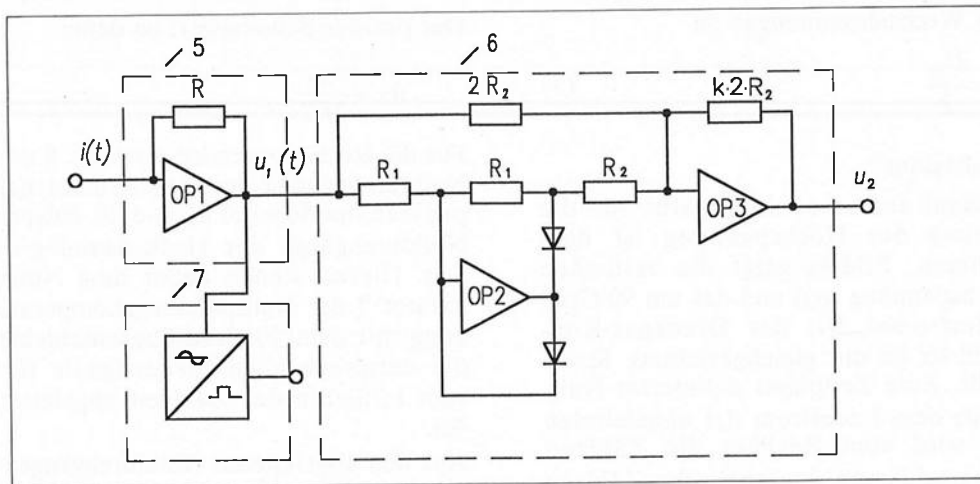


Bild 3 Prinzipschaltung des elektronischen Meßumformers
 5 Strom-Spannungs-Konverter
 6 Vollweggleichrichter
 7 Nullspannungskomparator

vermeidet weitgehend dessen Nachteile. Wichtigste Baugruppen sind der Meßgrößenumformer 4 mit Schutzschaltung 3 sowie der Spannungs-Frequenz-Wandler 10 mit dem rechnergesteuerten Zähler 12. Die Funktionsweise der einzelnen Baugruppen wird im folgenden kurz beschrieben.

Meßumformer

Die zu messende Hochspannung $u(t)$ mit der Frequenz f liegt am Meßkondensator C , dessen Ladestrom

$$i(t) = C \frac{du}{dt} \quad (2)$$

über das Meßkabel 2 und die Schutzschaltung 3 in den Meßumformer 4 gelangt. Im Strom-Spannungs-Wandler 5 mit nachgeschaltetem Tiefpaßfilter [5] wird der Ladestrom in eine proportionale Wechselspannung

$$u_1(t) = -R i(t) \quad (3)$$

umgewandelt. Der Meßwiderstand R ist gemäß Bild 3 im Rückkopplungszweig eines Operationsverstärkers OP1 angeordnet.

Der Eingang des Strom-Spannungs-Wandlers 5 (Bild 2) und damit auch der Niederspannungsanschluß des Meßkondensators C liegen praktisch auf Nullpotential, da die wirksame Eingangsimpedanz, die sich aus dem Meßwiderstand R dividiert durch die hohe Leerlaufverstärkung des Operationsverstärkers OP1 ergibt, sehr klein ist. Durch diese Schaltungsanordnung wird der Einfluß der Kapazität des Verbindungskabels 2 zwischen dem Meßkondensator C und der Meßeinrichtung eliminiert; ebenso bleiben unvermeidliche Schaltungs- und Streukapazitäten der Schutzschaltung 3 und des Eingangskreises wirkungslos. Da stets die gesamte Hochspannung am Meßkondensator C liegt, können auch kleinere Spannungen im

Bereich von 1 kV mit der gleichen geringen Meßunsicherheit wie große Spannungen gemessen werden. Die Wechselspannung $u_1(t)$ (Bild 3) gelangt dann auf einem nahezu idealen Vollweggleichrichter 6 [5], dessen pulsierende Ausgangs-Gleichspannung u_2 am Ausgang von OP 3 nicht geglättet wird und somit sehr schnell einer Änderung der Meßspannung folgen kann.

Spannungs-Frequenz-Wandler

Die pulsierende Gleichspannung u_2 wird vom Spannungs-Frequenz-Wandler 10 (Bild 2) in eine proportionale Impulsfolge umgewandelt. Die mittlere Impulsfolgenfrequenz f_m ergibt sich mit der Wandlerkonstanten A des Spannungs-Frequenz-Wandlers zu:

$$f_m = A u_2. \quad (4)$$

Die Impulsfolge wird innerhalb einer vom Rechner 11 bestimmten Meßzeit dem Zähler 12 zugeführt. Hierzu werden vom Nullspannungskomparator 7 Impulse aus den Nulldurchgängen der Spannung $u_1(t)$ abgeleitet, gezählt und daraus eine entsprechend lange Zählzeit abgeleitet, die einer Periodenzahl p der Hochspannung mit der Frequenz f entspricht. Innerhalb dieser Meßzeit werden

$$N = \frac{pf_m}{f} \quad (5)$$

Impulse des Spannungs-Frequenz-Wandlers dem Impulszähler 12 zugeführt und in 13 digital angezeigt. Der Wert U_{ss} als Differenz zwischen dem positiven und dem negativen Scheitelwert der Hochspannung ergibt sich aus dieser Anzeige und der Kapazität des Meßkondensators C unmittelbar zu

$$U_{ss} = \frac{2N}{4pARC} \quad (6)$$

Für symmetrische Wechselspannungen ist

$$\hat{u}_+ = \hat{u}_- = \hat{u} = \frac{U_{ss}}{2} \quad (7)$$

Steuerung des Meßzyklus

Der zeitliche Ablauf für einen Meßzyklus für die Scheitelwertmessung der Hochspannung ist dem Bild 4 zu entnehmen. Bild 4a zeigt die zeitlichen Verläufe der Hochspannung $u(t)$ und des um 90 Grad voreilenden Ladestromes $i(t)$ des Druckgas-Kondensators. Im Bild 4b ist die gleichgerichtete Spannung u_2 dargestellt. Zum Zeitpunkt definierter Nulldurchgänge der aus dem Ladestrom $i(t)$ abgeleiteten Spannung $u_1(t)$ wird vom Rechner die Zählzeit begonnen bzw. abgeschlossen. Innerhalb der Zählzeit werden die Impulse vom Spannungs-Frequenz-Wandler (Bild 4c) dem Impulszähler 12 zugeführt (Bild 4d). Mit der neuen Maßeinrichtung kann auch wahlweise der positive oder der negative Scheitelwert der Hochspannung getrennt gemessen werden. Der arithmetische Mittelwert des gleichgerichteten Stromes aus der positiven Halbschwingung der Hochspannung besteht aus zwei Anteilen (Bild 4e) und ergibt sich zu

$$i_{m+} = fC \left[\int_0^{\hat{u}_+} du \mid + \int_{\hat{u}_+}^0 du \mid \right]. \quad (8)$$

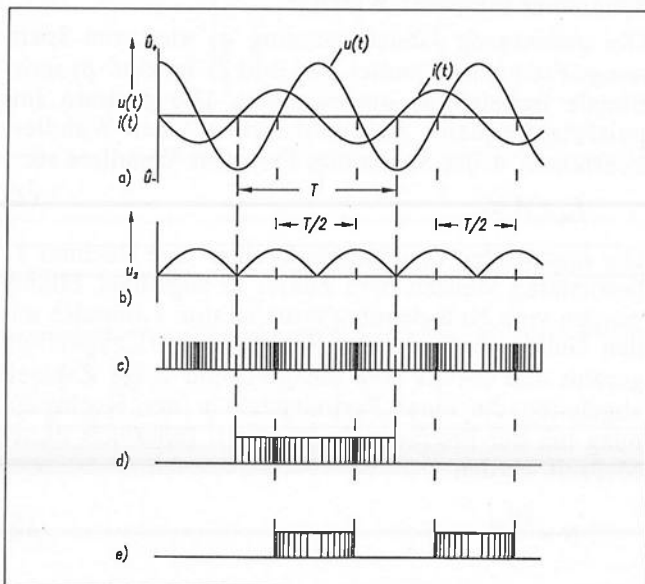


Bild 4 Meßsignal und Impulsdiagramm der Scheitelspannungs-Meßeinrichtung

- Hochspannung $u(t)$ und Ladestrom $i(t)$
- Gleichgerichtete Spannung u_2
- Impulse des Spannungs-Frequenz-Wandlers
- Impulse am Eingang des Impulszählers innerhalb der Zählzeit bei Messung von U_{ss}
- Impulse am Eingang des Impulszählers innerhalb der Zählzeit bei Messung des positiven Scheitelwertes

Der positive Scheitelwert ist dann:

$$\hat{u}_+ = \frac{i_{m+}}{2fC}. \quad (9)$$

Für die Rechenoperation nach Gl. 8 müssen außer den Nulldurchgängen des Ladestromes $i(t)$, die den Zeitpunkten der Scheitel \hat{u}_+ und \hat{u}_- entsprechen, auch die Nulldurchgänge der Hochspannung $u(t)$ erfaßt werden. Hierzu dienen außer dem Nullspannungskomparator 7 der Nullspannungskomparator 8 in Verbindung mit dem 90-Grad-Phasenschieber 9, mit denen die entsprechenden Steuersignale für den Rechner zum Initiieren der Zählzeit abgeleitet werden (Bild 4e).

Aus den abgeleiteten Nulldurchgängen der Eingangsspannung kann mit einem Zeitgeber die Frequenz der Hochspannung über den Rechner ermittelt und zur Anzeige gebracht werden. Die Anzeige weiterer Zusatzfunktionen sowie die des Meßwertes in kV oder in % bezogen auf einen vorgegebenen Sollwert ist möglich. Fehlmessungen, die bei diesem verwendeten Meßprinzip durch zusätzliche Sattel- und Wendepunkte innerhalb einer Sinusschwingung auftreten könnten, werden optisch durch eine blinkende Anzeige signalisiert.

Interne Kalibrierung

Durch die Frequenzunabhängigkeit der Maßeinrichtung bis 300 Hz ist eine Kalibrierung außer mit Wechselspannung auch mit einer Gleichspannung bei definierter Zählzeit möglich. Um von externen Kalibrierquellen unabhängig zu sein, enthält das Meßgerät eine Gleichspannungs-Referenzquelle und einen quartzesteuerten Zeitgeber zur Ansteuerung des Rechners. Damit läßt sich der Spannungs-Frequenz-Wandler jederzeit bei 0,1 % und 100 % kalibrieren. Zur Überprüfung der einzelnen Meßbereiche wird ein positiver oder negativer Referenzstrom direkt in den Eingang des Strom-Spannungs-Wandlers eingespeist. Damit können eventuell vorhandene Bereichs- und Umpolfehler sofort erkannt und durch einen Abgleich korrigiert werden.

Gleichspannungsmessung

Weiterhin ermöglicht die Maßeinrichtung in Verbindung mit einem Hochspannungs-Meßwiderstand R_M anstelle des Hochspannungs-Meßkondensators die Messung des arithmetischen Mittelwertes von hohen Gleichspannungen

$$U = \frac{2Nf_T R_M}{AR}. \quad (10)$$

Hierbei ist f_T die Torfrequenz des internen Zeitgebers.

Schutzschaltung

Die in der Hochspannungs-Meßtechnik verwendeten elektronischen Meßgeräte müssen gegen transiente Überspannungen, die in Hochspannungs-Meßaufbauten durch Über- bzw. Durchschläge entstehen können,

geschützt werden. Diese Überspannungs-Schutzschaltungen am Meßgeräte-Eingang können aufgrund von Leckströmen das Meßergebnis beeinflussen. Diese Meßfehler werden durch den Meßumformer 4, der das Eingangspotential auf Null hält, vollständig eliminiert. Die Überspannungsschutzschaltung 3 (Bild 2) ist nach dem Prinzip der Mehrfachableitung aufgebaut. Hierbei wird im Störfall die Stromstärke durch ein Feinschutzelement begrenzt und ein Gasableiter gezündet. Diese Schutzschaltung ist sowohl in der Signalleitung als auch in der Schirmleitung eingebaut, da im Augenblick eines Über- oder Durchschlages durch Erdungsinduktivitäten Spannungen bis zu einigen Kilovolt auf der Schirmleitung auftreten können. Gasableiter, Varistoren und Filter in der Netzversorgung verhindern, daß Überspannungen über die Versorgungsleitung und das Netzteil in die elektronische Schaltung gelangen.

3 Meßunsicherheit

Die Gesamtunsicherheit der Scheitelspannungs-Meßeinrichtung wird im wesentlichen von folgenden Einflußgrößen bestimmt:

- Meßunsicherheit des Hochspannungs-Meßkondensators
- Frequenzverhalten, Temperaturabhängigkeit, Drift und Offset der verwendeten Bauelemente
- Phasenverhalten des 90°-Phasenschiebers
- Nichtlinearität und dynamisches Verhalten des Spannungs-Frequenz-Wandlers.

Für Präzisionsmessungen mit einer Meßunsicherheit von besser als 0,01 % eignen sich als Hochspannungs-Meßkondensatoren ausschließlich Druckgas-Kondensatoren, deren Spannungs- und Temperaturabhängigkeit im allgemeinen vernachlässigbar klein sind [6].

Für die verstärkungsbestimmenden Widerstände wurden Bauteile mit geringem Temperaturkoeffizienten ($< 2 \cdot 10^{-6}/K$) und kleiner Langzeitdrift ($< 6 \cdot 10^{-6}/\text{Jahr}$) verwendet. Die verwendeten Eingangsverstärker haben eine sehr geringe Offsetdrift hinsichtlich ihres Zeitverhaltens ($0,2 \mu\text{V}/\text{Monat}$) und ihrer Temperaturabhängigkeit ($0,6 \mu\text{V}/K$), während alle anderen verwendeten Operationsverstärker mit einer automatischen Offsetdrift-Korrektur ausgestattet sind.

Das aktive Tiefpaßfilter eliminiert Teilentladungen auf Zuleitungen und hochfrequente Spannungsspitzen und ist so dimensioniert, daß sein Durchlaßverhalten für Oberschwingungen bis 10 kHz die Scheitelwertmessung nur mit einem Fehler von weniger als 0,001 % beeinflusst.

Die Genauigkeit des 90°-Phasenschiebers hat nur Einfluß auf die Messung des positiven bzw. negativen Scheitelwertes. Aufgrund der abnehmenden Amplitude am Ausgang des Phasenschiebers bei ansteigender Signalfrequenz werden die Nulldurchgänge des Signals mit geringerer Genauigkeit erfaßt. Der daraus

resultierende rel. Fehler ist bis zu einer Frequenz von 300 Hz $< 0,02 \%$.

Der Spannungs-Frequenz-Wandler ist hinsichtlich Linearität, Temperaturkoeffizient und seines dynamischen Verhaltens ausgesucht worden. Es wurde ein Baustein mit einer Ausgangsfrequenz von 50000 Impulsen/s bei Vollaussteuerung (+10V) mit einer Nichtlinearität von $< 5 \cdot 10^{-6}$ und mit einem Temperaturkoeffizienten von $< 2 \cdot 10^{-6}/K$ verwendet. Das dynamische Verhalten des Wandlers wurde mit vollweggleichgerichteten sinusförmigen Wechselspannungen ermittelt, wobei der rel. Fehler für Vollweggleichrichter und Wandler bis zu der Grundschwingungsfrequenz 300 Hz $< 0,002 \%$, bis 3 kHz $< 0,01 \%$ und bis 10 kHz $< 0,05 \%$ ist.

Bei dem hier angewandten Prinzip zur Messung des Scheitelwertes von Wechselspannungen ist zu berücksichtigen, daß auch deren Oberschwingungen richtig verarbeitet werden müssen. Da der Hochspannungs-Meßkondensator für steigende Frequenzen eine abnehmbare Impedanz darstellt, gelangen die Oberschwingungen der Hochspannung relativ zur Grundschwingung verstärkt auf die Meßeinrichtung. Diese muß folglich noch für Messungen von Wechselspannungen im kHz-Bereich ausgelegt sein.

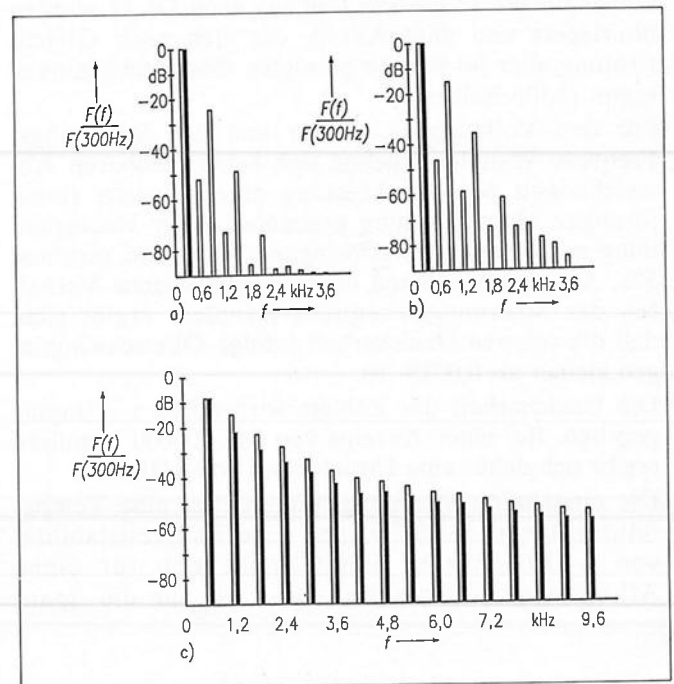


Bild 5 Spektren der Meßsignale

- a) Spektrum der Hochspannung $u(t)$ einer 2stufigen Hochspannungs-Kaskade bei $U = 150 \text{ kV}$, $f_0 = 300 \text{ Hz}$
- b) Spektrum der Ausgangsspannung $u_1(t)$ des Strom-Spannungs-Konverters
- c) Spektrum der Ausgangsspannung (nur Wechselanteil) nach Vollweggleichrichtung einer Sinusspannung der Frequenz 300 Hz mit und ohne überlagerten Oberschwingungen
 - schwarzer Balken: idealer Sinus gleichgerichtet
 - helle Balken: Sinus mit Oberschwingungen nach Bild 5b gleichgerichtet

Dies wird im folgenden Beispiel verdeutlicht. Bild 5a zeigt das Spektrum einer von Oberschwingungen überlagerten Hochspannung mit $U = 150$ kV und $f = 300$ Hz, die mit einer zweistufigen Hochspannungskaskade erzeugt wurde. Bild 5b zeigt das Amplitudenspektrum der Ausgangsspannung $u_1(t)$ des Strom-Spannungswandlers 5. Die Oberschwingung mit der Ordnungszahl k ist in Bild 5 entsprechend der Wirkung des Meßkondensators C um den Faktor k erhöht. So ist z.B. die Oberschwingung 600 Hz ($k = 2$) in Bild 5b um 6 db größer als in Bild 5a. Die Grundschwingung wie auch die verstärkten Oberschwingungen werden nun dem Vollweggleichrichter zugeführt. Bei der Vollweggleichrichtung eines idealen sinusförmigen Eingangssignals mit der Amplitude A und der Kreisfrequenz $\omega = 2 \pi f$ ergibt sich die Fourierreihe

$$F(t) = \frac{4A}{\pi} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{3} \cos 2 \omega t - \frac{1}{3 \cdot 5} \cos 4 \omega t - \dots \right), \quad (11)$$

d.h., das Spektrum enthält gradzahlige Vielfache der Grundschwingung mit abnehmender Amplitude.

In Bild 5c ist das Amplitudenspektrum der Ausgangsspannung des Vollweggleichrichters aufgetragen. Die bereits bei der Vollweggleichrichtung einer idealen sinusförmigen Spannung vorhandenen Oberschwingungen (schwarze Balken) nach Gl. 11 werden überlagert von dem Anteil, der sich nach Gleichrichtung aller im Bild 5b gezeigten Oberschwingungen ergibt (helle Balken).

Für den Vollweggleichrichter und den Spannungs-Frequenz-Wandler ergeben sich keine meßbaren Abweichungen bei der Messung einer idealen sinusförmigen Hochspannung gegenüber einer Hochspannung mit einem Oberschwingungsanteil von maximal 5%. Aus den Meßdaten über das dynamische Verhalten des Spannungs-Frequenz-Wandlers ergibt sich, daß die relative Unsicherheit infolge Oberschwingungen kleiner als 0,002% ist.

Die Unsicherheit des Zählers wird durch ± 1 Impuls gegeben. Bei einer Anzeige von z.B. 100000 Impulsen ergibt sich daher eine Unsicherheit von 0,001%.

Die eingebaute Spannungsreferenz hat eine Temperaturdrift von $1 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ und eine Langzeitstabilität von $6 \cdot 10^{-6}/1000$ h. Somit ergibt sich für einen Arbeitstemperaturbereich von ± 3 K für die Span-

nungsreferenz eine relative Unsicherheit von weniger als 0,001%. Zum Betrieb der Meßeinrichtung bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen kann eine entsprechende Kalibrierung mit der Referenzspannung durchgeführt werden. Hinsichtlich des Temperaturverhaltens der Meßeinrichtung trägt daher nur die Spannungsreferenz selbst zu der Gesamtunsicherheit bei.

Bei der experimentellen Überprüfung wurde die Meßeinrichtung mit bis zu 100 m langen Meßkabeln sowie mit und ohne Überspannungsschutz betrieben. Die Messungen ergaben keine Abweichungen bei einer Meßempfindlichkeit von $1 \cdot 10^{-5}$. Im ungünstigsten Fall muß daher mit einer relativen Unsicherheit durch Leckströme von 0,001% gerechnet werden.

Die zu erwartende Gesamtunsicherheit der Meßeinrichtung ergibt sich durch quadratische Addition der einzelnen Unsicherheiten. Im Temperaturbereich von $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$ und bei einem Ladestrom im Bereich von 100 μA bis 100 mA ist die relative Gesamtunsicherheit ohne Berücksichtigung des Hochspannungs-Meßkondensators bei Wechselfeldmessung von \hat{u}_+ oder \hat{u}_- kleiner als 0,02% und bei Messung von U_{ss} kleiner als 0,005%.

Setzt man die Meßeinrichtung zur Messung hoher Gleichspannung ein, so reduzieren sich die Fehler, die durch die frequenzabhängigen Komponenten entstehen. Die relative Gesamtunsicherheit ist dann ohne Berücksichtigung des Hochspannungs-Meßwiderstands kleiner als 0,002%.

Literatur

- [1] Kind, D.: Einführung in die Hochspannungs-Versuchstechnik. Braunschweig: Vieweg-Verlag 1982
- [2] Schwab, A. J.: Hochspannungstechnik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1981, S. 121-127
- [3] Schulz, W.: High-Voltage AC Peak Measurement with High Accuracy. Third International Symposium on High Voltage Engineering 1979, 43.12
- [4] Boeck, W.: Eine Scheitelspannungs-Meßeinrichtung erhöhter Meßgenauigkeit mit digitaler Anzeige. ETZ-A 84 (1963), S. 883-885
- [5] Tietze, U.: Halbleiter-Schaltungstechnik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1980, S. 674-675
- [6] Latzel, H.-G.; Schon, K.: Precise Capacitance Measurements of High-Voltage Compressed Gas Capacitors. IEEE Trans. Instr. Meas. IM-36 (1987), S. 381-384

Ansprache des Bundesministers für Wirtschaft

Am 9. Januar 1990 besuchte der Bundesminister für Wirtschaft, Dr. Helmut Haussmann, die PTB, die als Bundesoberbehörde zu seinem Geschäftsbereich gehört.

Nachfolgend ist der Wortlaut seiner Ansprache abgedruckt, die er im Hörsaal der PTB vor dem Präsidenten und den Mitarbeitern der Bundesanstalt gehalten hat.

Sehr geehrter Herr Professor Kind, liebe Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter,

es hat vielleicht symbolische Bedeutung, daß ich meinen Antrittsbesuch in der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in einer Zeit machen kann, in der wir historische Entwicklungen in Quantensprüngen erleben:

- Die Welt schaut wieder auf Europa.
Die Staaten Westeuropas werden Ende 1992 den größten Wirtschaftsraum der Erde errichtet haben.
Gleichzeitig streben sie auch politisch immer enger zusammen.
- In Mittel- und Osteuropa schütteln die Völker die Fesseln einer selbsternannten Obrigkeit ab.
Sie bereiten sich auf eine Zukunft in Freiheit und Selbstbestimmung vor.
- Vor völlig neue Probleme stellen uns auch die Gefährdungen der Umwelt.
Die Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen gehört zu den dringendsten Zukunftsfragen der Menschheit.

Diese Entwicklung stellt Politik, Wirtschaft und Gesellschaft vor neue Aufgaben.

Aber sie bietet – und dies ist die andere Seite derselben Medaille – auch enorme Chancen.

Wir haben das Glück, daß die großen Herausforderungen dieses neuen Jahrzehnts bei uns auf eine hervorragende Wirtschaftslage treffen. Unser konsequenter Weg der marktwirtschaftlichen Erneuerung hat uns den Platz als einer der bedeutendsten Industrienationen in der Weltwirtschaft gesichert.

Dies versetzt uns heute in die Lage, eine wichtige Rolle in der Wirtschaft, bei der europäischen Integration und bei

der Begleitung der Reformprozesse in Mittel- und Osteuropa zu spielen.

Unsere besondere Aufmerksamkeit gilt natürlich unseren Landsleuten in der DDR.

Zentrales Element der von uns gemeinsam mit der DDR angestrebten Vertragsgemeinschaft ist die Wirtschaft.

Berlin (West) wird in die Zusammenarbeit voll einbezogen.

Bei unseren Gesprächen in Dresden sind wir mit der Regierung der DDR übereingekommen, unter anderem auch die Kooperation im Bereich des Meß-, Normen-, Prüfwesens und der Qualitätssicherung auszubauen und vertragliche Regelungen zu vereinbaren.

Mit Genugtuung sehe ich, daß die Kontakte zu Ihrem Schwesterinstitut in der DDR, dem Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung, seit Ihrem 100-jährigen Jubiläum sich erfreulich positiv entwickeln.

Nicht nur für die DDR ist die PTB dank ihres hohen Leistungsstands ein gesuchter Partner. Auch andere RGW-Staaten sind jetzt an engerer Zusammenarbeit interessiert.

Gemeinsam mit der BAM und dem DIN leistet die PTB einen wichtigen Beitrag zur technischen Harmonisierung im Vorfeld des EG-Binnenmarktes. Diese Entwicklungen sind Ausdruck der Erkenntnis, daß nur mit einem funktionstüchtigen Meß-, Normen- und Prüfwesen das Weltmarktniveau in Qualitätssicherung und Produktivität zu erreichen ist.

Ökonomische Stärke gründet sich heute mehr denn je auf einen hohen Stand von Wissenschaft und Technik.

Die Anstrengungen in Forschung und Entwicklung sind für moderne Volkswirtschaften zu einem zentralen Element im internationalen Wettbewerb geworden.

Galileo Galilei, der als eigentlicher Begründer der neuzeitlichen Naturwissenschaften gilt, hatte für seine „Nuova Scienza“ zwei Dinge versprochen: Einsicht in die Zusammenhänge der Natur und Hebung der Gewerbe.

Die Wissenschaft hat uns tiefe Einsichten in die Struktur von Makrokosmos und Mikrokosmos verschafft.

Sie hat einen epochalen Wandel in unserem Denken und Bewußtsein bewirkt.

Ihre indirekte Wirkung auf dem Wege über die Technik indes ist noch stärker.

„Denkt auch daran“ sagte Albert Einstein bei der Eröffnung der Berliner Funk- und Phonoausstellung 1930, „daß es die Techniker sind, die erst die wahre Demokratie möglich machen. Denn sie erleichtern nicht nur des Menschen Tagewerk, sondern sie machen auch die Werke der feinsten Denker und Künstler, deren Genuß noch vor kurzem ein Privileg bevorzugter Klassen war, der Gesamtheit zugänglich“.

Es gibt weltweit kaum eine andere Forschungsinstitution, deren Arbeitsgebiet so klar durch die Wechselwirkungen zwischen Physik und Technik auf ihrer ganzen Breite bestimmt ist, wie dies von Anfang an bei der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt der Fall war und heute bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt der Fall ist.

Das gerade zu Ende gegangene Jahrzehnt zeigt es ganz deutlich:

Die Entdeckungen der Physik-Nobelpreisträger von Klaus von Klitzing bis Wolfgang Paul fanden unmittelbaren Eingang in die Arbeiten Ihrer Laboratorien.

Mehr noch: Sie – die „Meister der Messung“ – haben sie umgesetzt in weltweit anerkannte Spitzenleistungen der Metrologie.

In enger Kooperation mit Wirtschaft und Wissenschaft leisten Sie Ihren Beitrag zu Wettbewerbsfähigkeit unserer Industrie.

Meßtechnik und Spitzentechnologie bedingen sich wechselseitig:

Die Halbleiterindustrie benötigt für Herstellung und Qualitätskontrolle ihrer hochintegrierten Schaltkreise neuartige Meßverfahren, mit denen Kalibrierungen auf wenige hunderttausendstel eines Millimeters durchführbar sind.

Mit ihren Atomuhren stellt die PTB, per Funk europaweit verbreitet, ein Zeitsignal zur Verfügung, das höchsten Ansprüchen bis hin zu Navigation in Luft- und Raumfahrt genügt.

Der Technologie- und Wissenstransfer in die deutsche Wirtschaft ergibt sich zwangsläufig bei gesetzlich vorgeschriebenen Prüfungen und Zulassungen ebenso wie bei der Weitergabe der physikalisch-technischen Einheiten.

Dabei sind es insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, denen das PTB-Wissen zugute kommt.

Auch die europäische Dimension Ihrer Tätigkeiten gewinnt an Gewicht.

Dies gilt für die Verwirklichung des EG-Binnenmarktes ebenso wie für die Zusammenarbeit metrologischer Staatsinstitute im Rahmen von EUROMET und der Western European Calibration Cooperation.

Die Diskussion um die internationale Einheitlichkeit der Maße führt Sie mit allen wichtigen Industrieländern zusammen.

Bei der technischen Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern im Bereich des Meß-, Normen-, Prüfwesens gehen von der PTB nach wie vor wichtige Impulse aus.

Die PTB ist alles andere als eine Institution im Elfenturm. Sie ist ein Eckpfeiler in der technischen Infrastruktur unseres Landes, und ihre Arbeit trägt wesentlich dazu bei, die Bundesrepublik Deutschland als attraktiven und modernen Industriestandort zu erhalten und auszubauen.

Tempo und Breite des technischen Fortschritts haben zunehmend die Fragen nach Beherrschbarkeit der Technik und Schutz vor ihren negativen Auswirkungen in das öffentliche Bewußtsein gerückt.

Ich sage voller Anerkennung: Die PTB hat durch ihre beständige und verlässliche Arbeit das Vertrauen geschaffen, welches eine notwendige Voraussetzung für die Akzeptanz der Technik ist.

Dies gilt auch für eine Aufgabe die die PTB vor kurzem an ein anderes Bundesamt übergeben hat: Die Sicherstellung und Endlagerung radioaktiver Abfälle. Ich wiederhole hier die Feststellung meines Amtsvorgängers:

Die PTB hat wesentlichen Anteil daran, daß die friedliche Nutzung der Kernenergie auf einem hohen Stand der Sicherheit verantwortet werden kann.

Die Herausforderungen, denen wir uns im Blick auf unsere Umwelt gegenübersehen, machen die ganzheitliche Betrachtungsweise komplexer Systeme unabdingbar.

Sie in der PTB stellen sich diesen neuen Anforderungen.

Die Intensivierung Ihrer Arbeiten in den Bereichen des Gesundheits- und Umweltschutzes entspricht den aktuellen gesellschaftspolitischen Anforderungen.

Der Ausbau der medizinischen Meßtechnik und Ihr Engagement bei BESSY zählen ebenso zu den Zukunftsaufgaben wie Ihr großes Querschnittsprojekt „Reinraumzentrum“ und ihre Initiative im Bereich Informationstechnologie.

Ich weiß, daß die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der PTB hohen Anforderungen genügen. Sie müssen wissenschaftliche Kreativität und experimentelles Geschick bei ihrer Forschungsarbeit verbinden mit der Wahrnehmung der meßtechnischen Ordnungsfunktion einer staatlichen Behörde.

Sie müssen zu enger Kooperation mit der Wirtschaft ebenso in der Lage sein wie zum Einsatz für die internationale Entwicklung und Abstimmung des Meßwesens.

Mit ist es wichtig, auch politisch-planerisch die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Weiterarbeit der PTB zu sichern. Dazu gehört die angemessene finanzielle und personelle Ausstattung der Anstalt.

Sicher wird auch mittelfristig eine sparsame Haushaltspolitik notwendig sein.

Trotzdem bleibt es unsere Aufgabe, auch unter schwierigeren Arbeitsmarktbedingungen die notwendige Personalrekrutierung und die Effizienz der Bundeswirtschaftsverwaltung zu gewährleisten.

In diesem Sinne werden wir weiterhin überlegen müssen, welche Maßnahmen zur Behebung von Defiziten der Stellenstruktur uns weiterbringen können.

Ebenso wichtig ist es, für die erforderliche Geräteausstattung ausreichende Haushaltsmittel zu beschaffen.

Dies dient nicht nur der Effizienz der Arbeit, sondern auch der Attraktivität des Arbeitsplatzes.

Hier sehe ich einen Schwerpunkt für die kommenden Haushaltsverhandlungen.

Sie haben, meine sehr verehrten Damen und Herren der PTB, durch Ihre Arbeit die besten Voraussetzungen für den Start in ein neues erfolgreiches Jahrzehnt geschaffen.

Ich verspreche Ihnen, daß ich mich dafür einsetzen werde, Ihnen hier in Braunschweig und in Berlin weiterhin gute Arbeitsmöglichkeiten zu bieten.

Anweisung für öffentlich bestellte Wäger (Wägeanweisung)

vom 20. September 1989

Die Vorschriften der §§ 20 bis 26 des Eichgesetzes (EichG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Februar 1985 (BGBl. I, S. 410) und der §§ 64 bis 71 der Eichordnung (EO) vom 12. August 1988 (BGBl. I, S. 1657) regeln die sachgemäße Bedienung von Waagen in einem bestimmten Verwendungsbereich, d.h. bei der Vornahme öffentlicher Wägungen. Die nachstehende Wägeanweisung, die sich auf die Vorschriften des Eichgesetzes und der Eichordnung stützt, wurde von dem für das Meß- und Eichwesen zuständigen Bund-Länderausschuß „Gesetzliches Meßwesen“ am 20. September 1989 beschlossen. Diese Wägeanweisung ist bei öffentlichen Wägungen zu beachten. Sie ersetzt die Wägeanweisung vom 1. Juli 1970, veröffentlicht in den PTB-Mitteilungen 80 (1970) S. 281–282.

1 Die öffentliche Waage

- 1.1 Auf einer öffentlichen Waage werden öffentliche Wägungen durchgeführt, d.h. es wird Wägegut Dritter für jedermann gewogen.
- 1.2 Beim Wägen von Wägegut des Wägers oder des Inhabers der öffentlichen Waage oder eines ihrer Angehörigen wird die Waage als nichtöffentliche Waage verwendet.
- 1.3 Die öffentliche Waage und die im Einzelfall erforderlichen Gewichtstücke müssen geeicht sein. Die Gültigkeit der Eichung beträgt für

Waagen mit einer Höchstlast von weniger als 3000 kg	2 Jahre,
Waagen (nichtselbsttätige Waagen) mit einer Höchstlast von 3000 kg oder mehr	3 Jahre,
Gewichtstücke	4 Jahre.

 Die Gültigkeit der Eichung erlischt vorzeitig, wenn
 - die Waage nach der Eichung die Verkehrsfehlergrenzen nicht einhält,
 - ein Eingriff vorgenommen wird, der Einfluß auf die meßtechnischen Eigenschaften der Waage haben kann oder ihren Verwendungsbereich erweitert oder beschränkt,
 - die vorgeschriebene Bezeichnung der Waage geändert oder eine unzulässige Bezeichnung, Aufschrift, Meßgröße oder Einteilung angebracht wird,
 - der Hauptstempel oder ein Sicherungsstempel unkenntlich, entwertet oder entfernt ist oder
 - die Waage mit einer Zusatzeinrichtung verbunden wird, deren Anfügung nicht zulässig ist.
- 1.4 Die öffentliche Waage und ihre Zusatzeinrichtungen müssen in ordnungsgemäßem Zustand bereitgehalten werden, so daß eine zuverlässige Bedienung der Waage möglich ist und richtige Wägeergebnisse gewährleistet sind.
- 1.5 Die öffentliche Waage ist nach Beschädigungen oder bei technischen Mängeln umgehend durch einen Waagenfachmann instandsetzen zu lassen. Gegebenenfalls ist eine erneute Eichung erforderlich.

- 1.6 An der öffentlichen Waage muß außen ein Schild mit der deutlich lesbaren Aufschrift:
 „Öffentliche Waage
 Wägebereich von kg bis kg“
 angebracht sein.
 Dem Wort „Waage“ können Hinweise auf die Art der Waage, ihren Verwendungszweck oder ihren Inhaber beigefügt sein (z.B. „öffentliche Fahrzeugwaage“, „öffentliche Gemeindewaage“).
- 1.7 Waagen, auf denen achsweises Wägen unzulässig ist, müssen mit einem Schild „Achsweises Wägen nicht zulässig“ gekennzeichnet sein.
- 1.8 Namen und Namenszug der an der Waage tätigen öffentlich bestellten Wäger sind für den Auftraggeber deutlich lesbar auszuhängen.

2 Der öffentlich bestellte Wäger

- 2.1 Der öffentlich bestellte Wäger ist durch Eid oder Gelöbniß auf die gewissenhafte Ausübung seiner Tätigkeit durch die Eichbehörde verpflichtet. Er nimmt öffentliche Wägungen vor. Seine Wägeergebnisse und ihre Beurkundung haben besondere Glaubwürdigkeit.
- 2.2 Er muß seine Tätigkeit unparteiisch ausüben. Zur Wahrung der Unparteilichkeit darf er Wägeergebnisse nicht beurkunden, an denen er oder seine Angehörigen, der Inhaber der Waage oder dessen Angehörige ein unmittelbares Interesse haben. Es darf dabei den ihm als öffentlich bestellten Wäger zugewiesenen Stempel nicht verwenden.
- 2.3 Er hat seine Tätigkeit gewissenhaft auszuüben und dabei insbesondere § 24 des Eichgesetzes, §§ 69 bis 71 der Eichordnung und diese Wägeanweisung zu beachten.
- 2.4 Er hat bei Zweifeln an der Richtigkeit der Waage Wägungen abzulehnen.

3 Die öffentliche Wägung

- 3.1 Vor Beginn der Wägung ist zu beachten, daß
 - die Nullstellung bei unbelasteter Waagenbrücke kontrolliert und, wenn erforderlich, mit der Nullstelleinrichtung richtig eingestellt wird,
 - die Anzeige-, Ablese- und Einstelleinrichtungen sowie die Brücke der Waage hinreichend beleuchtet sind,
 die Umgebung der Waage sowie An- und Abfahrten sauber und frei von hindernden und gefährdenden Gegenständen sind,
 - die zu wägende Last möglichst stoßfrei auf die Waagenbrücke aufgebracht wird,
 - das Befahren der Brücke mit geringer Geschwindigkeit ohne Abbremsen erfolgt.

- 3.2 Bei der Durchführung der Wägung ist zu beachten, daß
- das Wägegut sich vollständig auf der Waagenbrücke befindet und sein Schwerpunkt möglichst über der Brückenmitte liegt,
 - Anhänger oder Motorfahrzeuge, die nicht auf der Brücke stehen, abgekuppelt sind (Ausnahmen s. Nr. 3.8),
 - auf der Waagenbrücke sich nur die zum Wägegut gehörenden Gegenstände befinden,
 - Fahrer und Beifahrer das zu wägende Fahrzeug verlassen,
 - sich auf oder unmittelbar an der Waagenbrücke keine Personen aufhalten,
 - der Motor eines auf der Brücke stehenden Fahrzeugs abgestellt ist,
 - lebende Tiere ruhig auf der Waage stehen,
 - die Wägeunterlagen in einwandfreiem Zustand sind,
 - Ablesung und Abdruck des Wägeergebnisses erst erfolgen, wenn die Anzeige der Waage endgültig eingespielt hat und ruhig steht.
- 3.3 Jede Wägung ist mit der an der Waage möglichen Genauigkeit vorzunehmen. Auflagen und Bedienungsanweisungen sind zu beachten
- 3.4 Wägungen dürfen nur bis zur angegebenen Höchstlast (Max) der Waage erfolgen. Die Tragfähigkeit (höchste Belastbarkeit, LIM) der Waage darf auch beim Überfahren der Brücke nicht überschritten werden.
- 3.5 Wägungen unterhalb der Mindestlast (Min) der Waage sind unzulässig.
- 3.6 Bei der Ermittlung eines Nettoergebnisses aus Tara- und Bruttowägung ist darauf zu achten, daß beide Wägungen unter gleichen Bedingungen erfolgen.
- 3.7 Bei Brutto- und Tarawägung zur Bestimmung der Nettolast muß die Nettolast größer oder gleich der Mindestlast der Waage sein.
- 3.8 Erfolgt in besonderen Fällen nichtabgekuppeltes Wägen, so ist darauf zu achten, daß die Fahrzeuge ungebremst auf der Waagenbrücke stehen und die Anhängerstange oder -kupplung in ihrer Halterung nicht klemmt. Das Wägeergebnis kann sonst durch Druck oder Zug verfälscht werden. In den Wägeunterlagen ist die Angabe: „Nicht abgekuppelt gewogen“ zu vermerken.
- 3.9 Das Gesamtgewicht von Fahrzeugen darf nur aus zwingenden Gründen durch achsweises Wägen in zwei Teilwägungen erfolgen. Hierbei muß das Fahrzeug ungebremst sein. In den Wägeunterlagen sind die ermittelten Achslasten anzugeben und die Angabe „Achsweise gewogen“ zu vermerken.
- 3.10 Auf Straßenfahrzeugwaagen, bei denen die Beruhigungsstrecken vor und hinter der Waagenbrücke nicht mit dieser auf gleicher Höhe liegen und nicht gerade und waagerecht ausgeführt sind, ist achsweises Wägen unzulässig.
- 3.11 Auf Straßenfahrzeugwaagen ist achsweises Wägen unzulässig, wenn das Wägegut flüssig ist.
- 3.12 Nach Abschluß der Wägung ist die Waage, soweit eine entsprechende Einrichtung vorhanden ist, wieder festzustellen.
- #### 4 Wägeunterlagen
- 4.1 Bei öffentlichen Wägungen müssen die Wägeunterlagen außer dem Wägeergebnis folgende Angaben enthalten: Ort, Datum, Auftraggeber, Wägegut, Unterschrift des Wägers und Wägestempel.
- 4.2 Der Wäger hat darauf hinzuwirken, daß die Wägeunterlagen über die von ihm beurkundeten öffentlichen Wägungen für die Dauer von mindestens zwei Jahren sachgemäß aufbewahrt werden und jederzeit nachgewiesen werden können.
- #### 5 Stempel
- 5.1 Der Wäger hat dafür zu sorgen, daß Unbefugte den ihm zugeteilten Stempel nicht verwenden können.
- 5.2 Nach Beendigung seiner Tätigkeit an der öffentlichen Waage hat der Wäger seinen Stempel unverzüglich ohne Aufforderung bei der zuständigen Eichbehörde abzuliefern.
- 5.3 Der Verlust des Stempels ist unverzüglich der zuständigen Eichbehörde anzuzeigen.
- #### 6 Pflege der Waage
- 6.1 Waagenbrücke und Spalt zwischen Brücke und Rahmen müssen von Wägegutrückständen und Fremdteilen frei sein.
- 6.2 Bei Laufgewichtswaagen müssen Balken, Kerben und Laufgewichte sauber und rostfrei sein. Zur Reinigung dürfen keine schmirgelnden oder scharfkantigen Mittel verwendet werden.
- 6.3 Schreiben vor Skalen müssen sauber sein.
- 6.4 Waagengrube und Zugänge müssen sauber, trocken und frei von Fremdteilen sein.
- 6.5 Blanke Teile der Waage sowie Hebelwerk, Gestell und Brückenträger sind zuverlässig gegen Rost zu schützen.
- #### 7 Gesetzliche Grundlagen
- 7.1 Gesetz über das Meß- und Eichwesen (Eichgesetz) in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Februar 1985 (BGBl. I S. 410).
- 7.2 Eichordnung vom 12. August 1988 (BGBl. I S. 1657).
- 7.3 Zuwiderhandlungen gegen die gesetzlichen Vorschriften sind ordnungswidrig und können mit Bußgeld geahndet werden.

Verzeichnis der Vorschriften und anerkannten Regeln der Technik nach der Eichordnung

Stand: März 1990

Vorbemerkung

Die Bauart eichpflichtiger Meßgeräte muß den Anforderungen der Eichordnung (EO) vom 12. August 1988 und den anerkannten Regeln der Technik entsprechen. Anerkannte Regeln der Technik im Sinne der EO sind insbesondere die PTB-Anforderungen (PTB-A), die von der PTB im Konsens mit den Eichbehörden, Herstellern und Anwendern erarbeitet und von der Vollversammlung für das Eichwesen verabschiedet werden.

Die nachstehende Zusammenstellung ist nach Meßgerätearten entsprechend den Anlagen der EO geordnet. Sämtliche in den Anlagen zur EO und in den PTB-Anforderungen zitierten Vorschriften, Normen, Richtlinien und dgl. sind aufgeführt. Ein Abschnitt mit allgemeinen Vorschriften ist vorangestellt.

Diese Zusammenstellung ist die aktualisierte Fassung des in den PTB-Mitt. 99 (1989) S. 123-129 abgedruckten Verzeichnisses.

Bezugsquellen

Eichordnung	Deutscher Eichverlag
PTB-Anforderungen	Postfach 2903
EWG-Richtlinien	3300 Braunschweig
PTB-Prüfregeln	Physikalisch-Technische
Technische Richtlinien	Bundesanstalt
der PTB	Postfach 3345
	3300 Braunschweig

I Allgemeine Vorschriften

1 Einheiten

1. Gesetz über Einheiten im Meßwesen
Neufassung vom 22.2.1985 (BGBl. I S. 408)
2. Ausführungsverordnung zum Gesetz über Einheiten
im Meßwesen vom 13.12.1985 (BGBl. I S. 2272)
3. DIN 1301 Teil 1
Einheiten, Einheitenamen, Einheitenzeichen (12/85)
4. DIN 66030
Informationsverarbeitung; Darstellung von
Einheitenamen in Systemen mit beschränktem
Schriftzeichenvorrat (11/80)

2 Meß- und Eichwesen

1. Gesetz über das Meß- und Eichwesen (Eichgesetz)
Neufassung vom 22.2.1985 (BGBl. I S. 410)
2. Änderung des Eichgesetzes
vom 26.11.1986 (BGBl. I S. 2089)
3. Eichordnung vom 12.8.1988 (BGBl. I S. 1657)
4. Richtlinie für die Prüfung und Überwachung nach dem
Eichgesetz und nach der Eichordnung (Eichanweisung
- Allgemeine Vorschriften -) vom 11. Januar 1989
BAnz. Nr. 28a - Beilage vom 9. Februar 1989

5. Richtlinien der Bundesärztekammer zur Qualitäts-
sicherung in medizinischen Laboratorien vom
16. Januar und 16. Oktober 1987
(Deutsches Ärzteblatt 85, 1988 S.A-699)
6. DIN 1319 Grundbegriffe der Meßtechnik
Teil 1: Allgemeine Begriffe (6/85)
Teil 2: Begriffe für die Anwendung von Meß-
geräten (1/80)
Teil 3: Begriffe für die Meßunsicherheit und für
die Beurteilung von Meßgeräten und Meßein-
richtungen (8/83)
7. PTB-Prüfregeln
Band 17 Störfestigkeit (1985)
8. EWG-Richtlinie
Gemeinsame Vorschriften über Meßgeräte sowie über
Meß- und Prüfverfahren (71/316 EWG) aktuelle
Fassung in:
PTB-Mitt. 95 1/85 S. 23 und PTB-Mitt. 98 3/88 S. 222
9. Wägeanweisung
Anweisung für öffentlich bestellte Wäger
vom 20. September 1989 (PTB-Mitt.2/90)
10. Überwachungs-Richtlinie
Überwachung programmierbarer Zusatzeinrichtungen
(Üwa-Ri-Ze) (12/89)
11. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 50.1 Schnittstellen an Meßgeräten und
Zusatzeinrichtungen (12/89)
12. Merkblatt für Anträge auf Bauartzulassung von
Meßgeräten (6/89)

3 Kostenrecht

1. Verwaltungskostengesetz
vom 23.6.1970 (BGBl. I S. 821)
geändert durch Artikel 41 des Einführungsgesetzes zur
Abgabenverordnung vom 14.12.1976 (BGBl. I S. 3341)
2. Zulassungskostenverordnung
vom 23.2.1973 (BGBl. I S. 111)
zuletzt geändert durch
Fünfte Änderung der Zulassungskostenverordnung
vom 29.11.1988 (BGBl. I S. 2164)
3. Eich- und Beglaubigungskostenverordnung
vom 21.4.1982 (BGBl. I S. 428)
zuletzt geändert durch
Dritte Änderung der Eich- und Beglaubigungskosten-
verordnung vom 9.1.1989 (BGBl. I S. 61)

II Meßgerätearten

1 Längenmeßgeräte

1. Anlage 1 zur Eichordnung (EO 1)
EO 1-1 Verkörperte Längenmaße
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen

- EO 1-2 Besondere Längenmeßgeräte
- EO-1-3 Längenmeßmaschinen
- 2. EWG-Richtlinien
 - Verkörpernte Längenmaße (73/362/EWG)
 - mit der 1. Anpassung durch Richtl. (78/629/EWG)
 - mit der 2. Anpassung durch Richtl. (85/146/EWG)
 - (Zusammenfassung in PTB-Mitteilungen 96 3/86)
- 3. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 1.1 Verkörpernte Längenmaße (7/88)
 - PTB-A 1.3 Längenmeßmaschinen (4/88)
- 4. PTB-Prüfregeln
 - Band 1 Meßmaschinen für Längen- und Flächenmessung (1980)
- 2 Flächenmeßgeräte**
 - 1. Anlage 2 zur Eichordnung (EO 2)
 - EO 2-1 Flächenmeßwerkzeuge
 - EO 2-2 Flächenmeßmaschinen
 - 2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 2.2 Flächenmeßmaschinen (4/88)
 - 3. PTB-Prüfregeln
 - Band 1 Meßmaschinen für Längen- und Flächenmessung (1980)
- 3 Volumenmeßgeräte für nichtflüssige Meßgüter**
 - 1. Anlage 3 zur Eichordnung (EO 3)
 - EO 3 Volumenmeßgeräte für nichtflüssige Meßgüter
 - 2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 3 Volumenmeßgeräte für nichtflüssige Meßgüter (4/88)
- 4 Volumenmeßgeräte für Flüssigkeiten in ruhendem Zustand**
 - 1. Anlage 4 zur Eichordnung (EO 4)
 - EO 4-1 Flüssigkeitsmaße, Meßwerkzeuge und deren Zusatzeinrichtungen
 - EO 4-2 Lagerbehälter und deren Meßgeräte, Maisch- und Gärbottiche
 - EO 4-3 Transport-Meßbehälter
 - EO 4-4 Fässer
 - 2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 4.1 Flüssigkeitsmaße, Meßwerkzeuge und deren Zusatzeinrichtungen (2/89)
 - PTB-A 4.2 Lagerbehälter und deren Meßgeräte, Maisch- und Gärbottiche
 - PTB-A 4.3 Transport-Meßbehälter
 - PTB-A 4.4 Fässer
 - 3. PTB-Prüfregeln
 - Band 10 Lagerbehälter in Form stehender Zylinder (1974)
 - Teil 2: Ergänzung (1982)
 - Band 13 Lagerbehälter in Form liegender Zylinder (1977)
- 5 Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser**
 - 1. Anlage 5 zur Eichordnung (EO 5)
 - Teil 1: EWG-Anforderungen
 - Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
 - 2. EWG-Richtlinien
 - Meßanlagen für Flüssigkeiten außer Wasser (77/313/EWG)
- mit der 1. Änderung (82/625/EWG)
- Zähler für Flüssigkeiten außer Wasser (71/319/EWG)
- Zusatzeinrichtungen zu Zählern für Flüssigkeiten außer Wasser (71/348/EWG)
- 3. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 5 Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser (2/89)
- 4. Richtlinien für die Eichung
 - Richtlinien für die Eichung von Meßgeräten für strömende Flüssigkeiten außer Wasser vom 27. Dezember 1989 (im Druck)
- 6 Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser**
 - 1. Anlage 6 zur Eichordnung (EO 6)
 - EO 6-1 Volumenmeßgeräte für Kaltwasser
 - Teil 1: EWG-Anforderungen
 - Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
 - EO 6-2 Volumenmeßgeräte für Warmwasser
 - Teil 1: EWG-Anforderungen
 - Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
 - 2. EWG-Richtlinien
 - Kaltwasserzähler (75/33/EWG)
 - Warmwasserzähler (79/830/EWG)
 - 3. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
 - PTB-A 6.1 Volumenmeßgeräte für Kaltwasser
 - PTB-A 6.2 Volumenmeßgeräte für Warmwasser
 - 4. Technische Richtlinien
 - W2/K2 Magnetisch-induktive Volumendurchflußmeßgeräte als Gebrauchsnormale für die Prüfung von Meßgeräten für die Volumenmessung von strömendem Wasser (9/84)
 - W19 Befundprüfung durch staatlich anerkannte Prüfstellen (2/84)
 - W20 Prüfungen an gebrauchten Hauswasserzählern (1/82)
 - 5. Richtlinien für die Eichung
 - Richtlinien für die Eichung von Meßgeräten für die Volumenmessung von strömendem Wasser vom 27. Juli 1982 (Beilage Bundesanzeiger Nr. 145 vom 10. August 1982)
- 7 Meßgeräte für Gas**
 - 1. Anlage 7 zur Eichordnung (EO 7)
 - EO 7-1 Volumengaszähler
 - Teil 1: EWG-Anforderungen
 - Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
 - EO 7-2 Wirkdruckgaszähler
 - EO 7-3 Zusatzeinrichtungen
 - EO 7-4 Mengenumwerter
 - EO 7-5 Gas-Druckregelgeräte
 - EO 7-6 Brennwertmeßgeräte
 - 2. EWG-Richtlinien
 - Volumengaszähler (71/318/EWG)
 - mit der 1. Änderung (74/331 EWG)
 - mit der 2. Änderung (78/365/EWG)
 - mit der 3. Änderung (82/623/EWG)
 - Zusammenfassung aus PTB-Mitteilungen 95 6/85
 - 3. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
 - PTB-A 7.1 Volumengaszähler
 - PTB-A 7.2 Wirkdruckgaszähler
 - PTB-A 7.3 Zusatzeinrichtungen
 - PTB-A 7.4 Mengenumwerter
 - PTB-A 7.61 Brennwertmeßgeräte

4. Normen

- DIN 1952 Durchflußmessung mit Blenden, Düsen und Venturirohren in voll durchströmten Rohren mit Kreisquerschnitt (7/82)
- DIN 3374 Gaszähler; Gaszähler mit verformbaren Trennwänden; Balgengaszähler (7/85)
- DIN 3376 Gaszählerverschraubungen; Teil 2 Einstutzenanschluß (10/81)
- DIN 5499 Brennwert und Heizwert; Begriffe (1/72)
- DIN 33800 Turbinenradgaszähler (7/86)
- DIN 51850 Brennwerte und Heizwerte gasförmiger Brennstoffe (4/80)
- DIN 51858 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Berechnung des Brennwertes, Heizwertes und der relativen Dichte von Gasgemischen (11/82)

5. DVGW-Arbeitsblätter

- G 260/I Gasbeschaffenheit (4/83)
- G 492/II Anlagen für die Gasmengenmessung mit einem Betriebsdruck über 4 bar bis 100 bar (12/88)
- G 495 Gas-Druckregelanlagen und Anlagen für die Groß-Gasmessung; Überwachung und Wartung (7/80)
- G 685 Durchführung der thermischen Abrechnung von Gas Mitteilung des DVGW zum Arbeitsblatt G 685 (gwf 2/88 S. 108) (2/88)
Zweites Beiblatt (8/89)

6. PTB-Prüfregeln

- Band 4 Volumengaszähler (1982)
- Band 14 Zustands-Mengenwörter (1979)

7. Technische Richtlinien der PTB

- G 7 Eichung bzw. Beglaubigung von Gaszählern mit Hochdruckgas (7/81)
- G 8 Gas-Druckregelgeräte für die thermische Abrechnung von Gas (2/84)
- G 9 Berechnung von Realgasfaktoren und Kompressibilitätszahlen von Erdgas Nachtrag zur TR-G 9 (8/82)
(11/84)
- G 19 Befundprüfung durch staatlich anerkannte Prüfstellen (2/84)
- G 20 Prüfungen an gebrauchten Haushalts-Gaszählern (Balgengaszählern) (7/79)
- G 21 Stichprobenprüfungen an gebrauchten Balgengaszählern ab Baujahr 1981 (12/85)

8 Gewichtstücke

1. Anlage 8 zur Eichordnung (EO 8)
EO 8 Gewichtstücke
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
2. EWG-Richtlinien
Blockgewichte der mittleren Fehlergrenzenklasse von 5 bis 50 kg und zylindrische Gewichtstücke der mittleren Fehlergrenzenklasse von 1 g bis 10 kg (71/317/EWG)
Wägestücke von 1 mg bis 50 kg von höheren Genauigkeitsklassen als der mittleren Genauigkeit (74/148/EWG)
3. Normen
DIN 1924 Teil 1, Handelsgewichte, (10/82)
DIN 1924 Teil 3, Karatgewichte, (10/82)

9 Nichtselbsttätige Waagen

1. Anlage 9 zur Eichordnung (EO 9)
EO 9 Nichtselbsttätige Waagen
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
2. EWG-Richtlinien
Nichtselbsttätige Waagen (73/360/EWG)
mit der 1. Änderung (76/696/EWG)
mit der 2. Änderung (82/622/EWG)
als Zusammenfassung in EO abgedruckt
EWG-Verordnung Nr. 2208/87
3. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
PTB-A 9.1 Allgemeine Zulassung
PTB-A 9.2 Bauartzulassung
4. Normen
DIN 8120 Begriffe im Waagenbau (7/81)
Teil 1: Gruppeneinteilung
Teil 2: Benennungen und Definitionen
Teil 3: Meß- und eichtechnische Benennungen
5. PTB-Prüfregeln
Band 5 - Feinwaagen (1970)
6. Richtlinien für die Eichung
Allgemeine Verwaltungsrichtlinien für die Eichung von nichtselbsttätigen Waagen vom 19. Juni 1980 (MinBIFin 1980 S. 386), Neufassung in Vorbereitung
Grundsatz-Gutachten zur Verwägung von Straßenfahrzeugen (PTB-Mitt. 5/84 S. 344)

10 Selbsttätige Waagen

1. Anlage 10 zur Eichordnung (EO 10)
EO 10-1 Selbsttätige Waagen zum Abwägen (SWA)
EO 10-2 Selbsttätige Waagen zum diskontinuierlichen Wägen (SWW)
EO 10-3 Selbsttätige Waagen zum kontinuierlichen Wägen (Förderbandwagen) EWG-Anforderungen
EO 10-4 Selbsttätige Kontrollwaagen und Sortierwaagen
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
EO 10-5 Eiersortiermaschinen
2. EWG-Richtlinien
Selbsttätige Waagen zum kontinuierlichen Wägen (75/410/EWG)
Selbsttätige Kontrollwaagen und Sortierwaagen (78/1031/EWG)
3. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 10.1 Selbsttätige Waagen zum Abwägen (4/88)
PTB-A 10.2 Selbsttätige Waagen zum diskontinuierlichen Wägen (4/88)
PTB-A 10.4 Selbsttätige Kontrollwaagen (11/89)
4. PTB-Prüfregeln
Band 7 Eiersortiermaschinen (1972)

11 Meßgeräte zur Bewertung von Getreide und Ölsaaten

1. Anlage 11 zur Eichordnung (EO 11)
EO 11-1 Getreideprober
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
EO 11-2 Feuchtebestimmer für Getreide und Ölsaaten

- | | | |
|--|---|--|
| 2. EWG-Richtlinien
Schüttdichte von Getreide (71/347/EWG)
Gewichtstücke (74/148/EWG) - s. EO 8 -
Nichtselbsttätige Waagen (73/360/EWG) - s. EO 9 - | DIN 12695 | Laborgeräte aus Glas; Meßpipetten für teilweisen Ablauf Klasse A und Klasse B, Ausgabe 04.75, |
| 3. OIML-Empfehlungen
IR - Nr. 59 Feuchtebestimmer für Getreide und Ölsaaten
Sonderdruck der PTB-Mitteilungen 95 Heft 2/85 S. 116 | DIN 12696 | Laborgeräte aus Glas; Meßpipetten für völligen Ablauf Klasse A und Klasse B, Ausgabe 04.75, |
| 4. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 11.1 Getreideprober (4/88) | DIN 12697 | Laborgeräte aus Glas; Meßpipetten, schnellablaufend, Wartezeit 15 Sekunden, Klasse AS, Ausgabe 04.75 oder |
| 5. Amtliche Tafeln
Ermittlung der Schüttdichte - Vierte Auflage (1967) - | DIN 12699 | Laborgeräte aus Glas; Enzymtest-Meßpipetten, schnellablaufend, Wartezeit 15 Sekunden, Klasse AS, Ausgabe 04.75 |
| 6. PTB-Prüfregeln
Band 18 Getreidefeuchte (1988) | | |
| 12 Volumenmeßgeräte für Laboratoriumszwecke | | |
| 1. Anlage 12 zur Eichordnung (EO 12)
EO 12 Volumenmeßgeräte für Laboratoriumszwecke | | |
| 2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 12 Volumenmeßgeräte für Laboratoriumszwecke (12/89) | | |
| 3. Normen | | |
| 3.1 Meßkolben | | |
| DIN 12664 Teil 1 Laborgeräte aus Glas; Enghalsmeßkolben Ausgabe 08.83
oder | | |
| DIN 12664 Teil 2 Laborgeräte aus Glas; Weithalsmeßkolben Ausgabe 01.81 | | |
| 3.2 Meßzylinder für ein Volumen (sinngemäß):
DIN 12680 Teil 2 Laborgeräte aus Glas; Meßzylinder mit Hauptpunkte-Ringteilung, Ausgabe 04.83 | | |
| 3.3 Meßzylinder mit einer Skale:
DIN 12680 Teil 2 Laborgeräte aus Glas; Meßzylinder mit Hauptpunkte-Ringteilung, Ausgabe 04.83
DIN 12685 Teil 2 Laborgeräte aus Glas; Mischzylinder mit Hauptpunkte-Ringteilung, Ausgabe 04.83 | | |
| 3.4 Büretten für Flüssigkeiten
DIN 12700 Teil 1 Laborgeräte aus Glas; Büretten, Allgemeine Bestimmungen, Ausgabe 03.75 | 3.7 Büretten für Gase:
DIN 12702 | Laborgeräte aus Glas; Gasvolumetrische Meßgeräte; Gasbüretten, Azotometer, Eudiometer, Nitrometer, Ausgabe 10.78 |
| 3.5 Pipetten mit einzelnen Marken (Vollpipetten):
DIN 12687 Laborgeräte aus Glas; Vollpipetten auf Einguß mit einer Marke, Ausgabe 11.76
DIN 12688 Laborgeräte aus Glas; Vollpipetten auf Einguß mit zwei Marken, Ausgabe 11.76
DIN 12690 Laborgeräte aus Glas; Vollpipetten mit einer Marke Klasse A und Klasse B, Ausgabe 04.75 oder
DIN 12691 Laborgeräte aus Glas; Vollpipetten mit einer Marke, schnellablaufend, Wartezeit 15 Sekunden, Klasse AS, Ausgabe 04.75
DIN ISO 7550 Laborgeräte aus Glas; Einmal-Kapillarpipetten auf Einguß; Ausgabe E 01.90 | 3.8 Meßröhren für Gase
DIN 12702 | Laborgeräte aus Glas; Gasvolumetrische Meßgeräte; Gasbüretten, Azotometer, Eudiometer, Nitrometer, Ausgabe 10.78 |
| | 3.9 Mikroazotometer:
DIN 12702 | Laborgeräte aus Glas; Gasvolumetrische Meßgeräte; Gasbüretten, Azotometer, Eudiometer, Nitrometer, Ausgabe 10.78 |
| | 3.10 Kolbenbüretten:
DIN 12650 Teil 5 | Mechanische, physikalische und elektrische Laborgeräte; Volumenmeßgeräte mit Hubkolben; Kolbenbüretten, Ausgabe 01.81 |
| | 3.11 Kolbenhubpipetten:
DIN 12650 Teil 2 | Mechanische, physikalische und elektrische Laborgeräte; Volumenmeßgeräte mit Hubkolben; Kolbenhubpipetten, Ausgabe 10.81 |
| | 3.12 Dispenser
DIN 12650 Teil 3 | Mechanische, physikalische und elektrische Laborgeräte; Volumenmeßgeräte mit Hubkolben; Dispenser, Ausgabe 10.81 |
| | 3.13 Dilutoren:
DIN 12650 Teil 4 | Mechanische, physikalische und elektrische Laborgeräte; Volumenmeßgeräte mit Hubkolben; Dilutoren, Ausgabe 01.81 |
| | 3.14 Konformitätsprüfung
DIN 12600 | Volumenmeßgeräte für Laboratoriumszwecke; Konformitätsprüfung und Konformitätsbescheinigung, Ausgabe 04.90 |
| 3.6 Pipetten mit einer Skale (Meßpipetten):
DIN 12689 Laborgeräte aus Glas; Meßpipetten auf Einguß, Ausgabe 11.76, | | |
| | 13 Dichte- und Gehaltsmeßgeräte | |
| | 1. Anlage 13 zur Eichordnung (EO 13) | |
| | EO 13-1 Aräometer
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen | |
| | EO 13-2 Pyknometer | |
| | EO 13-3 Hydrostatische Waagen | |
| | EO 13-4 Tauchkörper | |
| | EO 13-5 Refraktometer | |

2. EWG-Richtlinien
Alkoholometer und Dichtearäometer
für Alkohol (76/765/EWG)
mit der Änderung (82/642/EWG)
Alkoholtafeln (76/766/EWG)
3. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 13.5 Refraktometer (4/88)

14 Temperaturmeßgeräte

1. Anlage 14 zur Eichordnung (EO 14)
EO 14-1 Flüssigkeits-Glasthermometer
EO 14-2 Thermolemente
EO 14-3 Zeigerthermometer
EO 14-4 Tragbare Elektrothermometer
EO 14-5 Kühlthermometer
2. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
PTB-A 14.1 Flüssigkeits-Glasthermometer
PTB-A 14.2 Thermolemente
PTB-A 14.3 Zeigerthermometer
PTB-A 14.5 Kühlthermometer
3. PTB-Prüfregeln
Band 2 Flüssigkeits-Glasthermometer (1967)
4. Normen
DIN 12770 Flüssigkeits-Glasthermometer (8/82)
DIN 12789 Beckmannthermometer (1/72)
DIN IEC 584 Teil 1 Grundwerte der Thermo-
spannungen (1/84)
E-DIN IEC 584 Teil 4 Thermopaare, Kennzeich-
nungssystem für Thermoleitungen
und Ausgleichsleitungen mit
Ausnahme von mineralisierten
Leitungen (7/87)
E-DIN IEC 65 B(CO)76 Mantelthermoelement-
leitungen und Mantelthermo-
elemente mit unedlen Thermo-
paaren (1/90)
DIN IEC 65 B (CO) 60 Grundwerte Thermo-
elemente (7/87)
DIN 43721 Mantel-Thermolemente (12/80)
DIN 16203 Zeigerthermometer; Feder- und
Bimetallthermometer, Anfor-
derungen und Prüfung (2/88)
DIN 16204 Bimetallthermometer,
Maße und Anzeigebereiche (2/88)
DIN 16205 Flüssigkeits-Federthermometer
Maße und Anzeigebereiche (2/88)
DIN 16206 Gasdruck-Federthermometer
Maße und Anzeigebereiche (2/88)
E-DIN 43790 Gestaltung von Strichskalen und
Zeigern (3/87)
DIN 8966 Bestimmung der Lufttemperatur in
Verkaufskühlmöbeln und gewerb-
lichen Lagerkühlmöbeln (3/83)

15 Medizinische Meßgeräte

1. Anlage 15 zur Eichordnung (EO 15)
EO 15-1 Medizinische Thermometer
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
EO 15-2 Absorptionsphotometer
EO 15-3 Medizinische Spritzen
EO 15-4 Nichtinvasive Blutdruckmeßgeräte
EO 15-5 Blutsenkungsrohre
EO 15-6 Blutmischpipetten

- EO 15-7 Zellenzählkammern
EO 15-8 Augentonometer
EO 15-9 Ophthalmodynamometer
EO 15-10 Therapedosimeter
EO 15-11 Audiometer für psychoakustische
Hörprüfungen
EO 15-12 Tretkurbelergometer
2. EWG-Richtlinien
Medizinische Quecksilber-Glasthermometer mit
Maximumvorrichtung (84/414/EWG)
3. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 15.1 Medizinische Elektro-
thermometer (4/88)
1. Ergänzung (12/89)
PTB-A 15.2 Absorptionsphotometer (8/88)
PTB-A 15.4 Nichtinvasive Blutdruckmeß-
geräte (4/88)
PTB-A 15.7 Zellenzählkammern (4/88)
PTB-A 15.8 Augentonometer (4/88)
PTB-A 15.9 Ophthalmodynamometer (4/88)
PTB-A 15.10 Therapedosimeter (4/88)
PTB-A 15.11 Reintonaudiometer (7/88)
PTB-A 15.112 Sprachaudiometer (7/88)
PTB-A 15.12 Tretkurbelergometer (7/88)
4. PTB-Prüfregeln
Band 16 Therapedosimeter mit Ionisations-
kammern für Photonenstrahlungen
mit Energien unterhalb 3 MeV (1984)
5. Normen
5.1 Medizinische Thermometer
DIN 40046 Teil 8 Klimatische und mechanische
Prüfungen (7/70)
DIN IEC Teil 1 Grundlegende Umweltprüfver-
fahren (5/85)
– Allgemeines und Leitfaden –
Teil 2-3 – Prüfungen –
Teil 2-14 – Prüfungen – (12/86)
- 5.2 Absorptionsphotometer
DIN 5030 Teil 3, Teil 5 Spektrale Strahl-
messung (12/84) (12/87)
DIN 58960 Teil 2 Photometer für analytische
Untersuchungen (9/77)
DIN 58963 Teil 1, Teil 2 Küvetten für photo-
metrische Messungen,
Begriffe (3/83) (11/83)
ASTM E 387-84 European Committee for
Clinical Laboratory Standards
in ECCLS-Document
VOL 3, No 2 (1986)
- 5.3 Medizinische Spritzen
DIN 13098 Teil 1 Einmalspritzen aus Kunst-
stoffen für medizinische
Zwecke; Einmalspritzen für
allgemeine Verwendung (12/87)
DIN 13098 Teil 2 Einmalspritzen aus Kunst-
stoffen für medizinische
Zwecke; Einmalspritzen für
Druckinfusionsapparate (11/88)
DIN-13098 Teil 3 Einmalspritzen aus Kunst-
stoffen für medizinische
Zwecke; Insulin-Einmal-
spritzen (7/89)
E-DIN 13150 Medizinische Spritzen; An-
forderungen an die Meß-

sicherheit, Konformitätsprüfung und Konformitätsbescheinigung (12/89)

ISO 595 Part 1 Reusable all-glas or metal-and-glas syringes for medical use; Dimensions (1986)

ISO 595 Part 2 Reusable all-glas or metall-and-glas syringes for medical use; Design, performance, requirements and tests (1987)

DIN 58935 Teil 1 Bestimmung der Erythrozyten-Sedimentation (ESR) im Blut (10/82)

DIN 12845 Laborgeräte aus Glas, Westergren-Rohre für die Erythrozyten-Senkungs-Reaktion (4/72)

5.4 Zellenzählkammern
DIN 12111 Prüfung von Glas (5/76)

5.5 Therapedosimeter
DIN 6814 Teil 2, Teil 3 Begriffe und Benennungen in der radiologischen Technik (1/80) (12/85)

DIN 6817 Dosimeter mit Ionisationskammern (10/84)

DIN 6800 Teil 2 Dosismessverfahren in der radiologischen Technik (im Druck)

DIN 6809 Teil 4 klinische Dosimetrie (4/87)

5.6 Audiometer
DIN 45620 Audiometer; Begriffe Anforderungen, Prüfung (3/85)

DIN 45621 Wörter für Gehörprüfung mit Sprache (10/73)

DIN 45621 Teil 2: Sprache für Gehörprüfung; Sätze (7/80)

DIN 45624 Sprachaudiometer; Begriffe Anforderungen, Prüfung (4/78)

DIN 45626 Tonträger zum Prüfen des Hörvermögens, besprochen mit Wörtern nach DIN 45621 (Aufnahme 1969) (8/76)

DIN 45626 Teil 2: Tonträger mit Sprache für Gehörprüfung; Tonträger mit Sätzen nach DIN 45621 T2 (Aufnahme 1973), Anforderungen (7/80)

DIN 45627 Audiogramm-Formblatt für Reintonaudiometer (E12/88)

IEC 645 Audiometers (s. DIN 45620) (1979)

ISO 6189 Acoustics – Pure tone air conduction threshold audiometry for hearing conservation purposes (s. E DIN ISO 6189) (1983)

ISO 8253-1 Acoustics – Audiometric test methods Part 1 – Basic pure tone air and bone conduction threshold audiometry (s. E DIN ISO 8253 Teil 1) (1989)

ISO 8798 Acoustics – Reference level for narrow-band masking noise (s. E DIN ISO 8798) (1987)

DIN ISO 389 Akustik; Standard-Bezugspegel für die Kalibrierung von Reinton-Luftleitungs-Audiometern (9/88)

DIN ISO 7566 Akustik; Standard-Bezugspegel für die Kalibrierung von Reinton-Knochenleitungs-Audiometern (11/88)

16 Überdruckmeßgeräte

1. Anlage 16 zur Eichordnung (EO 16)
EO 16 Überdruckmeßgeräte

2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
PTB-A 16 Überdruckmeßgeräte (4/88)

3. Normen
DIN 16255 Überdruckmeßgeräte – Benennungen, Auswahlkriterien, Meßanordnung usw. (1/84)

DIN 16005 Überdruckmeßgeräte – Anforderungen und Prüfung (2/87)

DIN 16123 Anzeigebereiche, Folge der Teilstriiche usw., Kl. 0,2 bis 0,6 (2/87)

DIN 16128 Anzeigebereiche, Folge der Teilstriiche usw., Kl. 1,0 bis 4,0 (2/87)

DIN 16109 Zifferblätter für Überdruckmeßgeräte, Kl. 1,0 bis 4,0 (2/87)

DIN 16117 Zifferblätter für Überdruckmeßgeräte, Kl. 0,2 bis 0,6 (2/87)

DIN 16099 Zeiger für Überdruckmeßgeräte, Kl. 1,0 bis 4,0 (2/87)

DIN 16102 Zeiger für Überdruckmeßgeräte, Klasse 0,6 (12/83)

DIN 16103 Zeiger für Überdruckmeßgeräte, Kl. 0,2 und 0,3 (2/87)

DIN 16257 Nennlagen und Lagezeichen für Meßgeräte (3/87)

E-DIN 43790 Grundregeln für die Gestaltung von Strichskalen und Zeigern (3/87)

4. PTB-Prüfregeln
Band 15 – Flüssigkeitsmanometer (1980)

17 Meßgeräte für milchwirtschaftliche Untersuchungen

1. Anlage 17 zur Eichordnung (EO 17)
EO17 Meßgeräte für milchwirtschaftliche Untersuchungen

2. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
PTB-A 17.1 Butyrometer
PTB-A 17.2 Volumenmeßgeräte zur butyrometrischen Fettbestimmung
PTB-A 17.3 Dichtearäometer für Milch, Magermilch und Buttermilchserum

3. Normen
DIN 12111 Prüfung von Glas – Wasserbeständigkeit, hydrolytische Klassen (5/76)

DIN 52322 Prüfung von Glas – Laugenbeständigkeit – (5/76)

18 Meßgeräte im Straßenverkehr

1. Anlage 18 zur Eichordnung (EO 18)
EO 18-1 Wegstreckenzähler in Kraftfahrzeugen
EO 18-2 Fahrpreisanzeiger
Teil 1: EWG-Anforderungen
Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
EO 18-3 Geschwindigkeitsmeßgeräte in Kraftfahrzeugen
EO 18-4 Fahrtschreiber in Kraftfahrzeugen
EO 18-5 Bremsverzögerungsmeßgeräte
EO 18-6 Wegdrehzahlfeststeller für Kraftfahrzeuge
EO 18-7 bleibt frei

- EO 18-8 Reifendruckmeßgeräte – EWG-Anforderungen
 EO 18-9 bleibt frei
 EO 18-10 CO-Abgasmeßgeräte
 EO 18-11 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte
2. EWG-Richtlinien
 Taxameter (77/95 EWG)
 Luftdruckmeßgeräte für Kraftfahrzeugreifen (86/217/EWG)
 EWG Verordnung Nr. 3821/85
3. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
 PTB-A 18.1 Wegstreckenzähler in Kraftfahrzeugen
 18.2 Fahrpreisanzeiger
 18.3 Geschwindigkeitsmeßgeräte in Kraftfahrzeugen
 18.4 Fahrtschreiber in Kraftfahrzeugen
 18.5 Bremsverzögerungsmeßgeräte
 18.6 Wegdrehzahlfeststeller
 18.10 CO-Abgasmeßgeräte
 18.11 Geschwindigkeitsüberwachungsgeräte
4. Normen
 DIN 51895 Bescheinigung zur Kennzeichnung von Gasen und Gasgemischen in Druckgasbehältern (3/87)
 VDI Richtlinie 3490 Blatt 3 Prüfgase (12/80)
 OIML-IR 91 Measurement of the speed of vehicles by Radar Equipment (1989)
 OIML-ID 11 General Requirements for Electronic Measuring Instruments (1986)
5. Richtlinien
 Richtlinien für die Eichung von Meßgeräten im Straßenverkehr – PTB-MA-1 – (10/85)
6. PTB-Prüfregeln
 Band 19 – Verkehrsradargeräte (im Druck)
- 19 Zeitzähler – Stoppuhren**
1. Anlage 19 zur Eichordnung (EO 19)
 EO 19 Zeitzähler – Stoppuhren
- 20 Meßgeräte für Elektrizität**
1. Anlage 20 zur Eichordnung (EO 20)
 EO 20-1 Elektrizitätszähler
 Teil 1: EWG-Anforderungen
 Teil 2: Innerstaatliche Anforderungen
 EO 20-2 Meßwandler für Elektrizitätszähler
2. EWG-Richtlinien
 Elektrizitätszähler mit der Änderung (79/891/EWG)
 (82/621/EWG)
3. PTB-Anforderungen (PTB-A) (4/88)
 PTB-A 20.1 Elektrizitätszähler
 PTB-A 20.2 Meßwandler für Elektrizitätszähler
4. PTB-Prüfregeln
 Band 6 – Elektrizitätszähler (1982)
 Band 12 – Meßwandler (1977)
5. Normen
 5.1 Elektrizitätszähler
 DIN VDE 0418 Teil 1 Wechselstrom-Wirkverbrauchsähler Klasse 2 für direkten Anschluß (7/82)
 DIN VDE 0418 Teil 12 Wechselstrom-Wirkverbrauchsähler für Meßwandleranschluß, Genauigkeitsklasse 0,5; 1 und 2 (6/88)
- DIN VDE 0418 Teil 1 Wirkverbrauchsähler (weiterhin gültig für direkt angeschlossene Wirkverbrauchsähler der Genauigkeitsklasse 1) (5/68)
 DIN VDE 0418 Teil 2 Blindverbrauchsähler (3/66)
 DIN VDE 0418 Teil 3 Gleichstromzähler (6/65)
 DIN VDE 0418 Teil 4 Maximumwerke (7/67)
 Entwurf IEC/TC 13 Statische Zähler für direkten Anschluß (Alternating Current Static Watthour Meters (Class 1 and 2)
 Publication 687 Statische Zähler für Meßwandleranschluß (Static watthour meters – Metrological specifications for Classes 0.2 S and 0.5S) (1980)
 IEC Report Normspannungen (5/87)
- DIN IEC 30
- 5.2 Meßwandler für Elektrizitätszähler
 DIN VDE 0414, Teil 1 Allgemeine Bestimmungen (12/70)
 DIN VDE 0414, Teil 1a Allgemeine Bestimmungen (2/78)
 DIN VDE 0414, Teil 2 Besondere Bestimmungen für induktive Stromwandler (12/70)
 DIN VDE 0414, Teil 3 Besondere Bestimmungen für induktive Spannungswandler (12/70)
 DIN VDE 0414, Teil 3a Entwurf (2/80)
 DIN VDE 0414, Teil 4 Besondere Bestimmungen für kapazitive Spannungswandler (8/73)
 DIN VDE 0414, Teil 5 Besondere Bestimmungen für zusammengebaute Strom- und Spannungswandler (8/73)
 DIN VDE 0414, Teil 10 Teilentladungsmessungen (5/85)
- 6 Technische Richtlinien
 E 1 Überprüfung der staatlich anerkannten Prüfstellen für Meßgeräte für Elektrizität (9/85)
 E 2 Gebührenberechnung für die Prüfung von Normalgeräten, Hilfsmeßgeräten und Hilfseinrichtungen (2/82)
 E 3 Anträge für die Prüfung von Normalgeräten, Hilfsmeßgeräten und Hilfseinrichtungen durch die PTB (4/79)
 E 7 Netzgleichrichter als Strom- und Spannungsquellen für Bezugnormale (3/90)
 E 8 Vergleichswiderstand für Widerstandsmessungen mit dem kleinen Kompensations-Meßtisch (4/79)
 E 9 Behebung von kleineren Störungen an Normal- und Hilfsmeßgeräten (10/76)
 E 10 Prüfung von Strom-, Spannungs- und Leistungsmessern durch die PTB (4/79)
 E 11 Richtlinien für die meßtechnische Prüfung von Elektrizitätszählern mit Scheinverbrauchsgetriebe (4/79)
 E 12 Präzisions-Zusatzstromwandler für die Meßbereichserweiterung von Zählerprüfeinrichtungen (2/84)
 E 14 Überprüfung von Präzisions-Leistungsmessern mit elektronischem Meßwerk für Wechselstrom (2/84)

- E 15 Überprüfung von statischen Prüfzähnern (3/90)
- E 16 Zulassungszeichen (3/90)
- E 17 Stichprobenprüfung von Elektrizitätszählern zur Verlängerung der Gültigkeitsdauer der Eichung (2/84)
- E 18 Wechselspannungs-Konstanthalteeinrichtungen zur Versorgung von Zählerprüfeinrichtungen (3/90)
- E 19 Befundprüfung durch staatlich anerkannte Prüfstellen (2/84)
- E 21 Elektronische Spannungsnormale für die Verwendung im gesetzlichen Meßwesen (10/86)
- E 22 Spannungsabfall auf den Verbindungsleitungen zwischen Spannungswandler und Meßwandlerzähler (1/83)
- E 23 Anforderungen an Präzisionswiderstände der Gleichstrom-Kompensationsmeßeinrichtungen (12/84)
- E 24 Anforderungen an Normalelemente (12/84)
- E 26 Prüfung der Isolierung von Elektrizitätszählern (3/88)
- E 42 Prüfungen an gebrauchten Elektrizitätszählern, Jahresbericht der staatlich anerkannten Prüfstellen für Meßgeräte für Elektrizität (1/78)

21 Schallpegelmeßgeräte

- 1. Anlage 21 zur Eichordnung (EO 21)
 - EO 21-1 Schallpegelmesser
 - EO 21-2 Integrierende Schallpegelmesser
 - EO 21-3 Schallpegelmeßeinrichtungen
- 2. Normen
 - DIN IEC 651 Schallpegelmesser (12/81)
 - DIN IEC 804 Integrierende Schallpegelmesser (1/87)
 - DIN 45656 Schallkalibratoren (7/87 E)
 - IEC 942 Sound Calibrators (1988)

22 Meßgeräte für thermische Energie, Warm- und Heißwasserzähler für Wärmetauscher-Kreislaufsysteme

- 1. Anlage 22 zur Eichordnung (EO 22)
 - EO 22 Meßgeräte für thermische Energie, Warm- und Heißwasserzähler für Wärmetauscher-Kreislaufsysteme
- 2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 22 Meßgeräte für thermische Energie, Warm- und Heißwasserzähler für Wärmetauscher-Kreislaufsysteme (7/88)
- 3. Technische Richtlinien
 - K 2/W 2 Magnetisch-induktive Volumendurchflußmeßgeräte als Gebrauchsnormale für die Prüfung von Meßgeräten für die Volumenmessung von strömendem Wasser (9/84)
 - K 3 Anforderungen der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt an die technischen Prüfeinrichtungen von staatlich anerkannten Prüfstellen für Meßgeräte für Wärme (2/82)
 - K 7 Zulassung und Eichung von Wärmezählern, deren Teilgeräten sowie Warm- und Heißwasserzählern (1/85)

- K 8 Technische Anforderungen an Meßstrecken mit Drosselgeräten als Teile von eichfähigen Wärmezählern (1/84)
- Nachtrag zur TR-K 8 (1/86)
- K 16 Zulassungszeichen (7/89)
- K 19 Befundprüfung durch staatlich anerkannte Prüfstellen (2/84)
- K 20 Prüfungen an gebrauchten Wärmezählern (3/85)

23 Strahlenschutzmeßgeräte

- 1. Anlage 23 zur Eichordnung (EO 23)
 - EO 23-1 Ortsfeste Strahlenschutz-Meßsysteme
 - EO 23-2 Ortsdosimeter und Personendosimeter mit Detektoren aus Thermolumineszenz- oder Photolumineszenz-Material
 - EO 23-3 Orts- und Personendosimeter mit Ausnahme von ortsfesten Strahlenschutz-Meßsystemen
 - EO 23-4 Diagnostikdosimeter
- 2. PTB-Anforderungen (PTB-A)
 - PTB-A 23.1 Ortsfeste Strahlenschutz-Meßsysteme (7/88)
 - PTB-A 23.2 Orts- und Personendosimeter mit Detektoren aus Thermolumineszenz- oder Photolumineszenz-Material (4/88)
 - PTB-A 23.2.1 Thermolumineszenz-, Photolumineszenz-Dosimeter und Filmdosimeter – erweiterte Vergleichsmessungen (9/89)
 - PTB-A 23.3 Orts- und Personendosimeter mit Ausnahme von ortsfesten Strahlenschutz-Meßsystemen (4/88)
 - PTB-A 23.4 Diagnostikdosimeter (4/88)
 - PTB-A 23.4.2 Dosimeter für die Konstanzprüfung (12/89)
- 3. PTB-Prüfregeln
 - Band 11 Strahlenschutzdosimeter für Photonenstrahlung mit Energien zwischen 5 KeV und 3 MeV (1977)
- 4. Normen
 - DIN 6818 Teil 1 Strahlenschutzdosimeter, Allg. Regeln (12/76)
 - DIN 40046 Teil 7 Umweltprüfungen (1972)
 - CIE Publication Nr. 20 (Commission Internationale de l'Eclairage)
 - DIN 6818 Teil 2 Strahlenschutzdosimeter, direkt ablesbare Ionisationskammer – Stabdosimeter für Gamma- und Röntgenstrahlung (3/79)
 - DIN 6818 Teil 3 Strahlenschutzdosimeter, nicht direkt ablesbare Ionisationskammer – Stabdosimeter für Gamma- und Röntgenstrahlung (3/79)
 - DIN 6818 Teil 4 Strahlenschutzdosimeter, tragbare Ionisationskammer – Dosimeter für Röntgen- und Gammastrahlung (11/79)
 - DIN 6818 Teil 5 Strahlenschutzdosimeter, Zählrohr-Dosisleistungsmesser für Gamma- und Röntgenstrahlung (3/79)

PTB-Seminar über Fertigpackungen für Lateinamerika

Hartmut Apel

Die PTB fördert im Rahmen der Technischen Zusammenarbeit zahlreiche Entwicklungsländer beim Aufbau ihrer meßtechnischen Zentralinstitute. Einen regionalen Schwerpunkt stellt dabei Lateinamerika dar. Mit zehn nationalen Fachinstituten und zwei Regional-Organisationen dieser Länder unterhält die PTB enge Arbeitsbeziehungen, vorwiegend auf der Grundlage völkerrechtsverbindlicher Verträge.

So unterschiedlich der technische Entwicklungsstand des Meßwesens in den einzelnen Zentren auch sein mag, so ist doch allen Ländern gemeinsam, daß insbesondere das für den Verbraucherschutz bedeutsame Eichwesen mit den Erfordernissen nicht Schritt gehalten hat.

In den Entwicklungsländern sind es häufig fehlende Kenntnisse über die jeweils gültigen Normen und Rechtsvorschriften, die ihre Exporte in die Industrieländer erschweren. Fertigpackungen, die internationalen Anforderungen nicht genügen, weisen unter Umständen Mängel auf, die in ihren negativen Auswirkungen über den Binnenmarkt weit hinausgehen. So erleiden nachweislich z.B. die fünf mittelamerikanischen Staaten bei ihren Exporten in die Vereinigten Staaten jährlich Verluste von mehreren Millionen US-Dollar; die Waren entsprechen u.a. nicht den Vorschriften für Fertigpackungen, wie sie von der "Food and Drug Administration" der USA vorgegeben werden. Damit finden die Waren keinen Zugang zum Markt und müssen kostenaufwendig nachgebessert, reexportiert oder sogar denaturiert werden. Das liegt nicht nur am fehlenden Know-how der Produzenten. Vielfach sind auch die meßtechnischen Institutionen des Staates oder privater Organisationen wegen personeller Engpässe und technisch unzulänglicher Prüfmöglichkeiten nicht in der Lage, Exportinteressierte fachkundig zu beraten.

Die *Organisation Internationale de Métrologie Légale* (OIML), Paris, vertritt die Auffassung, daß in Entwick-

lungsländern für den Verbraucherschutz Fertigpackungskontrollen wichtiger sein können als die klassischen Eichungen einzelner Meßgeräte [1].

Diese Sachlage bewog die PTB auf mehrfache Anfrage hin, im Oktober vergangenen Jahres ihr erstes überregionales Seminar über *Füllmengenkontrolle bei Fertigpackungen* in Lateinamerika abzuhalten. Die für die Organisation verantwortliche Partnerinstitution war das *Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas* (ITINTEC) in Lima/Peru. Der Ort in regional gesehen zentraler Lage ist zugleich Sitz der *Junta del Acuerdo de Cartagena*, dem wirtschaftspolitischen Zusammenschluß der Andenpaktstaaten. Diese Institution stellte auch die Tagungsräume mit den technischen Einrichtungen für die Simultanübersetzung zur Verfügung.

Der Referent des einwöchigen Seminars war Eichdirektor Rüssing, Köln. Die Veranstaltung vermittelte nicht nur theoretische Grundkenntnisse (Statistik, rechtliche Grundlagen), sondern war insbesondere darauf abgestellt, den Teilnehmern einfache, handhabbare Methoden und Anleitungen für ihre täglichen Kontrollaufgaben zu vermitteln. Hierfür wurde in Zusammenarbeit mit einem deutschen Waagenhersteller ein spezieller "Eichkoffer" entwickelt, der die für die Fertigpackungskontrolle benötigten Meßinstrumente zur Gewichts-, Temperatur- und Dichtebestimmung in leicht transportierbarer Form enthält. Zur Ausrüstung gehört ein Kleinrechner, dessen Programm auch in spanischer und portugiesischer Terminologie verfügbar ist.

Das Seminarthema stieß in Peru und der lateinamerikanischen Region auf ein so lebhaftes Interesse, daß nicht alle Teilnehmerwünsche berücksichtigt werden konnten. Mit Ausnahme des Gastlandes und der Großflächenstaaten Brasilien und Argentinien konnte jedes Land nur einen Repräsentanten entsenden. Die 35 Seminarteilnehmer aus

Peru, von insgesamt 51, kamen etwa je zur Hälfte aus dem öffentlichen und dem privaten Sektor.

Bei den Teilnehmern stieß die mit Hilfe des Eichkoffers in zwei industriellen Abfüllbetrieben durchgeführte Demonstration von Fertigpackungskontrollen auf besonderes Interesse. Die zu prüfenden Lose wurden von Waren unterschiedlicher Konsistenz aus der laufenden Produktion gezogen; die Ergebnisse der eichtechnischen Prüfung wurden vorgestellt, dokumentiert und gemeinsam ausgewertet.

Die Teilnehmer erhielten eine zweibändige Seminarunterlage in spanischer Sprache. Diese Publikationen können von Interessenten aus Entwicklungsländern in der PTB, Referat 8.52, gebührenfrei bestellt werden. Das Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit (BMZ), Bonn, hat dafür die erforderlichen Mittel bereitgestellt. Es förderte im übrigen durch ein Projekt der Technischen Zusammenarbeit auch das Seminar in Lima und dokumentierte sein Interesse an der Veranstaltung u.a. durch zeitweilige Teilnahme eines Vertreters des zuständigen Sektorreferates.

Am letzten Seminartag diskutierten die Beauftragten der nationalen metrologischen Institutionen am "Runden Tisch". Im Mittelpunkt stand eine Auswertung des Lehr- und Demonstrationsmaterials, sowie die Erarbeitung von

Leitlinien zur Umsetzung der Ergebnisse in den jeweiligen Eichdiensten der einzelnen Länder. Der Erfolg der Veranstaltung fand seine Würdigung u.a. in der Ansprache, die zum Ausklang der deutsche Botschafter in Lima hielt; er schloß das Seminar zusammen mit dem Generaldirektor von ITINTEC und überreichte ihm zwei Eichkoffer als Geschenk der Bundesregierung.

Aus der Sicht der PTB liegt der besondere Wert dieses länderübergreifenden Seminars auch in den direkten Kontakten, die die Fachleute aus Lateinamerika unter sich herstellen konnten. Auf Einladung der PTB nahm an der Veranstaltung ein Vertreter des jüngst gegründeten *Centro Español de Metrología*, Madrid, teil. Vor dem Hintergrund derselben Sprache, einer ähnlichen meßtechnischen Infrastruktur und vergleichbaren Problemen und Erfahrungen dieser Länder steht zu erwarten, daß der Informationsaustausch zwischen den Teilnehmern sich intensivieren wird und somit den fachbezogenen Brückenschlag zwischen den Kontinenten erleichtert.

Literatur

- [1] Thulin, S.A.: How developing countries can benefit from OIML activities and implement International Recommendations; Bulletin OIML 114, (1989), S. 25 - 31

Fachtagungen

International Symposium on „New Phenomena in Mesoscopic Structures“

Die „Japan Society for the Promotion of Science“ veranstaltete diese Tagung vom 4. bis 9. Dezember 1989 in Kona (Hawaii, USA) über ein Forschungsthema, das, obwohl sehr stark anwendungsbezogen, viele neue Herausforderungen für die Grundlagenforschung beinhaltet. Von den etwa 80 Teilnehmern war der überwiegende Teil naturgemäß aus Japan, 25 kamen aus westlichen Ländern, davon 5 aus Deutschland.

Behandelt wurde der Quantentransport strukturierter Inversionsladungsträgerschichten in Halbleiter-Heterostrukturen mit besonderem Schwerpunkt auf dem Gebiet der neuen Quantisierungsphänomene an ballistischen Punktkontakten.

Auffallend war die extrem starke Präsenz der Forschergruppen aus der japanischen Industrie (Sony, Matsushita, NTT, Toshiba, Hitachi, NEC, Oki, Sharp, Fujitsu), die auf die außerordentlich große Bedeutung der behandelten Transportphänomene für zukünftige schnelle und sehr kleine elektronische Bauelemente zurückzuführen ist.

Zwei Zahlen charakterisieren den gegenwärtigen Stand der Präparation am eindrucksvollsten: Laterale Strukturierung von Proben kann heute bis hinab zu „Probendurchmessern“ von 10 nm durchgeführt werden. Die Beweglichkeit der Ladungsträger in den besten GaAlAs Heterostrukturen liegt jetzt bei $10^7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ gegenüber $10^6 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ noch vor etwa zwei Jahren. Damit ist Phasenkohärenz von Elektronen bei tiefen Temperaturen ($< 1\text{K}$) bis zu etwa 0,1 mm (ohne Magnetfeld) beobachtbar.

B. K.

13th International Conference on Amorphous and Liquid Semiconductors and 1st International Conference on Amorphous Semiconductor Technology

Bedingt durch die Entdeckung der Dotierbarkeit von wasserstofflegiertem amorphem Silicium in der Mitte der siebziger Jahre haben sich die Forschungen auf dem Gebiet der Physik der amorphen Halbleiter während der vergangenen Jahre in verstärktem Maße anwendungsorientierten Themen zugewandt. Dies hat dazu geführt, daß die Konferenz über „Amorphous and Liquid Semiconductors“, die im Turnus von zwei Jahren stattfindet, diesmal eine ausschließlich mit anwendungsbezogenen Themen befaßte Parallelkonferenz hat. Das Ziel war u.a., die Hauptkonferenz verstärkt auf physikalische Fragestellungen zu konzentrieren und damit besonders für die Theoretiker wieder einen Anreiz zu schaffen, sich mit den

theoretischen Aspekten der amorphen Halbleiter zu befassen. Die auf den beiden Konferenzen vorgestellten Arbeiten haben allerdings gezeigt, daß allein durch eine Organisationsänderung dieses Ziel kaum erreicht werden kann.

An den beiden Konferenzen vom 16. bis 28. August 1989 in Ashville (North Carolina, USA) nahmen etwa 600 Wissenschaftler aus zahlreichen westlichen und östlichen Ländern teil. Auffallend war u.a. eine starke chinesische Beteiligung im Technologie-Bereich.

Wie schon auf den vergangenen Konferenzen, standen auch diesmal wieder die Fragen der Proben-Präparation („Glow Discharge“) und -charakterisierung (Photoemission) sowie die Defektstruktur, die nur schwer mit theoretischen Methoden angegangen werden können, im Vordergrund. Lediglich in drei von den insgesamt dreizehn Hauptvorträgen wurden generalisierende Aspekte behandelt. H. Fritzsche (Chicago) berichtete in der sogenannten Mott-Lecture über einen neuartigen universellen (d.h. in verschiedenen Materialien beobachteten) Effekt in der Photoleitfähigkeit und der Driftbeweglichkeit bei tiefen Temperaturen. B. I. Shklovskii (vormals Leningrad, jetzt Minnesota) stellte in seinem Vortrag „Theory of Recombination and Electron-Transport in Amorphous Semiconductors at Low Temperatures“ eine Theorie dieses Effektes vor. M. F. Thorpe (East Lansing) gab einen Überblick über „Mechanical and Vibrational Properties of Network Structures“.

Es ist festzustellen, daß sich die Anwendungen amorpher Halbleiter in vielen Bereichen, wie z.B. in der Photovoltaik (Wirkungsgrad etwa 10 % bei 1 m² großen Solarzellen aus a-Si:H), bei elektronischen Bauelementen (Feldeffekttransistoren) und in der Elektrophotographie (Kopiermaschinen, FAX) immer stärker durchzusetzen scheinen, wie P. LeComber (Dundee) in seinem Hauptvortrag „Applications of a-Si through to the 21st century“ überzeugend schilderte.

B. K.

Gründungssitzung von CEN/TC 211 „Akustik“

Vom 27. Februar bis 1. März 1990 fand in Kopenhagen die Gründungssitzung von CEN/TC 211 „Akustik“ statt. Das Sekretariat dieses Komitees liegt bei Dänemark, der Vorsitz beim Berichterstatter. Die Aufgaben des Komitees bestehen vor allem in der Ausarbeitung von meßtechnischen Rahmennormen zur Erfüllung der Richtlinien 89/392/EWG zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen und 86/188/EWG über den Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Lärm am Arbeitsplatz und sind deshalb in gleicher Weise für die Maschinenbauindustrie und für Behördenvertreter von Bedeutung. Dementsprechend groß war das Interesse an dieser ersten Sitzung: 45 Delegierte aus 12 europäischen Ländern waren vertreten, dazu Beobachter der EG-Kommission, des CEN-Zentralsekretariats und von CENELEC.

Die Beratungen am ersten Sitzungstag galten vor allem der Organisation der Arbeiten im Komitee sowie der Festlegung seines globalen Aufgabenbereichs. Dazu wurden die folgenden Beschlüsse gefaßt:

- Auf der Plenarsitzung können Diskussionsbeiträge in Deutsch, Englisch und Französisch gegeben werden, eine Übersetzung erfolgt jedoch nur ins Englische. Der Vorschlag, Englisch als einzige Verhandlungssprache zu akzeptieren, scheiterte am Einspruch der französischen Delegation. Immerhin reduziert die vereinbarte partielle Übersetzung die Sitzungsdauer gegenüber einer vollständigen aufeinanderfolgenden Übersetzung um mehr als 50%.
- Die europäische Normung soll soweit wie möglich auf ISO-Normen zurückgreifen; sofern diese den europäischen Ansprüchen nicht genügen, soll eine Revision bei der ISO beantragt werden; auch vollständig neue Normungsprojekte sollen zunächst der ISO angeboten werden. Auf diese Weise sollen Doppelarbeit und Divergenzen zwischen der europäischen und der weltweiten Normung vermieden werden. Die Dringlichkeit der europäischen Normung setzt allerdings damit auch die ISO unter erheblichen Zeitdruck. Die im Mai 1990 stattfindende Plenarsitzung von ISO/TC 43 „Akustik“ (Vorsitz und Sekretariat wie bei CEN/TC 211) wird zeigen, wie die außereuropäischen ISO-Mitgliedsländer auf diese Forderungen reagieren. Dieser Beschluß fand nicht die Zustimmung der französischen Delegation, die eine große Zahl von Anträgen für eigenständige europäische Normen eingebracht hatte.
- Das CEN/TC 211 erhebt den Anspruch, für alle akustischen Festlegungen in europäischen Normen zuständig zu sein. Das gilt insbesondere für maschinenspezifische Normen, die in anderen TC's ausgearbeitet werden. Ausgenommen sind lediglich die Bauakustik und akustische Anforderungen an Gehörschützer, wofür es separate TC's gibt. Um eine effektive Zusammenarbeit mit anderen TC's zu gewährleisten, die sich mit speziellen akustischen Fragen beschäftigen, wurden Kontaktpersonen benannt und ein Advisory Panel gebildet, das Beratungs- und Koordinierungsfunktionen übernehmen und dadurch Dauer und Häufigkeit von Plenarsitzungen reduzieren soll.

Am zweiten Sitzungstag wurden sechs ad-hoc-Experten-Gruppen zu folgenden Themenbereichen gebildet: „Maschinengeräusch-Angaben und -Messung“, „Lärminderung bei Maschinen“, „Umgebungsärm“, „Lärmexposition und Gehörschutz“, „Audiometrie und Sprachverständlichkeit“, „Alarmsignale“. Als Vorsitzende dieser Gruppen wurden anerkannte Fachleute aus Dänemark, Deutschland, England, Frankreich und den Niederlanden benannt. Die Aufgabe der Gruppen bestand darin, konkrete Vorschläge für ein Arbeitsprogramm des TC 211 mit Termin- und Verfahrensvorgaben zu unterbreiten. Dieses Konzept, die technische Detailplanung nicht im Plenum sondern in kleinen Gruppen zu behandeln, das insbesondere bei der deutschen Delegation zunächst wenig Zustimmung fand, hat sich als sehr effektiv und erfolgreich erwiesen.

Am letzten Sitzungstag konnte auf der Grundlage dieser Experten-Vorschläge ein detailliertes Arbeitsprogramm zügig verabschiedet werden. Es umfaßt insgesamt 35 Normungsvorhaben. Zur Vorbereitung und Koordinierung europäischer Beiträge zur ISO-Normung wurden zwei Ad-hoc-Gruppen mit zeitlich klar begrenztem Auftrag gebildet. Auf die Einrichtung von festen Arbeitsgruppen, wie insbesondere von der französischen Delegation gewünscht, wurde jedoch verzichtet.

Trotz zum Teil erheblicher Meinungsverschiedenheiten (auch innerhalb einzelner Delegationen) fanden die Verhandlungen in sachlicher Atmosphäre statt. Die nächste Plenarsitzung ist für Ende dieses Jahres vorgesehen.

K. Br.

Physical characteristics and test methods for ID cards

Vom 6. bis 9. Februar 1990 tagte in Barcelona die Arbeitsgruppe WG 1 des SC 17 „Identification cards and related devices“ im ISO/IEC/JTC 1 „Information processing systems“. An der Sitzung nahmen 26 Experten aus folgenden Ländern teil: Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Japan, Spanien und USA.

Hauptberatungsthemen:

1. Es ist eine umfangreiche Prüfnorm für Identifikationskarten mit Magnetstreifen und Chips in Vorbereitung, die nun auch Testmethoden für die Gebrauchstauglichkeit und die Lebensdauer enthält. Ziel war es, neue

Anforderungen an die Karten festzulegen, was allerdings nur zum Teil gelang. Außerdem wurden zusätzliche Prüfverfahren vorgeschlagen, die auf der nächsten Sitzung diskutiert werden sollen.

2. Das SC 17 hat kürzlich die PTB gebeten, die Frist für die Erhältlichkeit von Bezugskarten um weitere 10 Jahre zu verlängern. Die neue Charge soll die Anforderungen des sich in Vorbereitung befindlichen ISO Standards erfüllen, auf Wunsch der USA sogar mit engeren Toleranzen. Hier konnte noch keine Einigung erzielt werden, auch nicht darüber, welche Eigenschaften von der PTB künftig zertifiziert werden sollen. Ein Unsicherheitsfaktor ist auch die gegenwärtige Lage im NIST, das z.Z. das erforderliche Bezugsband liefert und das nicht garantieren kann, daß dieses in den nächsten 10 Jahren noch erhältlich ist.

Die Sitzungen fanden im „Laboratori General d'Assaigs i Investigacions“ statt. Dieses Institut befindet sich im Aufbau. Eine Abteilung unterhält einen von der EG geförderten und akkreditierten „Conformance Testing Service“ für ID-Karten, der nach Informationsschriften der Kommission seit 1989 in Betrieb sein soll, was aber nicht der Fall ist.

H. J. S.

EWG-Bauartzulassungen

Von der *Physikalisch-Technischen Bundesanstalt* sind folgende Bauarten von Meßgeräten zur EWG-Ersteichung zugelassen worden: Die für die zugelassenen Bauarten geltenden Vorschriften, Bauartbeschreibungen, Zulassungsunterlagen, besonderen Zulassungsaufgaben, Hinweise über Bezeichnungen, Stempelstellen und eichtechnische Prüfungen sind in dem jeweiligen Zulassungsschein festgelegt.

Verkörperte Längenmaße

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
STABILA Meßgräte Gustav Ullrich GmbH & Co. KG D-6747 Annweiler am Trifels 5.11-3202.11-88.084	D 88 1.3.76 12. April 1988	Rollmeßband aus Stahl im Kunststoffgehäuse, erweitert für verchromtes Kunststoffgehäuse. Gültig bis 11. April 1998 2. <i>Nachtrag</i> 5.11-3202.11-90.083 vom 08. März 1990

Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser

Badger Meter Europe Filderstadt 1 1.51-7120/80	D 80 5.232.07 10.03.80	Ringkolbenzähler der Nennweite DN 15/20; <i>Verlängerung</i> der EWG-Bauartzulassung bis zum 1. April 2000 (4. <i>Nachtrag</i>)
Bopp & Reuther Mannheim 1.32.8-5.241-BUR 89.28	D 89 5.241.28 29.12.89	Ovalradzähler verschiedener Nennweiten
Smith Meter Hamburg 1.51-5034/80	D 80 5.243.10 04.06.1980	Treibschieberzähler DN 50 1. <i>Nachtrag</i> 1.32.8-5.243.10-89 vom 19.12.89, auch für den Temperaturbereich von - 35 °C bis + 25 °C

Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser

Aquametro Basel Schweiz 1.32.3-3266.131-AQU 87/08	D 87 6.131.08 06.07.87	Einstrahl-Flügelradzähler für Kaltwasser 3. <i>Nachtrag</i> vom 09.01.90 Staurippenplatte und Einlaufkanal geändert
---	--	--

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Gebr. Maag AG CH-8700 Zürich-Küsnacht 1.22-3251.2 Maag-201187	1.5/88.02 02.02.1988	Typ L 3 HS. Legemeßmaschine für feste Textilien (K-Wert größer 0 bis $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$) in Lagen von 1,0 m Länge. Dickenbereich des Meßgutes von 0,2 mm bis 0,5 mm. Maximale Warenstoßhöhe 1,5 m. Meßgutverlauf: Bei Grundversion Stapel oder tänzergeregelte Einzugswalze, Einlauf-tisch, Kipphebelentspannung, Doppellegeschaukel, Greifer; bei Abzug ab angetriebener Großkaule vor Einzugswalze zusätzlich 2-fach-Kompensator. Automatische Legetisch-absenkung. Mechanisches Lagenzählwerk. Wahlweise 3 Bereiche für Legegeschwindigkeit 40 bis 60 Lagen/min, 60 bis 70 Lagen/min oder 70 bis 80 Lagen/min
C. Freudenberg 6940 Weinheim 1.22-3251.2	1.5/88.03 19.02.1988	Typ Stehning 1, Nrn.: 3371-8116/17/18. Meßmaschine für feste Vliesstoffe mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$. Dickenbereich von 0,2 mm bis 0,5 mm. Meßgutverlauf: Rolle, Grünbaumwalze, Schautisch mit Meßeinrichtung, Hauptzugwalze, Zentralwickler. Direkte Meßgutabtastung durch Meßrad (0,5 m Nennumfang) und Andruckgurt. Direkte Kopplung von Meßrad mit Impulsgeber. Elektr. Verbindung zum Zählwerk (Freudenberg, Typ LMS). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 150 m/min
Ch. Fischbacher CH-9015 St. Gallen 1.22-3251.2 Fi-290388	1.5/88.04 24.05.1988	Typ 28-01/3. Meßmaschine für feste bis wenig dehnbare Textilien mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $8 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ (Maschinengruppe I + II). Dickenbereich von 0,2 mm bis 1,5 mm. Meßgutverlauf: Rolle in Ladestellung, Hochschwenken der Rolle in Meßstellung, Hauptzugwalze mit Meßeinrichtung, Schautisch, Zweiwalzenaufwicklung. Direkte Meßgutabtastung durch Meßrad (0,5 m Nennumfang) mit gekoppeltem Impulsgeber. Elektr. Verbindung zum Zählwerk (Fahrni, Typ FF-01/3). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 38 m/min. Nicht zulässig für florbesetzte Textilien
Reimann 4407 Emsdetten 1.22-3251.2 Rei-150988	1.5/88.05 14.10.1988	Nr. 1/1963 und Nr. 2/1963. Meßmaschine für feste annähernd undeformbare Jutegewebe mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ (Maschinengruppe I). Dickenbereich des Meßgutes von 0,8 mm bis 1,3 mm. Meßgutverlauf: Rolle, Trommel mit Meßeinrichtung, Zentralwickler. Direkte Meßgutabtastung durch 2 Meßräder (0,5 m Nennumfang) mit gekoppeltem Rollenzählwerk (Hengstler, Typ 0225). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 70 m/min. Nicht zulässig für florbesetzte Textilien
fugafil-saran GmbH + Co. 4285 Raesfeld 1.22-3251.2 fug-210988	1.5/88.06 25.10.1988	Nr. 217 301. Einzelmeßmaschine für feste, annähernd undeformbare Kunststoffgewebe mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ (Maschinengruppe I). Dickenbereich des Meßgutes von 0,3 mm bis 0,8 mm. Meßgutverlauf: Rolle, Einzugswalze, Schautisch mit Meßeinrichtung, Zugwalze, Zentralwickler. Direkte Meßgutabtastung durch Meßrad (0,5 m Nennumfang) und bewegl. Andruckrolle. Formschlüssige Verbindung von Meßrad mit Rollenzählwerk. Maximale Meßgutgeschwindigkeit 30 m/min. Nicht zulässig für florbesetzte Textilien
Weiss Textilmaschinen 7460 Balingen 1.22-3251.2 wei-090588	1.3/88.07 05.12.1988	Typ SM-CWA. Einzelmeßmaschine für feste, annähernd undeformbare Textilien mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ (Maschinengruppe I). Dickenbereich des Meßgutes von 0,3 mm bis 1,0 mm. Meßgutverlauf: Rolle auf Zweiwalzenabwicklung oder Stapel über Einzugswalze, Hauptzugwalze, tänzergeregelte Entspannungsschlaufe, Ausbreitwalze, Schautisch mit Meßeinrichtung, tänzergeregelte Zweiwalzenaufwicklung. Direkte Meßgutabtastung durch Meßrad (0,5 m Nennumfang) und 2 Andruckrollen. Formschlüssige Verbindung von Meßrad mit Rollenzählwerk (IVO, Typ M 275). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 35 m/min. Nicht zulässig für florbesetzte Textilien
K. Unglaub 8662 Helmbrechts 1.22-3251.2 Ungl-030189	1.3/89.03 15.02.1989	Typ UW 52. Meßmaschine für feste bis mäßig dehnbare Maschen- und Webtextilien mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $8 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ und Dicken des Meßgutes bis 15 mm (einschl. Florschicht) (Maschinengruppe I + II). Meßgutverlauf: Angetriebene Großkaule mit tänzergeregelter Einzugswalze oder Stapel (auch Hochstapel) mit Rollenführung oder kleine Rolle mit Kontaktabzug, tänzergeregelte Einzugswalze, geteiltes Lattenförderband mit Meßeinrichtung, tänzergeregelte Aufwicklung. Indirekte Meßgutabtastung durch Gurt über Meßrad und Andruckgurt. Elektr. Verbindung von Meßrad (1,0 m Nennumfang) und Rollenzählwerk (IVO, Typ M 275). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 42 m/min

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
P. Campen DK-8210 Aarhus 1.22-3251.2 Camp-141189	1.3/89.13 05.12.1989	Typ IT-006-C 1. Einzelmeßmaschine für feste Vliesstoffe mit Dehnungskennwerten K größer 0 bis $2 \cdot 10^{-2} \text{ N/m}^2$ (Maschinengruppe I). Dickenbereich von 0,2 mm bis 1,0 mm. Meßgutverlauf: Angetriebene Großkaule, 2-fach-Kompensator, Grünbaumwalze, Hauptzugwalze mit Meßeinrichtung, Schautisch, Schutzwalze, Zweiwalzenaufwicklung. Indirekte Meßgutab-tastung durch Gurt über Meßrad (0,25 m Nennumfang). Mechanische Kopplung von Meß-rad und Impulsgeber. Elektr. Verbindung zum Zählwerk (Hengstler, Typ Varipakt). Maxi-male Meßgutgeschwindigkeit 150 m/min. Nicht zulässig für florbesetzte Vliesstoffe
Bodenbelagmeßmaschinen		
ESKA GmbH 6405 Eichenzell 1 1.22-3859/86	1.5/86.04 17.04.86	Typ TMS-AL. Meßmaschine für feste textile Bodenbeläge bis zu einer Dicke von 20 mm. Meßgutverlauf: Vorratshaltung (Paternoster), Einzugwalze, Führungstisch mit Meßeinrichtung, Zwei-walzenaufrollvorrichtung. Direkte Meßgutab-tastung durch festes Meßrad (0,5 m Nenn-umfang) und Gegenrad. Verbindung von Meßrad und Rollenzählwerk (IVO, Typ M 280) über Welle. Maximale Meßgutgeschwindigkeit 10 m/min. Keine Einschränkung hinsicht-lich Material des Rückens
Dura-Tufting GmbH 6400 Fulda 1.22-3251.5 Dura 271086	1.5/86.15 12.12.1986	Typ WBA, Nr. 101, Einzelmeßmaschine für feste textile Bodenbeläge mit einer Dicke bis zu 5,0 mm. Meßgut-verlauf: Beschichtungsanlage, Führungstisch mit Meßeinrichtung, Querschneideein-richtung, Zweiwalzenaufwicklung. Direkte Meßgutab-tastung durch Meßrad (0,5 m Nenn-umfang) und Andruckrolle. Elektr. Verbindung von Meßrad und Zählwerk (Hengstler, Typ Varipakt). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 20 m/min. Keine Messung auf PU-Rücken
Dura Tufting GmbH 6400 Fulda 1.22-3251.5 Dura 190287	1.5/87.01 17.03.1987	Typ TMS IV, Nr. 1/588. Einzelmeßmaschine für feste textile Bodenbeläge bis zu einer Dicke von 20 mm. Meßgut-verlauf: Vorratshaltung (Paternoster), Einzugwalze, Führungstisch mit Meßeinrichtung, Zweiwalzenaufrollung. Direkte Meßgutab-tastung durch festes Meßrad (0,5 m Nennumfang) und bewegliches Gegenrad. Verbindung von Meßrad und Rollenzählwerk (IVO, Typ M 280) durch Welle. Maximale Meßgutgeschwindigkeit 24 m/min. Keine Einschränkung hinsichtlich Material des Rückens
Hubtex 6400 Fulda 1.22-3251.5 Hub 260189	1.3/89.02 09.02.1989	Typ TMS 404 und TMS 504. Meßmaschine für feste Bodenbeläge im Dickenbereich von 5 mm bis 10 mm. Meßgutver-lauf: Vorratsrolle, Schautisch mit Meßeinrichtung, Zweiwalzenaufwicklung. Direkte Meß-gutab-tastung auf dem Rücken durch festes Meßrad (0,5 m Nennumfang) und bewegl. An-druckrolle. Formschlüssige Verbindung von Meßrad und Rollenzählwerk (IVO, Typ ME 280). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 6,5 m/min. Typunterscheidung durch unterschied-liche Nutzbreite (4 m und 5 m)
Neodon-Werke GmbH 8908 Krumbach 1.22-3251.5 Neo-300189	1.3/89.06 19.04.1989	Typ MW 5200, Nr. 5201. Einzelmeßmaschine für feste, textile Bodenbeläge mit SPR-Kunststoffrücken im Dicken-bereich von 3 mm bis 10 mm. Meßgutverlauf: Kaule, horizontale Schaubene, unterflur in vertikale Lage, hier direkte Meßgutab-tastung durch bewegl. Meßrad (0,5 m Nennumfang) und feste Gegenrolle. Elektrische Verbindung von Meßradimpulsregler mit Zählwerk (Hengstler, Typ Varipakt). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 20 m/min
Buhl + Mihm 6400 Fulda 1.22-3251.5 B + M 180189	1.3/89.09 01.08.1989	Typ TSM-II S. Meßmaschine für feste Bodenbeläge bis zu einer Dicke von 20 mm. Meßgutverlauf: Vor-ratsrolle (Paternoster), Einzugwalze, Führungstisch mit Meßeinrichtung, Aufwicklung mit mehreren festen Walzen und einer beweglichen Andruckwalze. Direkte Meßgutab-tastung durch zwei gekoppelte feste Meßräder mit unterschiedlichen Belägen (PU-glatt und Draht-borsten) (0,5 m Nennumfang) und Andruckrolle. Formschlüssige Verbindung von Meß-rädern und Rollenzählwerk (IVO, Typ ME 280). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 30 m/min
ETF Maschinenfabrik BV NL-6030 AA Nederweert 1.22-3251.5 ETF-060789	1.3/89.12 03.01.1990	Typ M 5630. Meßmaschine für feste Bodennbeläge bis zu einer Dicke von 30 mm. Meßgutverlauf: Magazin, Ablaufförderer, Querschneideeinrichtung, Bandförderer mit Meßeinrichtung und Schaufäche, Kalibrierstrecke, Handaufwicklung. Direkte Meßgutab-tastung durch Meßrad (0,5 m Nennumfang) und Andruckrad (ebenfalls mit Impulsgeber); dadurch wahlweiser Tausch der Radfunktionen. Elektrische Verbindung von Impulsgebern mit Rechenzählwerk (ETF, Typ M 1612). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 30 m/min

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Hubtex 6400 Fulda 1.22-3251.5 Hubtex 181289	1.3/90.01 24.01.1990	Typ TMS-AL. Meßmaschine für feste Bodenbeläge bis zu einer Dicke von 20 mm. Meßgutverlauf: Vorratsrolle (Paternoster), Einzugwalze, Führungstisch mit Meßeinrichtung, Zweiwalzenaufwicklung. Direkte Meßgutabtastung durch festes Meßrad (0,5 m Nennumfang) und bewgl. Gegenrad. Formschlüssige Verbindung von Meßrad und Rollenzählwerk (IVO, Typ M 280). Maximale Meßgutgeschwindigkeit 10 m/min
Meßmaschinen für den Kleinverkauf		
Wisser 4049 Rommerskirchen 1.22-3251.0 Wis-090189	1.3/89.01 26.01.1989	Typ M 30 W. Meßgerät für Schläuche im Dickenbereich von 2 mm bis 25 mm. Meßgutverlauf: Vorratsstrommel, Führungsschiene mit Meßeinrichtung, manueller Abzug. Direkte Meßgutabtastung durch eigengewichtsbelastetes Meßrad (0,5 m Nennumfang). Direkte Verbindung des Rollenzählwerkes (IVO, Typ M 410) mit dem Meßrad. Maximale Meßgutgeschwindigkeit 15 m/min
Meßmaschinen für Wegstrecken		
Rheintacho GmbH + Co 7800 Freiburg 1.22-3251.7 Rhei-100986	1.5/86.13 25.09.1986	Typ 5000. Meßgerät für Wegstrecken auf ebenem Grund. Gabelgelagertes Meßrad (1,0 m Nennumfang) aus Leichtmetall mit Kunststoffbeschichtung der Lauffläche. Verbindung zum Rollenzählwerk (Trumeter, Typ Senior MK1) über Winkelgetriebe und biegsamer Welle. Manueller Antrieb durch Führungsrohr mit Handgriff. <i>1. Nachtrag</i> vom 21.01.1988: Anstelle des Meßrades aus Leichtmetall darf ein gleichgroßes Meßrad aus Hartkunststoff mit Gummibelag verwendet werden
Führer + Co. 3507 Baunatal 6 1.22-3251.7 GEO-090287	1.5/87.06 30.06.1987	Typ M 20. Meßgerät für Wegstrecken auf ebenem Grund. Zwischen zwei Rädern (0,5 m Nennumfang) ist auf einer Konsole ein Rollenzählwerk (Hengstler, Typ 225) angeordnet. Beide Räder sind formschlüssig mit dem Zählwerk verbunden. Manueller Antrieb durch Stange an Konsole. <i>1. Nachtrag</i> vom 01.03.89: Anstelle des Hengstler-Zählwerkes darf eines der Fa. IVO, Typ M 410. A01 verwendet werden
Nestle + Fischer 7295 Dornstetten 1.22-3251.7 Nedo-030588	1.3/89.10 01.11.1989	Typ Nedo-Supermeßrad. Meßgerät für Wegstrecken auf ebenem Grund. Gabelgelagertes Meßrad (1,0 m Nennumfang) mit Kunststoffbelag der Lauffläche. Verbindung zum Rollenzählwerk (IVO, Typ 410) über Zahnriemen. Manueller Antrieb durch Führungsrohr mit Handgriff
Rundholzvermessungsanlagen		
Hamberger Industriewerke GmbH 8200 Rosenheim 2 1.22-6492/86	3.1/86.01 22.04.1986	Typ Jorometer 1000. Meßanlage zur Bestimmung des Durchmessers und der Länge von Holzstämmen. Die Anlage besteht aus Einzugförderer, Meß- und Sortierförderer, Impulsgeber für die Längenmessung, zwei Lichtvorhängen für die Durchmesserbestimmung, Steuereinrichtung, Recheneinheit, Anzeigeeinheit und Registriereinheit (Hauptanzeige) Meßbereich für Durchmesser von 5 cm bis 99 cm und für Längen von 3 m bis 30 m
Klenk Holzwerke GmbH + Co 1.22-3261 Joerg-180489	1.4/89.01 08.06.1989	Typ Jorometer 1000 Klenk. Meßanlage zur Bestimmung des Durchmessers und der Länge von Holzstämmen. Die Anlage besteht aus Einzugförderer, Meß- und Sortierförderer, Impulsgeber für die Längenmessung, zwei Lichtvorhängen für die Durchmesserbestimmung, Steuereinrichtung, Recheneinheit, Anzeigeeinheit und Registriereinheit (Hauptanzeige). Meßbereich für Durchmesser von 5 cm bis 99 cm und für Längen von 3 m bis 30 m
Holtec Gözl, Sängler + Massierer GmbH + Co. KG 5374 Hellenthal-Blumenthal 1.22-3261 Hol-130789	1.4/89.02 27.07.1989	Typ LHV. Meßanlage zur Bestimmung des Durchmessers und der Länge von Holzstämmen. Die Anlage besteht aus Zuführungsförderer, Hubpositionierer, beweglichem Meßrahmen mit zwei Lichtvorhängen für die Durchmesserbestimmung, Abtransportförderer, Impulsgeber für die Längenmessung, Steuereinrichtung, Recheneinheit, Anzeigeeinheit und Registriereinheit (Hauptanzeige). Meßbereich für Durchmesser von 5 cm bis 96 cm und für Längen von 3 m bis 28 m

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Sänger + Massierer KG 2878 Wildeshausen 1.22-3261 Säng-150190	1.4/90.01 29.01.1990	Typ Jorometer 90. Meßanlage zur Bestimmung des Durchmessers und der Länge von Holzstämmen. Die Anlage besteht aus einem Zuführungsförderer, Meß- und Sortierförderer, Impulsgeber für die Längenmessung, zwei Lichtvorhängen für die Durchmesserbestimmung, Steuereinrichtung, Recheneinheit, Anzeigeeinheit und Registriereinheit (Hauptanzeige). Meßbereich für Durchmesser von 5 cm bis 99 cm und für Längen von 3 m bis 30 m
Zählwerke		
Ch. Fischbacher Co. AG CH-9015 St. Gallen 1.22-3251.11 Fiba-20686	1.5/86.14 27.10.1986	Typ Fahrni FF-01/3. Meßwerterfassungseinrichtung bestehend aus Impulsgeber Zivy, Typ ZRZ 50 und einem elektronischem Zählwerk Fahrni, Typ FF-01/3 zur Verwendung an Stoffmeßmaschinen der Bauart Fischbacher. Maximale Zählgeschwindigkeit 120 m/min. Maximale Anzeige 99,99 m. Vor- und Rückwärtszählung mit Testmöglichkeiten der vollständigen Anzeige. Mehrere Vorwahlmöglichkeiten
Irion + Vosseler 7730 VS-Schwenningen 1.22-3251.11 IVO-020587	1.5/87.05 23.06.1987	Typ M 410. Mechanisches Rollenzählwerk für Vor- und Rückwärtszählung zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Maximale Zählgeschwindigkeit 200m/min. Maximale Anzeige 9999,99 m
Grieb-Electronic 6484 Birnstein 7 1.22-3251.11 Grieb-221086	1.5/87.09 20.10.1987	Typ MRG 8 Meßübertragungseinrichtung bestehend aus einem inkrementalen Impulsgeber mit eingebautem elektronischem Zählwerk des Typs MRG 8 und separater numerischer LED-Anzeige sowie einem Epson-Drucker, Typ FX-800 zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Anzeigebereich $\pm 99999,99$ m mit Testmöglichkeiten für LED-Anzeigeelemente und richtige Übertragung der Meßwerte. Vor- und Rückwärtszählung. Keine Vorwahlmöglichkeiten. Maximale Zählgeschwindigkeit 1000 m/min
C. Freudenberg 6940 Weinheim 1.22-3251.11 Freu-210486	1.5/88.01 18.01.1988	Typ LMS Meßwertübertragungseinrichtung bestehend aus Terminal mit Anzeige (INCA-System, Typ BT 501), Drucker (C.I.TOH, Typ 8510 B) und Meßrad mit Impulsgeber (ESTERS, Typ EIK 25059) zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Anzeigebereich von 0 bis + 9999,99 m und zwei Vorwahlmöglichkeiten sowie mehrere Testmöglichkeiten. Vor- und Rückwärtszählung. Maximale Zählgeschwindigkeit 300 m/min
IDS-Datentechnik GmbH 4050 Mönchengladbach 1.22-3251.11 IDS-170189	0.13/89.04 08.03.1989	Typ SKB 615-02 Meßwerterfassungseinrichtung bestehend aus Eingabegerät (ID, Typ Indikator), Drucker (OKI, Typ Microline 182) und Impulsgeber (Hohner, Typ 60/6700) zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Anzeigebereich von 0 bis 999,99 m mit mehreren Testmöglichkeiten. Vor- und Rückwärtszählung. Keine Vorwahlmöglichkeiten. Maximale Zählgeschwindigkeit 300 m/min
ETF Maschinenfabrik BV NL-6030 AA Nederweert 1.22-3251.5 ETF-211288	1.3/89.07 12.10.1989	Typ M 1611 Meßwertübertragungseinrichtung bestehend aus Terminal mit Anzeige (ETF, Typ M 1611), Drucker (DH Print, Typ digiprint 85 ek) und Meßrad mit Impulsgeber (Hohner, Typ PB 105 92 A/50) zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Anzeigebereich von 0 bis 999,99 m mit mehreren Testmöglichkeiten. Vor- und Rückwärtszählung. Mehrere Vorwahlmöglichkeiten für Steuerungsvorgänge. Maximale Meßgutgeschwindigkeit 300 m/min
Irion + Vosseler GmbH + Co. 7730 VS-Schwenningen 1.22-3251.11 IVO-230589	1.3/89.08 25.07.89	Typ NE 205 Meßwertübertragungseinrichtung bestehend aus Impulsgeber (IVO, Typ G 311.05 A), Zählwerk (IVO, Typ NE 205) und Drucker (MARCO, Typ kdm/a) zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Anzeigebereich von 0 bis 9999,99 m mit mehreren Testmöglichkeiten. Vor- und Rückwärtszählung. Mehrere Vorwahlmöglichkeiten für Steuerungsvorgänge. Maximale Zählgeschwindigkeit 3000 m/min
Irion + Vosseler GmbH + Co. 7730 VS-Schwenningen 1.22-3251.11 IVO-211289	1.3/90.02 25.01.1990	Typ M 310 Mechanisches Rollenzählwerk mit Vor- und Rückwärtszählung zur Verwendung an Längenmeßmaschinen. Maximale Geschwindigkeit 60 m/min. Maximale Anzeige 999,99 m

Flächenmeßmaschinen

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen																								
GER-Elettronica s.r.l. I-36075 Montechio-Maggiore 1.22-3250.0 GER-020985	2.2/87.01 30.03.1987	Typ LOTO/S. Meßmaschine zur Bestimmung des Flächeninhalts von unregelmäßig begrenzten Flächen (z.B. Leder). Die Anlage besteht aus mechanischer Fördereinrichtung (Walzen, Rollen), optischer Abtasteinrichtung und Rechner.																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>Nutzbreite in mm</th> <th>Meßbereich in dm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOTO/S</td> <td>1600</td> <td>30 bis 500</td> </tr> <tr> <td>LOTO/S</td> <td>2100</td> <td>30 bis 650</td> </tr> <tr> <td>LOTO/S</td> <td>3200</td> <td>30 bis 999</td> </tr> </tbody> </table>	Typ	Nutzbreite in mm	Meßbereich in dm ²	LOTO/S	1600	30 bis 500	LOTO/S	2100	30 bis 650	LOTO/S	3200	30 bis 999												
		Typ	Nutzbreite in mm	Meßbereich in dm ²																						
		LOTO/S	1600	30 bis 500																						
LOTO/S	2100	30 bis 650																								
LOTO/S	3200	30 bis 999																								
Dickenbereich 0,1 mm bis 4,0 mm; Meßgutgeschwindigkeit 27 m/min; Zusatzeinrichtungen: Meßwertdrucker, Stempelinrichtung Typ LOTO/T																										
GER-Elettronica s.r.l. I-36075 Montechio-Maggiore 1.22-3250.0 GER-220487	2.2/87.02 02.06.1987	Typ LOTO/L. Meßmaschine zur Bestimmung des Flächeninhalts von unregelmäßig begrenzten Flächen (z.B. Leder). Die Anlage besteht aus Nylonschnurförderer für das Meßgut, Beleuchtungs- und optischer Abtasteinrichtung, Längenimpulsgeber und Rechner.																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>Nutzbreite in mm</th> <th>Meßbereich in dm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOTO/L</td> <td>1600</td> <td>30 bis 500</td> </tr> <tr> <td>LOTO/L</td> <td>2100</td> <td>30 bis 650</td> </tr> <tr> <td>LOTO/L</td> <td>3200</td> <td>30 bis 999</td> </tr> </tbody> </table>	Typ	Nutzbreite in mm	Meßbereich in dm ²	LOTO/L	1600	30 bis 500	LOTO/L	2100	30 bis 650	LOTO/L	3200	30 bis 999												
		Typ	Nutzbreite in mm	Meßbereich in dm ²																						
		LOTO/L	1600	30 bis 500																						
LOTO/L	2100	30 bis 650																								
LOTO/L	3200	30 bis 999																								
Dickenbereich 0,1 mm bis 15 mm; Meßgutgeschwindigkeit 27 m/min; Zusatzeinrichtungen: Meßwertdrucker, Stempelinrichtung Typ LOTO/T																										
GER-Elettronica s.r.l. I-36075 Montechio-Maggiore 1.22-3250.0 GER-140188	2.2/88.01 14.03.1988	Typ LOTO/ST. Meßmaschine zur Bestimmung des Flächeninhalts von unregelmäßig begrenzten Flächen (z.B. Leder). Die Anlage besteht aus mechanischer Fördereinrichtung (Walze und Rolle), Nylonschnurförderer für das Meßgut, Beleuchtungs- und optischer Abtasteinrichtung, und Rechner.																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>Nutzbreite in mm</th> <th>Meßbereich in dm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LOTO/ST</td> <td>1600</td> <td>30 bis 500</td> </tr> <tr> <td>LOTO/ST</td> <td>2100</td> <td>30 bis 650</td> </tr> <tr> <td>LOTO/ST</td> <td>3200</td> <td>30 bis 999</td> </tr> </tbody> </table>	Typ	Nutzbreite in mm	Meßbereich in dm ²	LOTO/ST	1600	30 bis 500	LOTO/ST	2100	30 bis 650	LOTO/ST	3200	30 bis 999												
		Typ	Nutzbreite in mm	Meßbereich in dm ²																						
		LOTO/ST	1600	30 bis 500																						
LOTO/ST	2100	30 bis 650																								
LOTO/ST	3200	30 bis 999																								
Dickenbereich 0,1 mm bis 4 mm; Meßgutgeschwindigkeit 30 m/min; Zusatzeinrichtungen: Meßwertdrucker, Stempelinrichtung Typ LOTO/T																										
Kleistronik 4773 Mönnesee-Delecke 1.22-3250.0 Kleis-030588	2.2/88.02 15.08.1988	Typ MK3. Meßmaschine zur Bestimmung des Flächeninhalts von unregelmäßig begrenzten Flächen (z.B. Leder). Die Anlage besteht aus Nylonschnurförderer für das Meßgut, Beleuchtungs- und optischer Abtasteinrichtung, Längenimpulsgeber und Rechner.																								
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nutzbreite in mm</th> <th>Länge in mm</th> <th>Meßbereich in dm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1550</td> <td>4000, 4800</td> <td>30 bis 500</td> </tr> <tr> <td>1760</td> <td>4800, 5800</td> <td>30 bis 650</td> </tr> <tr> <td>1920</td> <td>4800, 5800</td> <td>30 bis 999</td> </tr> <tr> <td>2240</td> <td>4800, 5800</td> <td>30 bis 999</td> </tr> <tr> <td>2400</td> <td>4800, 5800</td> <td>30 bis 999</td> </tr> <tr> <td>3200</td> <td>5800, 6600</td> <td>30 bis 999</td> </tr> <tr> <td>3360</td> <td>5800, 6600</td> <td>30 bis 999</td> </tr> </tbody> </table>	Nutzbreite in mm	Länge in mm	Meßbereich in dm ²	1550	4000, 4800	30 bis 500	1760	4800, 5800	30 bis 650	1920	4800, 5800	30 bis 999	2240	4800, 5800	30 bis 999	2400	4800, 5800	30 bis 999	3200	5800, 6600	30 bis 999	3360	5800, 6600	30 bis 999
		Nutzbreite in mm	Länge in mm	Meßbereich in dm ²																						
		1550	4000, 4800	30 bis 500																						
		1760	4800, 5800	30 bis 650																						
		1920	4800, 5800	30 bis 999																						
		2240	4800, 5800	30 bis 999																						
		2400	4800, 5800	30 bis 999																						
		3200	5800, 6600	30 bis 999																						
		3360	5800, 6600	30 bis 999																						
Dickenbereich 0,1 mm bis 15 mm; Meßgutgeschwindigkeit 30 m/min; Zusatzeinrichtungen: Meßwertdrucker, Stempelinrichtung Typ Metrastamp oder Typ Microprint.																										
Metraplan F-Claix Grenoble 1.22-3250.0 Kleis-030588	2.2/88.02 12.12.1989	Zulassungsübertragung von der Firma Kleistronik, Mönnesee-Delecke																								

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen																					
Miret Duga Resa Jugoslawien 1.22-3250.0 Miret-300687	2.2/88.03 13.09.1988	<p>Typ Planimatik 30-35. Meßmaschine zur Bestimmung des Flächeninhalts von unregelmäßig begrenzten Flächen (z.B. Leder). Die Anlage besteht aus Nylonschnurförderer für das Meßgut, Beleuchtungs- und optischer Abtasteinrichtung, Längenimpulsgeber und Rechner.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>30</th> <th>31</th> <th>32</th> <th>33</th> <th>34</th> <th>35</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nutzbreite in m</td> <td>1,20</td> <td>1,56</td> <td>1,80</td> <td>2,04</td> <td>2,40</td> <td>3,00 3,24</td> </tr> <tr> <td>Länge in m</td> <td>3,0</td> <td>3,0</td> <td>3,5 5,0</td> <td>5,0</td> <td>5,0</td> <td>5,5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dickenbereich 0,1 mm bis 15 mm; Meßbereich bei allen Typen 20 dm² bis 600 dm²; Meßgutgeschwindigkeit 25 m/min; Zusatzeinrichtungen: Meßwertdrucker, Stempelinrichtung</p>	Typ	30	31	32	33	34	35	Nutzbreite in m	1,20	1,56	1,80	2,04	2,40	3,00 3,24	Länge in m	3,0	3,0	3,5 5,0	5,0	5,0	5,5
Typ	30	31	32	33	34	35																	
Nutzbreite in m	1,20	1,56	1,80	2,04	2,40	3,00 3,24																	
Länge in m	3,0	3,0	3,5 5,0	5,0	5,0	5,5																	
Kleistronik 4773 Mönesees-Delecke 1.22-3250.0 Kleis-030189	2.2/89.01 06.04.1989	<p>Typ Pragma 1, 2, 3. Meßmaschine zur Bestimmung des Flächeninhalts von unregelmäßig begrenzten Flächen (z.B. Leder). Die Anlage besteht aus mechanischer Fördereinrichtung (Walze und Rollen), optischer Abtasteinrichtung und Rechner.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Typ</th> <th>Nutzbreite in m</th> <th>Meßbereich in dm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pragma 1</td> <td>1,60</td> <td>30 bis 500</td> </tr> <tr> <td>Pragma 2</td> <td>2,24</td> <td>30 bis 750</td> </tr> <tr> <td>Pragma 3</td> <td>3,20</td> <td>30 bis 999</td> </tr> </tbody> </table> <p>Dickenbereich 0,1 mm bis 15 mm; Meßgutgeschwindigkeit 25 m/min; Zusatzeinrichtungen: Solidiergerät Numeric; Stempelinrichtung Timbratore</p>	Typ	Nutzbreite in m	Meßbereich in dm ²	Pragma 1	1,60	30 bis 500	Pragma 2	2,24	30 bis 750	Pragma 3	3,20	30 bis 999									
Typ	Nutzbreite in m	Meßbereich in dm ²																					
Pragma 1	1,60	30 bis 500																					
Pragma 2	2,24	30 bis 750																					
Pragma 3	3,20	30 bis 999																					

Volumenmeßgeräte für nichtflüssige Meßgüter

A. Tepe GmbH 2848 Vechta 1 1.22-3261 Te-070488	3.2/89.01 20.07.1989	<p>Typ 2000. Anlage zum Abfüllen und Messen des Volumens von Bindemitteln (Zement, Kalk, Anhydrid) und mineralischen Zuschlagstoffen (Sand, Kies mit Korngrößen bis 8 mm). Anlage besteht aus 2-Kammersilo, 2 Dosierrädern, Fallrohre zur Misch- und Förderschnecke, Auslaufrohr. Dosierräder sind regelbar im Bereich von 2 U/min bis 20 U/min. Sicherheit gegen mechanische Störungen durch Impulsüberwachungsrelais</p>
A. Tepe GmbH 2848 Vechta 1 1.22-3261 Te-070488	3.2/89.01 10.07.1989	<p>1. Nachtrag vom 7.2.1990 Die optoelektronischen Impulsgeber werden durch induktive Impulsgeber ersetzt. Für die Aktivierung der Impulsgeber sind zusätzlich zwei Zahnräder (eines für Zuschlagstoffe mit 24 Zähnen und eines für Bindemittel mit 12 Zähnen) installiert worden.</p>
LBM 3380 Goslar 1.22-3261 LBM-010989	3.2/90.01 01.02.1990	<p>Typ VDV-50/300 D. Anlage zum Abfüllen und Messen des Volumens von granulatartigem Meßgut in Säcken im Bereich von 30 l bis 60 l. Anlage besteht aus Zuführungstrichter, Füllstandsmelder, 2 mal 2-teiligem Becher ineinanderschickbar. Volumen kann auf Skala mit Zeiger abgelesen werden.</p>

Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser

Dresser Europe S.A. Einbeck 1.32.4-5.631 DRE 89.04	5.631 89.04 12.12.89	Tankautomat als Zusatzeinrichtung zu Hubkolbenzählern, Typ PT 2000 Weiterentwicklung der Zulassungen E5.574/86.34 und E5.534/86.14
--	--	--

N

Zu
PTSa
Al1.1
Sa
Gö1.1
Bi
Ba

1.1

To
Kü

1.1

AS
Wi

1.1

W
W

1.1

S+
Oh

1.1

Pr
En

1.1

IB
Bi

1.1

Ho
Of

1.1

PTB Nr. Ex -	Glossar 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
	Maihak AG, D-2000 Hamburg 60 30.0 Anzeigerkopf		
BVS Nr. 86.B.2010	MBA .2-R-		EEx de IIC T6
	MÜTec Meß- und Regelungstechnik GmbH, D-2105 Seevetal 6 33.0 Meßumformer		
BVS Nr. 89.C.2036 X	MUI 203 **		[EEx ia] IIC [EEx ib] IIC [EEx ia/ib] IIC
	Oelmann Elektronik Bennigsen GmbH, D-3257 Springe 2 9.0 Anrufmelder		
BVS Nr. 89.C.2185	QE 94		EEx ib IIC T6
	Philips GmbH, D-2000 Hamburg 73 14.0 Signal-Converter		
BVS Nr. 89.C.2019 X	CON 0../T6		EEx ib IIC T6
1. Nachtrag			
	Philips GmbH, D-3500 Kassel 31.0 Wägemodul		
BVS Nr. 87/2075	PR 1590/6.		[EEx ib] IIC bzw. [EEx ib] IIB
1. Nachtrag			
	Hermann RUF GmbH & Co. KG, D-6800 Mannheim 24 30.0 Elektroneinheit		
BVS Nr. 88.B.2003	HR-0125		EEx ia IIC T6
1. Nachtrag			
	Samson AG, D-6000 Frankfurt 1 14.0 Magnetventil		
BVS Nr. 89.C.2189	3701-4...		EEx ia IIC T6
	SENSYCON GMBH, D-3000 Hannover 1 32.0 Umformer		
BVS Nr. 90.C.2001 X	Doc. 900 78.		EEx ib IIC T4, T5 bzw. T6
	Siemens AG, D-8510 Fürth 99.0 Industrieroboter		
BVS Nr. 89.C.1073 X	Manutec r15-Ex	max. 550 V max. 16 A	EEx p [ib] IIC T4
	SIS Bartlewski KG, d-8011 München-Vaterstetten 30.0 Standmeßeinrichtung		
BVS Nr. 84/2166	UP-FMN-ZO/A.....F bzw. UP-FMN-ZO/O.....F		EEx ib IIC T4
1. Nachtrag			
	TPK Karl Kapfer, D-7108 Möckmühl 1.0 Elektronische Textanzeige		
BVS Nr. 90.C.2007 X	qs82K-1607-....	max. 32 V	EEx q ib IIC T6
	TRION Präzisionselektronik GmbH & Co. KG, D-1000 Berlin 65 8.0 Tastaturanschluß-Modul		
BVS Nr. 88.B.2014 X	EExTast		EEx ib IIC T6
	8.0 Koppel-Baugruppe		
BVS Nr. 89.C.2014	NCxTra 5P3		[EEx ib] IIC
	19.0 Anzeige- und Bedienstation		
BVS Nr. 89.C.2020	EExTerm		EEx ib IIC T6
	Feingerätebau Tritschler GmbH, D-7887 Laufenburg 56.0 Schnittstellenadapter		
BVS Nr. 90.C.2013 X	K 891/SSA	$U \leq 8,7 \text{ V}$ $I \leq 193,7 \text{ mA}$ $L_a \leq 0,5 \text{ mH}$ $Ca \leq 4 \mu\text{F}$	[EEx ib] IIC

PTB Nr. Ex -	Glossar 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
	VEB Geräte- und Regler-Werke Teltow, DDR-1530 Teltow 14.0 Druckmeßumformer		
BVS Nr. 85.B.2149	GH... ..F..Ex bzw.		EEx ib IIC T6 bzw.
2. Nachtrag	GHU... ..F..Ex		EEx ib IIC T5
	VEGA Grieshaber GmbH + Co., D-7622 Schiltach 30.0 kapazitive Meßsonden		
BVS Nr. 88.B.2056 X	23... Ex		EEx ia IIC T6
1. Nachtrag			
	Whesoe S.A., F-62100 Calais 30.0 Meßsonde		
BVS Nr. 89.C.2188 X	1210-4-.....		EEx ia IIB T4
	XIV. Abzweigdosen-, Anschluß-, Abzweig- und Verbindungskästen, Gehäuse, Leitungsdurchführungen, Klemmen usw.		
	Garbe, Lahmeyer & Co. AG, D-5100 Aachen 56.1 Anschlußkästen		
BVS Nr. 90.C.3100 U	F 279 703 E 279 704 E 279 298		EEx e II
	F.H. Papenmeier GmbH & Co. KG, D-5840 Schwerte 6.0 Leitungseinführung		
BVS Nr. 90.C.1002 U	LE-.. bis 250 V		EEx d II
	XV. Sonstige explosionsgeschützte Betriebsmittel		
	Süddeutscher Kondensatorenbau, Max Ostentrieder KG, D-8036 Herrsching 27.3 Kondensatoren		
BVS Nr. 88.B.2099 X	5.		EEx q II T4 bzw. T5 bzw. T6
2. Nachtrag			
PTB Nr. III B/C	Hersteller/Antragsteller	Fabrikat	Isolierstoff- klasse
	XVII. Tränklacke und Tränkharzmassen		
666 U	BASF Lacke + Farben AG 2000 Hamburg 28	Tränkharz Dobekkan FT 1052/60-30	F
667 U	BASF Lacke + Farben AG 2000 Hamburg 28	Träufelharz Dobekkan FN 1009/2-85-120	F
668 U	Herberts GmbH 5600 Wuppertal 2	Tränkharz E 8562	F
669 U	Herberts GmbH 5600 Wuppertal 2	Tränkharz E 8573	F
670 U	Herberts GmbH 5600 Wuppertal 2	Tränkharz E 8565	F
671 U	Herberts GmbH 5600 Wuppertal 2	Tränkharz E 8571	F
672 U	Herberts GmbH 5600 Wuppertal 2	Tränkharz E 9573	F

Prof. Dr. Rudolf Martin zum 65. Geburtstag



Am 4. März 1990 vollendete Direktor und Professor Dr. phil. Rudolf Martin, Leiter der Abteilung 1 „Mechanik und Akustik“ der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt, sein 65. Lebensjahr und schied damit Ende März aus dem aktiven Dienst aus.

R. Martin wurde in Neusalz an der Oder geboren und verlebte seine Jugend in seiner niederschlesischen Heimat. Nach dem Abitur, das er im Jahre 1943 in Neusalz ablegte, konnte er noch in Breslau, wo Prof. Schäfer zu seinen ersten Lehrern gehörte, sein Physikstudium aufnehmen. Bedingt durch die Kriegsfolgen, mußte er jedoch die Universität wechseln und ging deshalb nach Marburg. Hier bestand er 1949 die Diplomprüfung und konnte 1952 mit einer Arbeit über die massenspektroskopische Trennung und optische Untersuchung der Silber- und Kupferisotope bei Prof. Walcher zum Dr. phil. promovieren. Aus dieser Zeit stammen seine ersten wissenschaftlichen Veröffentlichungen über Probleme der Isotopieverschiebung im Silber- und Kupferspektrum, die zugleich den Start in eine an Publikationen reiche berufliche Laufbahn markieren, zu deren Schwerpunkten akustische Aspekte des Umweltschutzes im weitesten Sinne werden sollten.

Auf dem Weg über ein gemeinsam vom Institut für Baustoffkunde der TH Braun-

schweig und der Abteilung „Akustik“ der PTB bearbeitetes Forschungsvorhaben, das ihn mit Fragen der Körperschallmessung in Wohnbauten konfrontierte, kam R. Martin im Jahre 1953 – nach kurzer Industrietätigkeit bei der Fa. Hoesch in Hohenlimburg – zurück nach Braunschweig und trat in den Dienst der PTB ein. Als wissenschaftlicher Mitarbeiter des Laboratoriums für Geräuschmessung konnte er bereits auf seine Erfahrungen auf dem Gebiet der Schwingungsmeßtechnik zurückgreifen – eine Thematik, für die er sich Zeit seines Lebens besonders intensiv engagiert hat. Daneben gewannen Fragen der Geräuschmeßtechnik, anfangs vor allem die Erfassung des Verkehrslärms, zunehmend an Bedeutung.

10 Jahre später bot sich ihm die Chance, die Leitung des Laboratoriums zu übernehmen und damit in noch stärkerem Maße zukunftsweisende Impulse für die Arbeitsgebiete der Geräuschmeßtechnik, die jetzt auch um die subjektiven Aspekte der Lärmwirkung und Lärmbewertung erweitert wurden, sowie für die Kalibrierung von Schwingungsaufnehmern zu geben. Bereits nach sechs weiteren Jahren wurde R. Martin, der inzwischen durch die aus seinem Laboratorium hervorgegangenen Arbeiten internationales Ansehen erworben hatte, zum Leiter der Gruppe „Hörakustik“ ernannt.

Zu seinen besonderen Verdiensten ist die Entwicklung eines Impulsschallpegelmessers zu rechnen, der die Krönung jahrelanger Bemühungen um eine dem Gehör angemessene Behandlung von Schallereignissen mit stark ausgeprägter Zeitstruktur darstellt. Die Entwicklung derartiger Meßverfahren und mehr noch ihr Einsatz in der Praxis, vor allem ihre Anwendung im Rahmen gesetzlicher Verordnungen, setzt neben einer Beherrschung der Meßtechnik aber auch eine weitgehende Einigung über verfahrenstechnische Details voraus, die in Normen festgeschrieben werden müssen. So ist es nur folgerichtig, wenn wir R.

Martin in einer Vielzahl von Ausschüssen (OIML, ISO, IEC, VDI, DIN) als stets aktiven Mitarbeiter finden. Seine Akribie auf diesem Gebiet hat ihm maßgebliche Positionen wie den Vorsitz des FANAK Akustik und Schwingungstechnik sowie des interdisziplinären Arbeitskreises für Lärmwirkungen beim Umweltbundesamt oder einen Sitz im Beirat und Vorstand der VDI-Kommission Lärminderung eingebracht. Sichtbarer Ausdruck für die hohe Anerkennung, die ihm für diese Tätigkeiten zuteil wurde, war die Verleihung der DIN-Ehrendnadel im Jahre 1978 und der VDI-Medaille im Jahre 1979.

Seit dem 1.8.1985 leitete R. Martin die Abteilung 1 „Mechanik und Akustik“. Mit großem persönlichen Einsatz hat er sich der Aufgabe gewidmet, die zu diesem Zeitpunkt zusammengeführten Gruppen aus der ehemaligen Abteilung „Mechanik“ und der früheren Abteilung „Akustik“ zu einer neuen Abteilung zu integrieren, und alle Mitarbeiter erfolgreich zu kooperativer Zusammenarbeit zu motivieren verstanden. Stetes Engagement für sachlich fundierte und gerechte Lösungen und diplomatisches Geschick charakterisieren seinen Führungsstil. Seinem Nachfolger kann er eine voll funktionsfähige Organisationseinheit mit eindeutigen Schwerpunkten für das kommende Jahrzehnt übergeben.

Als Mitglied der DAGA-Trägerversammlung sowie vor allem als Hauptschriftleiter der Zeitschrift *Acustica* wird er seine berufliche Erfahrung und sein internationales Ansehen auch über den Zeitpunkt seiner Pensionierung hinaus in den Dienst der Wissenschaft stellen können und sich – so, wie wir ihn kennen – noch neue Betätigungsfelder im Bereich der von ihm so hoch geschätzten Akustik erschließen. Dazu wünschen ihm seine Kollegen, Mitarbeiter und Freunde noch viele Jahre voller Schaffenskraft und verbinden mit einer herzlichen Gratulation zu seinem 65. Geburtstag ihre besten Wünsche für den verdienten Ruhestand.

J. M.

Prof. Dr. Hermann de Boer neuer Leiter der Abteilung Mechanik und Akustik



Mit Wirkung vom 1. April 1990 hat der Präsident der PTB Herr Direktor und Professor Dr.-Ing. Hermann de Boer zum Leiter der Abteilung Mechanik und Akustik berufen. Herr de Boer tritt damit die Nachfolge von Herrn Prof. Dr. Rudolf Martin an, der Ende März in den Ruhestand ging.

Herr de Boer wurde am 26. März 1937 in Norden geboren. Von 1957 bis 1965 studierte er an der Universität Tübingen Physik. Am 1. Januar 1966 trat er in die Physikalisch-Technische Bundesanstalt ein. Nach seiner Promotion, die er 1973 mit einer Dissertation über den Einfluß von Tragebewegungen auf den Gang von Uhren mit Unruhe erfolgreich beendete, wurde ihm die Leitung des PTB-Laboratoriums für Uhrentechnik übertragen. Seit Dezember 1974 leitet er die Gruppe „Zeit, Frequenz“ und hat wesentlich mit dazu beigetragen, daß die in der PTB dargestellte und von ihr verbreitete Atomzeit eine führende Rolle bei der Bildung der internationalen Zeitskala einnimmt.

Wissenschaftliche Arbeiten unter der Leitung und Mitwirkung Herrn de Boer's sind Bestimmung der Gravitationskonstante, Optisches Pumpen in Cs-Atomuhren, Ionenfallen, Zeitskalen.

Über 30 Veröffentlichungen zeugen von den erreichten Ergebnissen.

In der Abteilung Mechanik und Akustik erwarten den neuen Leiter schwierige neue Aufgaben. So müssen in den 16 Laboratorien der Fachgruppen Masse, Kraft, Fluidmechanik, Physikalische Akustik sowie Hörakustik wichtige wissenschaftliche Probleme bearbeitet werden. Darüber hinaus haben in den nächsten Jahren die Aufgaben im Zusammenhang mit der Errichtung des gemeinsamen europäischen Marktes ein besonderes Gewicht.

ptb

Professor Dr.-Ing. Dieter Kind ist EUROMET-Vorsitzender

Prof. Dr.-Ing. Dieter Kind, Präsident der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig und Berlin (PTB), wurde am 15. März 1990 anlässlich der Jahrestagung des EUROMET-Komitees in Lissabon zum neuen Vorsitzenden dieses Gremiums gewählt. Er ist damit Nachfolger von Dr. P. Dean, dem Direktor des National Physical Laboratory (NPL) in Teddington bei London.

EUROMET ist eine Organisation für die Zusammenarbeit des staatlichen Meßwesens aller EG- und EFTA-Länder. Im Rahmen von EUROMET werden gemeinsame meßtechnische Projekte durchgeführt, Absprachen über Arbeitsteilung getroffen und Informationen über größere Investitionen und über Details der wissenschaftlichen Arbeit ausgetauscht. EUROMET dient auch der Vorbereitung der metrologischen Staatseinstitute auf den „Gemeinsamen Markt 1993“ und schafft die Voraussetzung für die Einheitlichkeit des Messens in Wissenschaft, Wirtschaft und Industrie in Europa.

ptb

In konventionellen Laser-Doppler-Anemometern (LDA) werden für diese Zwecke große Gaslaser wie z.B. Argon-Ionen-Laser oder He-Ne-Laser eingesetzt, so daß die Meßsysteme sehr schwer und unhandlich werden und aufwendige mechanische Verschiebetische zur Traversierung erforderlich sind. Leistungsstarke Diodenlaser bieten demgegenüber die Chance, kleine kompakte Sensoren zu entwickeln, die viel bequemer zu handhaben, gleichzeitig leistungsfähiger sind und neue Anwendungsgebiete sowie Meßmöglichkeiten erschließen.

Ergebnis: Ausgehend von den Erfahrungen bei der Entwicklung eines miniaturisierten portablen wellenlängenstabilisierten Rückstreu-LDA für Geschwindigkeitsmessungen bis ca. 100 m/s mit „single stripe“, Diodenlasern und Avalanchedioden, wurde ein neues Meßverfahren, das „Laser-Array Velocimeter, LAV“, entwickelt. Bei diesem LAV werden phasengekoppelte Diodenlaser-Arrays als leistungsstarke kohärente Lichtquelle verwendet, die Ausgangsleistungen bis 1000 mW liefern.

Durch die Fokussierung der sogenannten „Nahfeldverteilung“ des Arrays in die Strömung entsteht am Abbildungsort ein System von Lichtschranken, welches zur berührungslosen optischen Geschwindigkeitsmessung, ähnlich wie beim LDA, verwendet werden kann.

Die Vorzüge des LAV gegenüber LDA bestehen darin, daß nur noch ein Laserstrahl zur Erzeugung eines Lichtschranken-Systems notwendig ist und nicht mehr zwei sich schneidende Strahlen wie beim LDA benötigt werden und das LAV noch wesentlich kompakter gestaltet werden kann. Darüberhinaus liefern Dioden-Arrays sehr große optische Ausgangsleistungen, so daß solche Systeme für Hochgeschwindigkeitsmessungen eingesetzt werden können.

Die berechnete Lichtintensitätsverteilung eines phasengekoppelten Diodenarrays im Nahfeld und im Übergang zum Fernfeld ist im Titelbild für den Fall wiedergegeben, bei dem die Einzeldioden in Antiphase schwingen und die Dioden also eine starke Phasenkopplung von $\Delta\varphi = 180$ Grad aufweisen.

Wirtschaftliche Bedeutung: Miniatur-Strömungssensoren auf Halbleiterbasis werden sich in der Zukunft durchsetzen, da die sehr viel einfacher als herkömmliche Glaslaser-Systeme einsetzbar, erheblich preiswerter und leistungsfähiger als konventionelle Sensoren sind und neue Anwendungen in der Verfahrenstechnik und Umweltmeßtechnik erschließen können.

Aus diesem Grund hat die PTB mit einem deutschen mittelständigen Unternehmen, der Firma Polytec in Waldbrunn, einen Lizenzvertrag abgeschlossen. Das Laboratorium für Strömungsmesstechnik stellte auf der INTERKAMA 89 die Miniatur-Sensoren nach LDA und LAV Prinzip mit entsprechenden Signalprozessoren aus.

PTB-Forschungsvorhaben

Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten von leistungsstarken phasengekoppelten Laserdioden-Arrays in der Strömungsmesstechnik

Auftraggeber: Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

Projektleiter: Dr. rer. nat. Dietrich Doppeide, Laboratorium für Strömungsmesstechnik

Zielsetzung: Physikalische Grundlagenuntersuchungen an phasengekoppelten Laserdioden-Arrays in Hinblick auf den Einsatz in der optischen Strömungsmessung zwecks Entwicklung eines Miniatur-Strömungssensors für Hochgeschwindigkeitsmessungen.

Arbeitsprogramm/Lösungsweg: In der experimentellen Strömungsforschung besteht ein zunehmender Bedarf an kleinsten optischen Sensoren in Kompaktbauweise, die für den Einsatz in schwierig zu messenden Strömungsfeldern konzipiert sind, wie z.B. Geschwindigkeitsprofilmessungen an Tragflächen von Flugzeugen im Fluge oder an Kraftfahrzeugen während der Fahrt, Windkanalmessungen sowie Verfahrenstechnik und Durchflußmessungen.

Veröffentlichungen

- [1] *Dopheide, D.; Taux, G.; Reim, G.; Faber, M.*: Entwicklung von miniaturisierten optischen Sensoren mit Laserdioden und phasengekoppelten Laserdiodenarrays für die Strömungsmessung. In: PTB-Mitt. **98** (1989), S. 30–34
- [2] *Dopheide, D.; Faber, M.; Taux, G.; Reim, G.*: Laser and avalanche diodes for velocity measurements by laser Doppler anemometry. In: Experiments in Fluids **88** (1988), S. 298–297
- [3] *Dopheide, D.; Faber, M.; Taux, G.; Reim, G.*: A portable frequency stabilized laser diode backscatter semiconductor LDA for high velocity applications. In: Conference Proceedings of the 4th International Symposium on Applications of Laser Anemometry to Fluid Mechanics, Lisbon, 11.–14. July 1988, paper 4.4
- [4] *Dopheide, D.; Faber, M.; Taux, G.; Reim, G.*: The application of phase-coupled laser diode arrays for LDA and a new technique: The laser array velocimeter LAV. In: Conference Proceedings of the 4th International Symposium on Applications of Laser Anemometry to Fluid Mechanics, Lisbon, 11.–14. July 1988, paper 2.4
- [5] *Dopheide, D.; Faber, M.; Reim, G.; Taux, G.*: Diode Lasers and Phase Coupled Arrays for industrial Velocity and Flowrate Measurements. In: Conference Proceedings of the MIOP '89, 4th Exhibition and Conference of Ultra High Frequency Technology, Sindelfingen, 28. Februar – 2. März 1989, Session 38, paper 3. B. 3
- [6] *Dopheide, D.; Faber, M.; Taux, G.*: New Optoelectronic Velocity and Flowrate Measuring Methods using Semiconductor Lasers and Photodiodes. In: Conference Proceedings of the 5th International Conference on Flow Measurement, FLOMEKO '89, Düsseldorf, 9.–10. Oktober, p. 341–351
- [7] *Dopheide, D.; Strunck, V.; Faber, M.*: Phased Arrays for Velocity Measurements and Signal Processings. In: Conference Proceedings of the 13th International Congress on Instrumentation in Aerospace Simulation Facilities, Göttingen, 18.–21. September 1988, p. 12–18
- [8] *Dopheide, D.; Bauckhage, K.; Schöne, F.*: Phase doppler measurements using laser and avalanche photodiodes in a backscattering arrangement. In: Conference Proceedings of the 3rd International Conference on Laser Anemometry – Advances and Applications, Swansea Wales, 26.–28. September 1988, paper 2.1

Aktuelles Schrifttum zum Meß- und Eichwesen¹⁾

- Anderson, W. L. und C. E. Jensen*: Instrumentation for Time-Resolved Measurement of Ultrasound Velocity Deviation. IEEE Transact.. **IM 38**, Nr. 4 (1989), S. 913–914
- Ando, M. u. T. Miyahara* (Herausg.): Proceed. of the 3rd Int. Conf. on Synchrotron Radiation Instrumentation. Rev. Scient. Instr. **60**, Nr. 8 (1989)
- Arndt, W.*: Qualität entscheidet – die Zukunft der „Industriellen Meßtechnik“ hat erst begonnen. Werkstattstechn. Nr. 9 (1989), S. 541–544
- Artiglia, M. u.a.*: Mode Field Diameter Measurements in Single-Mode Optical Fibers. J. Lightwave Technol. **7**, Nr. 8 (1989), S. 1139–1152
- Astrov, N. D. u.a.*: Precision Gas Thermometry between 2.5 K and 308 K. metrologia **26**, Nr. 3 (1989), S. 151–166
- Beck, M. S. u.a.*: Mass-Flow Measurement of Solids using Electrodynamic and Capacitance Transducers. J. Phys. E: Scient. Instr. **22**, Nr. 9 (1989), S. 712–719
- Bor, Z., Z. Gogolak und G. Szabo*: Femtosecond-Resolution Pulse-Front Distortion Measurement by Time-of-Flight Interferometry. Opt. Letters **14**, Nr. 16 (1989), S. 862–864
- Brzuke, G.*: Der Eichpegelmessers EPM-1, ein wichtiges Normal in der AEG-Kalibrierstelle Ulm. Z. bits Nr. 50 (1989), S. 14–15
- Buchholz, D. u.a.*: Überspannungsmeßgerät. Elektrie **43**, Nr. 6 (1989), S. 219–221
- Burov, J. I. und D. V. Ivanov*: Multibeam Interferometric Methods for Measuring very small Periodic Displacements. Appl. Opt. **28**, Nr. 16 (1989), S. 3343–3349
- Busch, W.*: Automatisierte optische Fertigungsmeßtechnik im Produktionsprozeß. Qualität u. Zuverlässigk. **35**, Nr. 2 (1990), S. 111–112
- Caldwell, D.-H. und J. A. Ferling*: Analytic Modeling for Electronic Test Equipment Adjustment Policies. NLSL Newsl. **30**, Nr. 1 (1990), S. 17–23
- Conway, W. D.*: Countercurrent Chromatography – Apparatus, Theory and Applications. VCH Verl., Weinheim 1989
- Creath, K.*: Calibration of Numerical Aperture Effects in Interferometric Microscope Objectives. Appl. Optics **28**, Nr. 16 (1989), S. 3333–3338
- Danigel, H., H. Gross und W. Zumbunn*: Faseroptisches Photometer für die Chemie-Prozeßmeßtechnik. Techn. Messen **56**, Nr. 7/8 (1989), S. 285–290
- Domingues, D., K. v. Klitzing und K. Ploug*: Optimization of the Contact Geometry for Accurate Quantized Hall Resistance Measurements. metrologia **26**, Nr. 3 (1989), S. 197–202
- Draxler, K.*: Kalibrierung von Strom-Meßwandlern mit Hilfe eines Toroid-Strom-

- komparators (in tschechisch). Standardizace **14**, Nr. 10 (1989), S. 379–383
- Ensslin, H.*: Einführung und Zertifizierung eines Qualitätssicherungssystems. Qualität u. Zuverlässigk. **35**, Nr. 2 (1990), S. 69–72
- Feller, U.*: Bestimmung der Meßunsicherheiten im elektrischen Kalibrierwesen. Bull. SEV **80**, Nr. 17 (1989), S. 1083–1088
- Feller, U.*: Statistische Auswertung von Meßresultaten. Bull. SEV **80**, Nr. 15 (1989), S. 947–956
- Fin, M. und M. N. Baibich*: Inexpensive Conductance Measurement Device for Low Temperature Thermometry. J. Phys. E: Scient. Instr. **22**, Nr. 9 (1989), S. 700–701
- Frère, H.*: Meßtechnik für analoge Übertragungssysteme – Innovation ausgeschlossen? Z. bits Nr. 50 (1989), S. 4–5
- Giacomo, P.*: La Mesure, Charnière entre la Connaissance et l'Action. Bull. BNM **20**, Nr. 78 (1989), S. 7–10
- Grabowski, D., U. Scherff und R. Köteritzsch*: Präzisionsmeßtechnik mit Intelligenz. Techn. Messen **56**, Nr. 9 (1989), S. 341–347
- Haug, A.*: Grundlagen der angewandten Elektrischen Meßtechnik. Verl. Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden 1989
- Hentschel, M. P. und A. Lange*: Röntgen-Beugungs-Raster-Mikroskopie – Eine erste Untersuchung an multilaminarem Kohle-Faser-Komposit großer Dicke. Der Maschinenschaden **62**, Nr. 5 (1989), S. 193–195
- Hermier, Y. und G. Bonnier*: Transfer de l'Echelle de Température dans le Domaine 54 K–90 K sur les Thermomètres dits à „Longue Tige“. Bull. BNM **20**, Nr. 78 (1989), S. 27–30
- Holpp, W.*: Radar- und Radiometer-Sensoren im Millimeterwellen-Bereich. ntz-Arch. **11**, Nr. 4 (1989), S. 165–174
- Iskra, S. und I. P. Macfarlane*: H-Field Sensor Measurement Errors in the Near-Field of a Magnetic Dipole Source. IEEE Transact. EMC **31**, Nr. 3 (1989), S. 3065–3110
- Jaksch, H. und U. Ricklefs*: Optische Qualitätsprüfung mit Bildverarbeitung. Feinwerktechn. u. Messtechn. **97**, Nr. 12 (1989), S. 545–548
- Jalmuzny, W.*: Bestimmung des Gesamtfeldes von Stromwandlern im Überstromgebiet mittels Spannungsabbildungsmethode. Elektrie **43**, Nr. 6 (1989), S. 213–215
- Jordan, J. R. u.a.*: Dynamic Position Measurement Technique for Flash-on-the-Fly Wafer Exposure. Prec. Engineer. **11**, Nr. 3 (1989), S. 127–133
- Jurashek, J. R., C. A. Hoer und R. F. Kaiser*: Calibrating Network Analyzers with Imperfect Test Points. IEEE Transact. IM **38**, Nr. 4 (1989), S. 898–901
- Königer, F.*: Measurement System for the Precise Determination of Dielectric Properties in the mm-Wave Range Based on Hemispherical Open Resonators. Frequenz **43**, Nr. 7/8 (1989), S. 209–213
- Kostov, K.*: Metrologie von Zeit und Frequenz – Zeitsysteme (in tschechisch). Standardizace **14**, Nr. 10 (1989), S. 384–386
- Kunckel, K.-H.*: Stromwandler – Stand der Entwicklung. Elektrie **43**, Nr. 6 (1989), S. 208–210
- Leonhard, W.*: Digitale Signalverarbeitung in der Meß- und Regelungstechnik. Verl. Teubner, 1989
- Levin, S. F. und A. P. Blinov*: Garantiefreigrenzen bei der Lösung metrologischer Probleme durch statistische Methoden (in russisch) Izmerit. Tekhn. **31**, Nr. 12 (1988), S. 5–7

1) Deutsch-, englisch- und französischsprachige Titel werden in der Originalfassung, anderssprachige Titel in Übersetzung wiedergegeben.

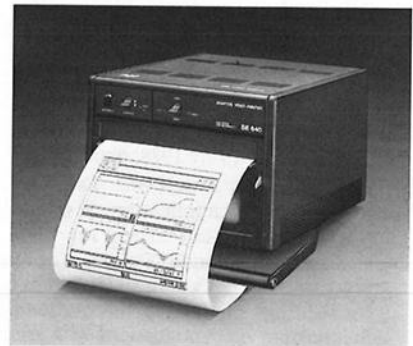
- Ligrani, P. M., B. A. Singer und L. R. Braun:* Miniature Five-Hole Pressure Probe for Measurement of Three Mean Velocity Components in Low-Speeded Flows. *J. Phys. E: Scient. Instr.*
- Linß, G., M. Kögler und K.-J. Rennert:* Automatisierte Prüfung von Präzisionsmeßgeräten. *Feingerätetechn.* **38**, Nr. 9 (1989), S. 399-400
- Malinovskii, B. N. u.a.:* Erfahrungen mit der Entwicklung EDV-gestützter und problemorientierter Meßlaboratorien (in russisch). *Ismerit. Tekhn.* **32**, Nr. 1 (1989), S. 13-15
- Mangum, B. W.:* A New Temperature Scale, the International Temperature Scale of 1990 is adopted. *NLSL Newsl.* **30**, Nr. 1 (1990), S. 4-10
- Marcarino, P. u.a.:* Contamination of Platinum Resistance Thermometers at High Temperature through their Silica Sheaths. *metrologia* **26**, Nr. 3 (1989), S. 175-182
- Mordhorst, H.-J. und A. Weckenmann:* Einfluß der Antaststrategie auf Meßergebnisse und deren Unsicherheit beim Messen mit Koordinatenmeßgeräten. *Qualität u. Zuverlässigk.* **35**, Nr. 1 (1990), S. 25-30
- Ohnesorge, W.:* Dickschichtstrukturen optisch messen. *Feinwerktechn. u. Messtechn.* **97**, Nr. 12 (1989), S. 549-550
- Ostholt, H. und M. Hermanski:* Experimentelle Ermittlung dominierender Schallquellen durch Hauptkomponenten-Analyse. messen, prüfen, automatisieren Nr. 7/8 (1989), S. 327-331
- Peggs, G. N. und P. A. McKeown:* Creating a Standard Infrastructure for Co-Ordinate Measurement Technology in the UK. *Annals CIRP* **38**, Nr. 1 (1989), S. 521-524
- Peier, D.:* Elektromagnetische Verträglichkeit. Verl. Hüthig, 1989
- Pfeifer, T., W. Kimmelman und R. Schmitt:* Netzkompatible Meßdatenhandhabung in flexible automatisierten Mehrstellenmeßgeräten. *Techn. Messen* **56**, Nr. 9 (1989), S. 326-331
- Pinot, P. und P. Riety:* Baromètre Automatique de Hause Précision. *Bull. BNM* **20**, Nr. 78 (1989), S. 17-25
- Prock, J.:* Ein allgemeines Konzept zur Online-Meßfehlererkennung in dynamischen Systemen. *Automatisierungstechn.* **37**, Nr. 8 (1989), S. 289-294
- Reich, H.:* Dosimetrie ionisierender Strahlen. Verl. Teubner, 1989
- Reihlen, H.:* Auswirkungen des EG-Binnenmarktes auf die technische Regelsetzung. *DIN Mitt.* Nr. 9 (1989), S. 449-457
- Rothe, L.:* Rezeptive Sensor-Komponenten für den Spektralbereich der Mikro- und Millimeterwellen. messen, steuern, regeln **32**, Nr. 8 (1989), S. 356-360
- Saffmann, M.:* Phasen-Doppler-Methode zur optischen Partikelgrößenmessung. *Techn. Messen* Nr. 7/8 (1989), S. 298-303
- Sarkowski, II. (Herausg.):* Meßtechnik bei Elektronikgeräten. expert Verl. 1989
- Savostenko, P. I. und S. P. Serbin:* Heißdraht-Anemometer anwendbar für einen großen Temperaturbereich des strömenden Mediums (in russisch). *Izmerit. Tekhn.* **31**, Nr. 12 (1988), S. 21-24
- Sazhin, M. V.:* Millisekunden - Zeitzeichen und Zeitskala (in russisch). *Ismerit. Tekhn.* **32**, Nr. 1 (1989), S. 27-28
- Schmitt-Thomas, K. G. und Th. Brenken:* Dynamische Benetzungsmessung: *Feinwerktechn. u. Messtechn.* **97**, Nr. 12 (1989), S. 553-555
- Schumacher, B. F.:* Toward an International Standard for Calibration Systems. *NLSL Newsl.* **30**, Nr. 1 (1990), S. 27-31 u. S. 55
- Seegräber, L.:* Automatisierte Ultraschallprüfung. *Qualität u. Zuverlässigk.* **35**, Nr. 2 (1990), S. 113-114
- Selbach, H.:* Anwendung von Laser-Doppler-Vibrometern in Qualitätssicherung und Forschung. *Qualität u. Zuverlässigk.* **34**, Nr. 12 (1989), S. 663-665
- Smith, L. M. und C. C. Dobson:* Absolute Displacement Measurements using Modulation of the Spectrum of White Light in a Michelson Interferometer. *Appl. Optics* **28**, Nr. 16 (1989), S. 3339-3342
- SPIE: Optical Sensors and Electronic Photography* (30 Einzelbeiträge). *Proceed. SPIE Vol. 1072* (1989)
- SPIE: Practical Holography* (30 Einzelbeiträge). *Proceed. Society of Photo-Optical Instrum. Engin. (SPIE) Vol. 1051* (1989)
- Spieth, W. und Dr. Scharpf:* Messen von Flächen nach VDAFS mit Koordinatenmeßmaschinen. *Qualität u. Zuverlässigk.* **34**, Nr. 12 (1989), S. 666-672
- Sredl, M.:* Qualität in Verbindung mit den Forderungen der Zertifizierungssysteme bei der Produktion elektronischer Bauelemente (in tschechisch). *Standardizace* **14**, Nr. 10 (1989), S. 374-378
- Steiner, I. u.a.:* A Dye Ring-Laser Spectrometer for Precision Spectroscopy. *Appl. Physics B* **49**, Nr. 3 (1989), S. 251-256
- Thompson, D. C. und P. A. McKeown:* The Design of an Ultra-Precision CNC Measuring Machine. *Annals CIRP* **38**, Nr. 1 (1989), S. 501-504
- Tränkler, H.-R.:* Taschenbuch der Meßtechnik. R. Oldenbourg Verl., München 1989
- Vaterlaus, H.-P.:* Füllstandsmessung mit Schwingquarzen. *Techn. Messen* **56**, Nr. 10 (1989), S. 385-388
- Wagner, W.:* Typische Verfahren der digitalen Meßwertvorverarbeitung - Algorithmen und Probleme ihrer Implementierung auf digitalen Signalprozessoren. messen, prüfen, automatisieren Nr. 7/8 (1989), S. 347 ff
- Westbrook, M. H.:* Future Developments in Automotive Sensors and their Systems. *J. Phys. E: Scient. Instr.* **22**, Nr. 9 (1989), S. 693-699
- Wildner, O. und U. Erben:* Feuchtesensoren auf MOS-Basis. *Feingerätetechn.* **38**, Nr. 9 (1989), S. 410-411
- Zoriev, A. D.:* Digitale Methoden zur Messung, Kalibrierung und Korrektur von Signalpegeln (in russisch). *Ismerit. Tekhn.* **32**, Nr. 1 (1989), S. 10-11

WaM

Eingesandte Druckschriften

Nachrichten und Neuheiten aus Industrie und Forschung

Videoprinter ohne Anpassungsprobleme
Perfekte Bildschirmkopie in 5s mit dem Videoprinter SE640.



Mit dem neuen Videoprinter SE 640 stellt ABB GOERZ/METRAWATT ein vielseitiges Ausgabegerät vor. Es eignet sich zum Ausdrucken von Bildschirmhalten jeglicher Art. Die Funktion „Autoscan“ macht die Arbeit mit dem SE640 sehr einfach. Eine Einstellung auf verschiedene Videonormen entfällt. Die nimmt Autoscan vor und paßt den SE640 automatisch an alle gängigen Videonormen an. Ohne Änderungen am Gerät können sowohl Ausdrucke von Logik-, Spektrum- und anderen Analysatoren sowie von PC-Bildschirmen gemacht werden.

Zusätzlich zu dem BNC-Eingang für Composite-Video-Signale hat der SE640 auch einen TTL-Eingang. Über eine Centronics-Schnittstelle angesteuert druckt der Videoprinter Zahlen, Daten, Kommentare u.ä. zur Erläuterung der Printouts mit. Über die gleiche Schnittstelle kann er auch fernbedient werden. Die Integration des neuen SE640 in automatische Prozesse ist damit denkbar einfach.

Hersteller: **ABB METRAWATT GmbH**,
Postfach 1333, D-8500 Nürnberg 50,
Tel. (0911) 8602-0, Telex 623729 MW D,
Telefax (0911) 8602-669

Optik-Baukasten, Lisen-Sortimente

Soll ein neues optisches Labor eingerichtet oder ein bestehendes erweitert werden, beginnt sehr schnell nicht nur die Diskussion um die richtige Ausstattung. Es ist dann meist auch mühsam, die einzelnen optischen und optomechanischen Elemente zu spezifizieren und



einzu kaufen. Gerade hierfür muß erhebliche Erfahrung des Beschaffers vorausgesetzt werden.

Das Darmstädter Unternehmen Newport – Spezialist auf dem Sektor optischer und optomechanischer Komponenten – bietet hier als interessante Alternative Standardsortimente an. Der Baukasten der Mikroserie veranschaulicht eindrucksvoll die Vielseitigkeit dieser Sortimente. Mit ihm lassen sich kostengünstig kompakte optische Versuchsaufbauten erstellen. Durch die Auswahl und Anzahl der Bauteile sind zahlreiche zwei- und dreidimensionale Anordnungen möglich. Erweitern läßt sich dieses Sortiment durch den Baukasten M-MK-2. Auch hier hat man wieder den Vorteil, daß diese Erweiterung wohldurchdacht ist. Doppelbestückungen entfallen, und für die wichtigsten Experimente sind wirklich alle Teile vorhanden.

Wie bei den mechanischen Komponenten gibt es solche Sortimente bei Newport in Darmstadt auch für optische Linsen. Es besteht dabei die Wahl zwischen BK-7- und Fused-Silica-Linsen. Ein anderes Sortiment mit Zylinder-Linsen wird unter der Bezeichnung CKIT-1 angeboten. Alle Bausätze gibt es auch mit Anti-Reflex-Beschichtungen für unterschiedliche Wellenlängenbereiche.

Neben der Sicherheit, eine wirklich sinnvolle Zusammenstellung zu erwerben, sind solche Sortimente auch noch preislich interessant. Die kompletten Sätze kosten 15 % weniger als die Einzelteile. Selbstverständlich sind alle Newport-Komponenten untereinander kompatibel, es besteht also keine Notwendigkeit, zusätzliche Adapterplatten oder andere Hilfsmittel zu beschaffen.

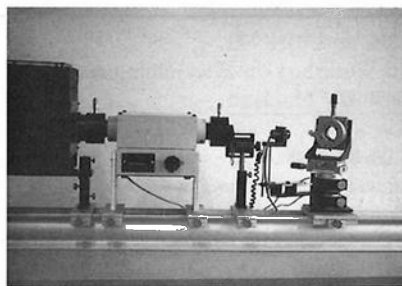
Hersteller: **Newport GmbH**, Bleichstraße 26, D-6100 Darmstadt, Tel. (06151) 26116, Telex 4197182 nrc d, Telefax (06151) 22639

Reflexions-Meßplätze

Die INSTRUMENTS S.A. GmbH – JOBIN YVON erstellt seit neuestem automatisierte Meßplätze zur Messung von winkelabhängiger

- Reflexion
- Transmission
- Lichtstreuung
- Strahlungsverteilung von Selbststrahlern usw.

Im wesentlichen bestehen solche Meßplätze aus einer Lichtquelle, einem Monochromator, einem Detektorsystem und dem Probentisch. Der Probentisch ist mit drei manuellen Translationen und einer manuellen Rotation zur exakten Positionierung der Probe versehen. Diese Einheit wiederum ist auf einer motorisierten Rotationseinrichtung angeordnet. Auf einer weiteren motorisierten Rotationseinrichtung ist der Detektor montiert. Die kleinste Verstellmöglichkeit dieser Rotationseinrichtungen beträgt 0,008 Grad. Die Probe kann um 360 Grad gedreht werden. Der Drehbereich des Detektors ist 230 Grad. Die maximale Verstellgeschwindigkeit von Probe und Detektor beträgt 45 Grad pro Sekunde.



Die Software, die speziell für diesen Meßplatz entwickelt wurde, kontrolliert alle motorisierten Einheiten sowie das Detektorsystem und ermöglicht z.B. folgende Meßarten:

- Abhängigkeit der Reflexion, Transmission usw. von der Wellenlänge;
- Ermittlung der Strahlungs- oder Reflexionsverteilung über den Winkel;
- Winkelverteilung von Streulicht;
- Dickenmessung von optisch transparenten Schichten;
- Polarisationsseigenschaften (bei Verwendung einer zusätzlichen Rotationseinrichtung);
- Ortsabhängige Reflexion oder Transmission (bei einer Motorisierung der Y-Z-Achsen);

Die einzelnen Komponenten des Meßplatzes werden speziell an die Aufgabenstellung angepaßt. So kann z.B. der Wellenlängenbereich zwischen 200 nm bis 20 µm mit Auflösungen im Nanometer- bis Pikometerbereich liegen. Die Größe der Verstellseinheiten und Optiken richtet sich nach der Probengröße.

Hersteller: **INSTRUMENTS S.A. GmbH**, Bretonischer Ring 13, 8011 Grasbrunn 1, Tel.: (089) 4602051

Lichtstarke Mikrophotographie

Fluoreszierende Objekte, spiegelnde Metalloberflächen und kontrastarme

Präparate charakterisieren die Schwierigkeiten der Mikro- und Makrophotographie. Eine neue Photoausrüstung von Wild Leitz, der Photoautomat MPS46/52, löst hier jetzt auch die diffizilsten Probleme.

Als weltweit einziges System ermittelt dieser Photoautomat die Belichtungszeit mit 90 % der verfügbaren Lichtmenge – und belichtet in der Filmebene sogar mit vollen 100 %. Dies ist nicht nur ein Vorteil bei lichtschwachen Objekten und bei Fluoreszenzbeleuchtung, sondern auch für schnelle Aufnahmeserien und bei hohen Anforderungen an die Aufnahmequalität.

Durch eine neuartige TASK-Speicherung lassen sich für verschiedene Aufträge und/oder Mitarbeiter individuelle Arbeitsdaten digital mit höchster Feinheit vorprogrammieren. Beleuchtete Tasten und Anzeigen erleichtern die Arbeit auch bei Dunkelheit. Auf Tastendruck liefert der WILD MPS46/52 dem Benutzer an seinem Mikroskop oder Stereomikroskop ein vollautomatisch richtig belichtetes Bild, das man heutzutage besser – und auf einfachere Weise – kaum machen kann.

Hersteller: **Wild Leitz AG**, CH-9435 Heerbrugg (Schweiz), Telefon (071) 703220, Telex 881222, Telefax (071) 703152

Veranstaltungskalender¹⁾

25.4. bis 27.4.1990

ITG-Fachtagung über Heterostructure-Bauelemente
Schwäbisch-Gmünd / BR Deutschland

29.04. bis 04.05. 1990

Int. Conf. über „Transport Properties of Superconductors“
Rio de Janeiro / Brasilien

02.05. bis 09.05.1990

Hannover Messe **INDUSTRIE'90**
Hannover / BR Deutschland

06.05. bis 11.05.1990

Weltkongreß für Arbeitsschutz
Hamburg / BR Deutschland

1) Angaben nach bestem Wissen, jedoch ohne Gewähr für Vollständigkeit und Richtigkeit.

Themenvorschau

07.05. bis 09.05. 1990
GDCh / DPG-Gemeinschaftstagung
„Polymere und Licht“
Bad Nauheim / BR Deutschland

07.05. bis 11.05.1990
FISITA-Kongreß
Turin / Italien

08.05. bis 09.05.1990
Int. Symp. on Hardness Testing
Heidelberg / BR Deutschland

14.05. bis 15.05.1990
BAM/PTB-Kolloquium über Fragen der
chemischen Sicherheitstechnik
Berlin (West)

14.05. bis 15.05.1990
Int. Symp. on Automotive Technology
and Automation
Florenz / Italien

14.05. bis 18.05.1990
Seminar „Basic Principles and Practice
of Flow Measurement“
East Kilbride / UK

15.05. bis 17.05.1990
Jahrestagung Kerntechnik '90
Nürnberg / BR Deutschland

15.05. bis 18.05.1990
OIML-Seminar über elektronische
Wägungen
Braunschweig / BR Deutschland

16.05. bis 17.05.1990
VDI-Jahrestagung Schalltechnik '90
Baden-Baden / BR Deutschland

16.05. bis 18.05.1990
DVM-Tagung „Prüfen neuer Werkstoffe“
Berlin (West)

20.05. bis 24.05.1990
Int. Conf. on Organic Superconductors
Lake Tahoe, CA / USA

21.05. bis 26.05.1990
Europ. Vacuum Conf. and Int.
Exhibition
Triest / Italien

21. 05. bis 26.05.1990
ASA-Meeting on Acoustics
University Park, PA / USA

28.05. bis 30.05.1990
Haupttagung des Deutschen Vereins des
Gas- und Wasserfaches
Hamburg / BR Deutschland

28.05. bis 01.06.1990
Int. Conf. on Modern Trends in
Activation Analysis
Peking / VR China

29.5. bis 31.05. 1990
VDI-Tagung „Aktuelle Aufgaben der
Meßtechnik in der Luftreinhaltung“
Heidelberg / BR Deutschland

31.05. bis 01.06.1990
DECHEMA-Jahrestagung
Frankfurt . M. / BR Deutschland

05.06. bis 08.06.1990
Int. Conf. on Unsteady State Processes in
Catalysis
Novosibirsk / UdSSR

05.06. bis 08.06.1990
Int. Conf. on Advanced Infrared
Detectors and Systems
London / UK

06.06. bis 08.06.1990
Int. Symp. on Fluid Flow Measurement
Calgary / Kanada

11.06. bis 13.06.1990
Int. Workshop on Electroluminescence
Helsinki / Finnland

11.06. bis 13.06.1990
Topical Conf. on the Physics and
Chemistry of Surfaces and Interfaces
Gaithersburg, MD / USA

11.06. bis 14.06.1990
Conf. on Precision Electromagnetic
Measurements (CPM)
Ottawa / Kanada

12.06. bis 15.06.1990
Leiterplatten-Weltkonferenz
Glasgow / UK

13.06. bis 15.06.1990
Int. Symp. on Atomic Layer Epitaxy
Helsinki / Finnland

18.06. bis 22.06.1990
Int. Symp. on Materials Research
Peking / VR China

19.06. bis 23.06.1990
Symp. on Physical Acoustics:
Fundamental and Applications
Kortrijk / Belgien

25.06. bis 27.06.1990
Int. Conf. on Surface Engineering
Toronto / Kanada

25.06. bis 29.06.1990
Int. Meeting „Infrared Technology and
Applications“
London / UK

27.06. bis 29.06.1990
Electronic Materials Conf.
Santa Barbara, CA / USA

Über die Interpretation empirischer Ko-
varianzen bei der Abschätzung von Meß-
unsicherheiten

Response of Apparent Mass to Thermal
Gradients

Entwurf und Optimierung eines planaren
Vielfachthermokonverters zur präzisen
Rückführung des Effektivwertes von
Wechselgrößen auf äquivalente Gleich-
größen

40 Jahre Forschung und Entwicklung auf
dem Gebiet der Elektronenoptik in der
PTB

Integrale Isentropenexponenten zur Be-
rechnung der verlustfreien Expansions-
strömung realer Fluide

Zwei neue Verfahren zur Bestimmung
der Kompressibilität von Flüssiggas-
arometern

Auswirkungen von Vibrationen auf die
Spannung von Normalelementen

Gesamtemissionsgrad von zwei neuarti-
gen schwarzen Beschichtungen

Friedrich Paschen: Der fünfte Präsident
der Reichsanstalt

A Computer-controlled Solid-density
Measuring Apparatus

Kurzberichte über wissenschaftliche und
technische Fachveröffentlichungen aus
der PTB in anderen Zeitschriften

Typprüfungen und Gerätezulassungen im
Dienst der öffentlichen Sicherheit, des
Wirtschaftsverkehrs, des Verbraucherschutzes und des Gesundheitswesens

Neue meßtechnische Vorschriften,
Richtlinien und PTB-Anforderungen
sowie maßgebende Urteile zum Recht
der Technik

Informationen zum deutschen Kalibrier-
dienst, über staatlich anerkannte Prüf-
stellen und zur internationalen Zusam-
menarbeit im Meß- und Prüfwesen

CAQ

Qualitätssicherung unter CIM-Zielen

von Jürgen P. Bläsing

1990. 194 Seiten.
Kartonierte DM 58,—
ISBN 3-528-03364-9



Qualität von industriell hergestellten Produkten ist kein Zufall, sondern das geplante Ergebnis aller Abläufe und Prozesse. Qualitätssicherung ist der systematische Ansatz, dies zu erreichen. Durch Computereinsatz wird Qualitätssicherung unterstützt und in CIM integrierbar.

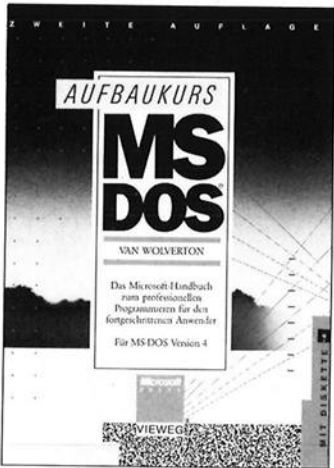
Dieses Buch ist für den Praktiker im Betrieb und den Studierenden in den technischen Disziplinen eine wertvolle Hilfe bei der Planung und dem Aufbau eines CAQ-Systems. Durch die vorgestellten CAQ-Konzepte werden Hinweise gegeben, wie die Qualitätssicherung in der nächsten Zukunft im industriellen Umfeld aussehen wird.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen P. Bläsing lehrt an der Fachhochschule Ulm im Fach Qualitätssicherung und leitet das Transferzentrum der Steinbeis-Stiftung.

Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsges. mbH., Postfach 58 29, D-6200 Wiesbaden



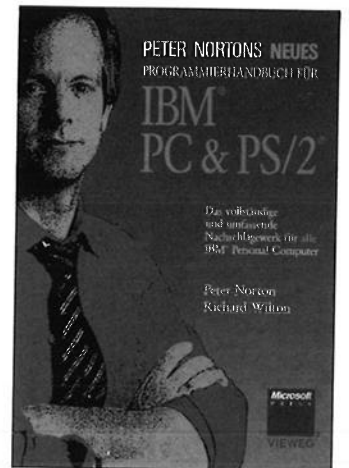
VIEWEG



Van Wolvert
Aufbaukurs MS-DOS
 Das Microsoft-Handbuch zum professionellen Programmieren für den fortgeschrittenen Anwender.
 Für alle MS-DOS-Versionen bis 4.0. Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 2., überarb. und erw. Aufl., 1990. XIV, 364 S. mit Diskette.
 Geb. DM 98,-
 ISBN 3-528-14557-9

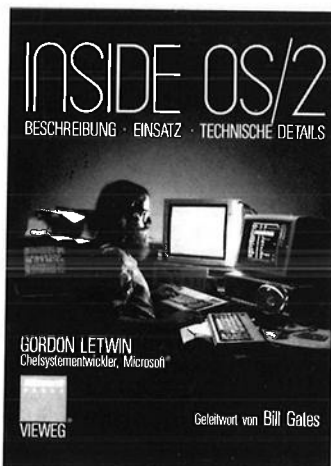


*Diskettenpreise sind empfohlene Preise

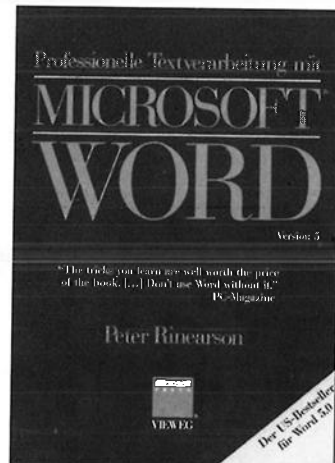


Peter Norton / Richard Wilton
Peter Nortons neues Programmierhandbuch für IBM PC und PS/2
 Das vollständige und umfassende Nachschlagewerk für alle IBM Personal Computer.
 Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 1989. XII, 493 S.
 Geb. DM 98,-
 ISBN 3-528-04704-6

Gordon Letwin
Inside OS/2
 Beschreibung, Einsatz, technische Details.
 Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 1988. XII, 364 S.
 Kart. DM 78,-
 ISBN 3-528-04628-7



Peter Rinearson
Professionelle Textverarbeitung mit Microsoft WORD Version 5
 Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 2. Aufl. 1990. Ca. 750 S.
 Geb. DM 98,-
 ISBN 3-528-14560-9



Janet Rampa
Word 5.0 Schritt für Schritt
 Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 1990. VI, 421 S.
 Kart. DM 78,-
 ISBN 3-528-04725-9



Augie Hansen
Programmieren lernen mit C
 Für C und Quick C.
 Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 1990. VIII, 350 S.
 Kart. DM 78,-
 ISBN 3-528-04694-5



Wegweiser zur professionellen Computer-Anwendung

