

Fachorgan für Wirtschaft und Wissenschaft

Postvertriebsstück
Gebühr bezahlt
1Y 8151 F

PTB

Mitteilungen
Forschen + Prüfen



Fertigungsmeßtechnik

von Erwin Lemke

1988. VIII, 232 Seiten mit 382 Abbildungen und 54 Tafeln.

(Viewegs Fachbücher der Technik)

Kartonierte DM 39,80

ISBN 3-528-04559-0



Inhalt: Grundlagen der Fertigungsmeßtechnik – Maßverkörperungen – Lehren – Meßgeräte – Meßverfahren mit kohärentem Licht – Meßmaschinen und Mehrkoordinaten-Meßtechnik – Prüfen und Messen besonderer geometrischer Größen – Prüftechnik an Werkzeugmaschinen und deren Abnahme – Prüfplanung und Überwachung der Prüfmittel – Statistik und deren Anwendung zur Meßdatenverarbeitung – Qualitätslehre und Qualitätssicherung – Trends in der Fertigungsmeßtechnik und Qualitätssicherung – Tafeln.

In allen Unternehmen ist es heutzutage üblich, die Qualität der erzeugten Produkte zu überwachen. Eine unabdingbare Voraussetzung hierfür ist die Fertigungsmeßtechnik.

Dieses weite Gebiet vermittelt der Autor gleichermaßen an Studierende wie an Praktiker. Das Buch hat die Meßgeräte und Meßverfahren der Fertigungstechnik zum Inhalt. Es ist zugleich als Lehr- wie auch als Nachschlagewerk angelegt. Neben der Einführung in alle Bereiche der Fertigungsmeßtechnik und zahlreichen Beispielen gibt eine Fülle von Zeichnungen, Tafeln und Tabellen einen Überblick über den aktuellen Stand der Meßnormen.

Prof. Dr.-Ing. *Erwin Lemke* betreut an der Technischen Fachhochschule Berlin im Fachbereich Maschinenbau den Bereich Produktionstechnik.

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



Inhalt

Fachbeiträge	<i>Frank Spieweck, Andrzej Kozdon, Helmut Wagenbreth, Hans Toth, Detlev Hoburg: A Computer-controlled Solid-density Measuring Apparatus</i>	169
	<i>Ludwig Narjes, Manfred Zander: Integrale Isentropenexponenten zur Berechnung der verlustfreien Expansionsströmung realer Fluide</i>	180
	<i>Michael Grabe: Über die Interpretation empirischer Kovarianzen bei der Abschätzung von Meßunsicherheiten</i>	181
	<i>Dieter Hoffmann: Friedrich Paschen: Der fünfte Präsident der Reichsanstalt</i>	187
	<i>Wissenschaftliche Kurzabhandlungen</i>	
	<i>Karl-Dittmar Klein: Auswirkungen von Vibrationen auf die Spannung von Normalelementen</i>	193
	<i>Horst Bettin, Frank Spieweck: Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990</i>	195
<i>Wissenschaftliche Kurzberichte</i>	197	
Recht und Technik	Der Beirat für Medizinische Meßtechnik	198
Internationale Zusammenarbeit	OIML-Zertifizierungssystem für Meßgeräte	199
	<i>Fachtagungen: IEC-Sitzung SC 45 B „Instrumentierung für den Strahlenschutz“</i>	205
	ISO/TAG4/WG3 „Expression of uncertainties“	205
	<i>Hinweise: Seminar- und Workshopankündigungen</i>	206
Amtliche Bekanntmachungen	Regeln für die Durchführung von Vergleichsmessungen von Dosimetern gemäß § 2 Abs. 3 Satz 3 der Eichordnung	207
	<i>EWG-Bauartzulassungen: Verkörperte Längenmaße – Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser – Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser</i>	208
	Nichtselbsttätige Waagen	209
	<i>Innerstaatliche Bauartzulassungen: Volumenmeßgeräte für Flüssigkeiten in ruhendem Zustand</i>	209
	Volumenmeßgeräte für stömende Flüssigkeiten außer Wasser – Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser – Nichtselbsttätige Waagen	210
	Zusatzeinrichtungen an Waagen – Tretkurbelergometer – Medizinische Elektrothermometer	211
	Meßgeräte für Elektrizität – Wärmezähler	213
	Herstellerzeichen für Schankgefäße	215
	Bauartprüfung von Hörgeräten	216
	Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel	218
Informationen	Die PTB auf der Hannover-Messe Industrie	223
	<i>Literaturumschau: Technikpioniere: Namensgeber von Einheiten physikalischer Größen – Einführung in die Festkörperphysik – Naturforscher und Gestalter der Technik. Die Träger des Werner-von-Siemens-Ringes und ihre Leistungen für Naturwissenschaft und Technik – Elektrische Meßtechnik – Physik: Probleme, Themen, Fragen – Friedrich Paschen als Hochschullehrer – Zeitzeichensender</i>	224
	Aktuelles Schrifttum zum Meß- und Eichwesen	224
	Eingesandte Druckschriften: Nachrichten und Neuheiten aus Industrie und Forschung	227
	Veranstaltungskalender – Themenvorschau	230

Autorenverzeichnis

<i>Dr. Horst Bettin</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Flüssigkeitseigenschaften“, Braunschweig
<i>Dr. Michael Grabe</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter im PTB-Referat „Physikalische Größen und Konstanten“, Braunschweig
<i>Dipl.-Ing. Detlev Hoburg</i>	Technischer Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Kalorische Größen“, Braunschweig
<i>Dr. Dieter Hoffmann</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Theorie, Geschichte und Organisation der Wissenschaft, Akademie der Wissenschaften der DDR, Berlin
<i>Dr. Karl-Dittmar Klein</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Meßtechnik in der Laboratoriumsmedizin“, Berlin
<i>Dr. Andrzej Kozdon</i>	Wissenschaftlicher Mitarbeiter im PTB-Laboratorium „Flüssigkeitseigenschaften“, Braunschweig
<i>Prof. Dr. Ludwig Narjes</i>	Leiter der PTB-Gruppe „Fluidmechanik“, Braunschweig
<i>Dr. Frank Spieweck</i>	Leiter des PTB-Laboratoriums „Flüssigkeitseigenschaften“, Braunschweig
<i>Dipl.-Ing. Hans Toth</i>	Technischer Mitarbeiter im PTB Laboratorium „Flüssigkeitseigenschaften“, Braunschweig
<i>Dr. Helmut Wagenbreth</i>	vormals Leiter des PTB-Laboratoriums „Flüssigkeitseigenschaften“, Braunschweig
<i>Dr. Manfred Zander</i>	Leiter des PTB-Laboratoriums „Flüssigkeitsmeßgeräte“, Braunschweig

Titelbild

Das Foto zeigt die computergesteuerte hydrostatische Dichtemeßapparatur der PTB. Sie wurde entwickelt, um im Rahmen der Neubestimmung der Avogadro-Konstante die Dichte von Siliciumeinkristallen zu ermitteln. Die Probe (hier eine Glaskugel in Bildmitte) befindet sich zwischen zwei übereinander angeordneten Normalen, z.B. den beiden (im Bild gelben) Zerodurwürfeln der PTB. Die Auftriebsflüssigkeit, destilliertes Fluorinert FC-40, ist in einem Glaszylinder enthalten, der von einem wassergefüllten, hydraulisch absenkbareren Thermostaten umgeben ist. Die Normale und die Probe werden abwechselnd mit Hilfe von motorge-

triebenen Manipulatoren auf ein Gehänge einer (im Bild oben zu sehenden) Waage abgesenkt. Bei den automatisch ablaufenden Messungen werden Thermostat und Waage durch Styroporverkleidungen abgedeckt.

Siehe Beitrag Frank Spieweck, Andrzej Kozdon, Helmut Wagenbreth, Hans Toth, Detlev Hoburg: A Computer-controlled Solid-density Measuring Apparatus.

(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 Personalnachrichten 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 vvv 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

A Computer-controlled Solid-density Measuring Apparatus

Frank Spieweck, Andrzej Kozdon, Helmut Wagenbreth, Hans Toth, Detlev Hoburg

Summary: *In order to improve the accuracy of the density measurement of solids, an automatically operating measuring apparatus has been constructed, relating the density of a solid sample to the mean density of two solid density standards, e.g. to the PTB Zerodur cubes C1 and C2, (see Fig. 1 and the illustration on the front of this issue). Interest was centered on the density determination of silicon single crystals providing the basis for a new evaluation of the Avogadro constant. But the performance of the apparatus was also demonstrated in recent volume measurements with several solid samples which had been used as transfer density standards in international comparisons. The relative uncertainty of $8 \cdot 10^{-7}$ obtained for density or volume measurements originates chiefly from uncertainties of the Zerodur volume standards used so far.*

Zusammenfassung: *Um die Dichte fester Körper mit höherer Genauigkeit als bisher bestimmen zu können, wurde eine automatisch arbeitende hydrostatische Meßapparatur konzipiert und gebaut (s. Fig. 1 bzw. Titelbild). Als Normale dienen z.B. die beiden Zerodurwürfel C1 und C2 der PTB.*

Das Hauptinteresse galt der Dichtebestimmung von Silicium-Einkristallen; diese Messungen bildeten die Grundlage für die Neubestimmung der Avogadro-Konstante.

Die Leistungsfähigkeit der Apparatur zeigte sich aber auch bei der Volumenbestimmung einiger Normale, die bei internationalen Vergleichsmessungen als Transfernormale benutzt worden waren. Die erreichte relative Unsicherheit der Dichte oder des Volumens von $8 \cdot 10^{-7}$ ist hauptsächlich durch die Unsicherheit der verwendeten Volumennormale aus Zerodur bedingt.

1 Introduction

Density measurements are usually based on water as the reference standard, and the relative uncertainty is about $3 \cdot 10^{-6}$ [1]. In order to improve the accuracy of density measurements, solid density standards were newly fabricated with a relative uncertainty of $7 \cdot 10^{-7}$ [2, 3], primarily for the purpose of establishing the basis for the determination of the Avogadro constant with low uncertainty [3].

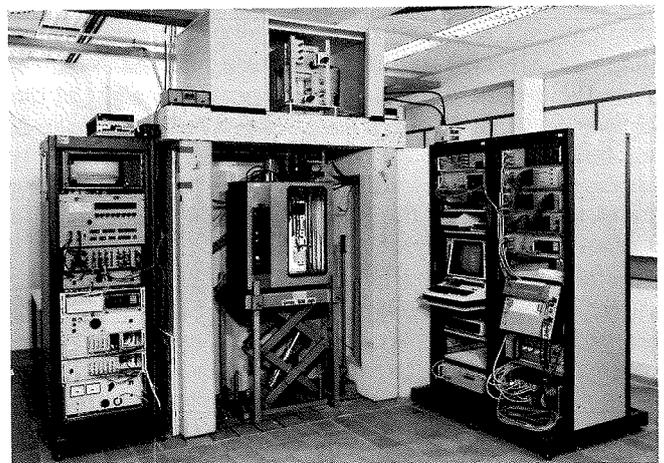


Figure 1 Illustration of the computer-controlled measuring apparatus. Below the balance in a vertical arrangement, a glass sphere is placed between two cube Zerodur standards. The thermostat filled with water, together with a vessel containing the buoyant liquid, can be lowered and raised hydraulically. During the measurements, an additional temperature shield of styrofoam is installed around the balance and the thermostat.

In this case the density of a solid sample, e.g. of a silicon single crystal, can then be related to the density of a solid standard by hydrostatic measurements using the buoyant liquid as a transfer standard only, the density of which must remain constant only during the measurements. Moreover, a liquid can be chosen that has some advantages over water, exhibiting in particular a lower surface tension, a higher density, and a higher solubility of air bubbles which otherwise adhere to the immersed bodies [2].

A hydrostatic density measuring apparatus has therefore been designed in order to obtain a relative uncertainty level of below 10^{-6} , which is possible due to the fully automatic operation of the apparatus.

2 The hydrostatic measuring apparatus

Fig. 1 and the illustration on the front of this issue show the general set-up of the computer-controlled hydrostatic weighing apparatus. Below the balance, four solid samples are arranged in a cylindrical glass vessel surrounded by a thermostat. With the aid of motor-driven manipulators the samples can be alternately lowered on the suspension frame of the balance. The whole assembly consisting of the glass vessel with the buoyant liquid and the thermostat can be hydraulically released and lifted again, for example, to replace a sample which has been measured with another one.

2.1 The weighing device

The balance (Mettler, type HK 1000 MC) has a capacity of 1 kg and a resolution of 1 μg . The typical standard deviation for hydrostatic weighings is smaller than 20 μg . Besides the standards and the samples in the buoyant liquid, an additional weight can be – automatically – placed on a weighing platform (in the shape of a cross) within the housing of the balance. Thus the difference between the apparent weight of the sample and that of the standards can be compensated, see below (section 3.2). For example, in silicon density measurements, the additional weight was a 100 g stainless steel plate, the mass of which was known with a relative uncertainty of $1.5 \cdot 10^{-7}$.

The air buoyancy was taken into account by an automatic data recording of the air pressure, the temperature and the air humidity in the housing of the balance and a subsequent computer evaluation of the air density using the BIPM formula [4], assuming a CO_2 volume concentration of 0.04 %. The air pressure was read up to 0.1 mbar using a device manufactured by Wilh. Lambrecht GmbH. The air temperature was obtained by thermistors which had been calibrated with a platinum resistance thermometer. The air humidity was measured with VAISALA (HMI 32) sensors which had been calibrated according to a method described by Greenspan [5], resulting in a relative uncertainty of 5 %.

2.2 The buoyant liquid

Fluorinert FC-40 (3 M GmbH) was used as the buoyant liquid; it has a surface tension of 16 mN/m, a density of 1.9 g/cm³, a thermal expansion coefficient of $1.2 \cdot 10^{-3}/\text{K}$, and a compressibility of $1.3 \cdot 10^{-4}/\text{bar}$.

The temperature of the liquid contained in a 20 l glass vessel was kept constant by a water-filled thermostat driven by a PTC 41 Tronac controller. In order to reduce temperature variations with time to less than 1 mK, between the tap water (used as cooling liquid) and the thermostat, two additional thermostatic devices were used in series.

As it turned out that the density of the liquid FC-40 slowly increases with time, presumably due to the faster evaporation rate of its lighter constituents, the liquid was distilled in order to remove these constituents. In fact, the density of the distilled liquid was much more stable with time, and its homogeneity with height was considerably better.

2.3 The vertical measuring device

In automatic weighing devices, standards and samples are usually placed on a horizontal revolving plate [2]. A horizontal arrangement is also used in the hydrostatic weighing systems of several national metrological institutes. But with this set-up, after exchanging the samples, it takes a rather long time for the disturbances in the buoyant liquid to die down.

Here, a vertical arrangement of standards and samples has therefore been chosen, where the various solid bodies can be exchanged by vertical movements of only about 1.5 mm, making it possible to considerably reduce the time necessary for any exchange of samples. Consequently, residual density drifts of the buoyant can be assumed to be a linear function of time, which makes obtaining the density from the measurement data quite simple.

When the samples are put into the measuring device, each sample initially rests on three pins which, with the aid of mechanical manipulators, can be lowered to the triangular platform of a vertical frame suspended from the balance. At the surface of the buoyant liquid the rod connecting the suspension frame to the balance is replaced by a short, thin stainless steel wire with a diameter of 0.2 mm.

The solid bodies may be spheres (with a maximal diameter of 90 mm), cubes or cylinders. In the case of spheres, the three pins also serve as centering devices. Samples with a flat bottom are centered by additional oblique rods positioned at the top of the resting sample. This prevents any horizontal movement of the sample during the repeated automatic motion of the mechanical manipulator.

3 The measuring procedure

3.1 Basic considerations and requirements

In order to measure only those forces caused by the gravitational field of the earth, any other forces due to electromagnetic and/or electrostatic fields must be reliably excluded. Therefore both the apparatus itself and the solid bodies must be free of magnetism and electric charges.

The density of the buoyant liquid is determined at two different heights where the solid density standards are positioned during the hydrostatic weighings. These heights correspond to the gravity centers of the standards, and for this reason the standard's shape should be vertically symmetrical.

If the density of the liquid varies linearly with height, the density of the liquid surrounding the sample, and thus the buoyancy of the sample, can then simply be derived from the vertical position of the sample between the two standards. In the case of a one-component buoyant liquid, a linear variation of density with height should result from a constant compressibility of the buoyant liquid, provided that the content of dissolved air and the temperature in the liquid are constant or vary only linearly with height.

On the one hand, the high solubility of air in the buoyant liquid has the advantage already mentioned of dissolving air bubbles, but on the other hand, it is a disadvantage that the density of the buoyant liquid very much depends on the content of dissolved air. Thus not only the compressibility of the liquid but also its density will vary slightly with height if the concentration of dissolved air varies with height. The overall density gradient will not then be exactly constant, and the actual density of the buoyant liquid surrounding the sample may differ to some extent from the value that is calculated on the assumption of a constant density gradient of the liquid. The upper limit of this possible difference is estimated from the variations of the calculated density gradients with time. During several months of operation the relative value of the calculated density gradient varied by $3 \cdot 10^{-7}$ per 11 cm, the vertical distance between the sample and one of the standards.

The temperature field in the buoyant liquid was investigated with 13 thermistors surrounding the sample and the two standards. The thermistors (YSI 46046 super-stable) were calibrated in a block of copper with a platinum resistance thermometer (ASL bridge F 18). The temperature variations were detected with a resolution of 0.2 mK. Two or three days after the samples had been placed in the apparatus, the temperature field between the two standards had usually reached the required degree of homogeneity, meaning that the local variations measured by neighbouring thermistors separated horizontally by about 8 cm became less than 0.3 mK, and the vertical temperature gradient was less than 1 mK per 10 cm.

The temperature deviations from 20 °C were always kept within a few mK.

3.2 Data recording and evaluation

Each single balance reading is composed of the dial value for the built-in weights (step width 0.1 g) and the value for the electromagnetic range (of 150 mg).

In about thirty seconds the mean value and the standard deviation are computed from 35 single readings stored as one balance value. The average of four such balance values forms the balance reading W (which is used for the calculation of the buoyancy). Between recording the four balance values, the data for the temperature field in the liquid, the air temperature, air humidity and air pressure are recorded and the density of the air in the housing of the balance is computed. Thus the corresponding temperature values and the computed value for the air density are stored together with each balance reading W . During each measuring sequence the balance readings are recorded and stored: First, W_0 for the empty suspension frame, W_1 for the (upper) standard 1 (on the frame), W_x for the sample (on the frame), W_2 for the (lower) standard 2 (on the frame), and finally again W_0 for the empty frame. One measurement cycle, lasting about 4 1/2 hours, consists of five such measuring sequences. The calculation of one volume (or density) value is usually based on a set of several "measurements" (2...18) with the positions of the standards exchanged. The volume evaluation of the sample X , V_x , is based on simple hydrostatic calculations. The basic equation is

$$(W - W_0) (1 - \rho_a/\rho_w) g_p = (m - \rho_i V) g = (\rho - \rho_i) V g,$$

where W is the apparent weight of the immersed body on the suspension frame, W_0 the apparent weight of the empty frame, ρ_a the computed air density in the balance, ρ_w the density of the built-in weights of the balance, g_p the acceleration of gravity at the height of the weighing platform, m , V and ρ the mass, the volume, and the density of the immersed body, ρ_i the density of the buoyant liquid, and g the acceleration of gravity at the height of the immersed body on the suspension frame. (For a difference in height of 1 m, g/g_p becomes $1 + 3.14 \cdot 10^{-7}$.)

In the first step the density of the buoyant liquid is calculated (by a second computer) from the measurement data as

$$\rho_i = \rho - (W - W_0) (1 - \rho_a/\rho_w) g_p / (gV),$$

namely ρ_{i1} and ρ_{i2} for the mean densities of the liquid surrounding the (upper) standard 1 and the (lower) standard 2. (The calculation of ρ_{i1} is based on the first value W_0 , and ρ_{i2} is derived from the last value W_0 of the measuring sequence.) Then the mean density of the buoyant liquid surrounding the sample X is calculated as

$$\rho_{ix} = \rho_{i2} - f \cdot (\rho_{i2} - \rho_{i1}),$$

where f is the corresponding fraction of the difference in height between the two standards ($h_1 - h_2$), i.e.

$$f = (h_x - h_2) / (h_1 - h_2).$$

In order to make use of a substitution weighing, an additional weight with the mass m_{ad} and the density ρ_{ad} is placed on the weighing platform in the housing of the balance. The same built-in weights can then be used for the hydrostatic weighings of the sample and of at least one of the standards. (For the second standard the balance dials may be slightly altered.) Finally, the value (which should afterwards be related to $t_{90} = 20^\circ\text{C}$) for the volume of the sample X becomes

$$V_x = \frac{m_x - (W_x - W_{om}) (1 - \rho_a / \rho_w) g_p / g_x + m_{ad} (1 - \rho_a / \rho_{ad}) g_p / g_x}{\rho_{ix}}.$$

W_{om} is the mean of the two values W_0 recorded at the beginning and at the end of each measuring sequence. The linear drifts of the W_0 values are thus eliminated.

The results were additionally calculated from the same measurement data using a more sophisticated evaluation scheme that also takes into account nonlinear drifts [6]. For all volume and density results, the relative differences of the two evaluation methods were below 10^{-7} .

4 Discussion and results

4.1 Discussion on uncertainties

The main uncertainties originate from the volume standards, first measured in 1981. A relative uncertainty of $5 \cdot 10^{-7}$ was quoted for the mean density of the two Zerodur cubes C1 and C2 [3]. Because Zerodur is subject to shrinkage [8] the axes of the cubes were remeasured in 1988, revealing a mean relative volume shrinkage of more than $3 \cdot 10^{-6}$ [9, 10]. Now, ten years after their manufacture, an estimated relative volume shrinkage of $1.2 \cdot 10^{-7}$ during the last year must still be taken into account (for the reasons given in [9] and [10]). Whereas the original volume values for the standards resulted from independent measurements carried out in two laboratories by two different methods [3], knowledge of the actual shrinkage is based only on the measurement (of the cubes' axes) in one laboratory [9] and upon mathematical extrapolations [8, 10], therefore the uncertainty of the relative volume shrinkage at present is estimated to be about $5 \cdot 10^{-7}$.

As already mentioned, the possible nonlinearity of the density gradient of the buoyant liquid corresponds to a relative uncertainty of $3 \cdot 10^{-7}$.

If the volume of the samples does not differ significantly from the volume of the standards, the contribution due to the uncertainties of the mass values (of the sample, the additional weight, and the built-in weights) results in a relative uncertainty of about $2 \cdot 10^{-7}$.

Finally, the random relative uncertainties are always below $2 \cdot 10^{-7}$, the combined relative uncertainty being

$$(5^2 + 5^2 + 3^2 + 2^2 + 2^2)^{1/2} \cdot 10^{-7} \approx 8 \cdot 10^{-7}.$$

This means that the major relative uncertainty results from limited knowledge of the mean volume of the two standards at present, i.e. $(5^2 + 5^2)^{1/2} \cdot 10^{-7} \approx 7 \cdot 10^{-7}$, whereas the contribution from the hydrostatic measurements is only $(3^2 + 2^2 + 2^2)^{1/2} \cdot 10^{-7} \approx 4.1 \cdot 10^{-7}$. If the density gradient in the buoyant liquid could be tested with standards of considerably lower uncertainty, the residual relative uncertainty of the hydrostatic measurement could be further reduced to $(2^2 + 2^2)^{1/2} \cdot 10^{-7} \approx 2.8 \cdot 10^{-7}$.

4.2 Results

The performance of the computer-controlled solid-density measuring apparatus was demonstrated over several months in 1989 and 1990.

Fig. 2 gives a flow chart of the various arrangements of standards and samples. In each case the arrows indicate the direction from two "standards" to the sample investigated. Originally, only the two Zerodur cubes C1 and C2 were used as standards, but later the Zerodur spheres ZK1 and ZK2 and an Australian sphere made of ultra-low expansion glass (ULE) [11], and the silicon cylinders WASO 17.3 and WASO 17.5 [13] also served as working standards. The symbol S2 refers to a Zerodur sphere of IMGC [6, 7].

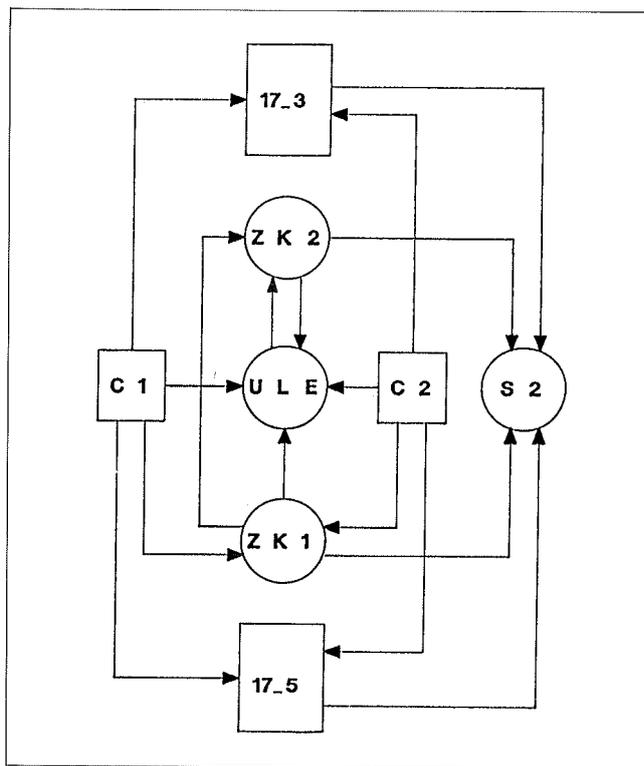


Figure 2 Flow chart of all measurements performed with eight solids. For details, see section 4.2

The following results were obtained:

$$\begin{aligned}\rho_{\text{Si, WASO 17.3}} &= (2329.080 \pm 0.002) \text{ kg/m}^3, \\ \rho_{\text{Si, WASO 17.5}} &= (2329.080 \pm 0.002) \text{ kg/m}^3, \\ V_{\text{ZK1}} &= (381.6794 \pm 0.0003) \text{ cm}^3, \\ V_{\text{ZK2}} &= (382.4933 \pm 0.0003) \text{ cm}^3, \\ V_{\text{ULE}} &= (381.7165 \pm 0.0003) \text{ cm}^3, \\ V_{\text{S2}} &= (386.6747 \pm 0.0003) \text{ cm}^3.\end{aligned}$$

The result for the density of the silicon samples WASO 17 was combined with the measurement of the molar mass M of the same material WASO 17, performed at the Central Bureau of Nuclear Measurements (CBNM) in Geel, Belgium, giving a molar volume (in vacuum, 22.5 °C) of

$$M/\rho = (12.0588173 \pm 0.0000132) \text{ cm}^3/\text{mol}$$

[13]. From the PTB measurement of the lattice spacing (obtained for WASO 17) a new value for the Avogadro constant was then presented [13]:

$$N_{\text{A}} = (6.0221341 \pm 0.0000066) \cdot 10^{23}/\text{mol}.$$

Considering the experimental uncertainties, this value is consistent with the previously given value [14]:

$$N_{\text{A}} = (6.022137 \pm 0.000007) \cdot 10^{23}/\text{mol},$$

which is very close to the calculated CODATA 86 value [13, 15]:

$$N_{\text{A}} = (6.0221367 \pm 0.0000036) \cdot 10^{23}/\text{mol}.$$

A somewhat lower value was derived from the NIST data [13]:

$$N_{\text{A}} = (6.0221318 \pm 0.0000073) \cdot 10^{23}/\text{mol}.$$

The result for the ULE sphere agrees very well with the diameter and roundness measurements which indicate a volume of $(381.71649 \pm 0.00038) \text{ cm}^3$ [11, 12]. The NML results was 381.71663 cm^3 (with a quoted relative uncertainty of $1 \cdot 10^{-6}$) [11]. The result for the Zerodur sphere ZK1, as hydrostatically obtained in 1989, revealed a relative volume shrinkage of about $3 \cdot 10^{-6}$ compared with the geometrically evaluated volume measured in 1982 [16]. For the Zerodur sphere S2 the volume given now – taking into account the shrinkage of the Zerodur standards – is lower by about $3 \cdot 10^{-6} V_{\text{S2}}$ than previously quoted [6, 7].

Acknowledgements

The authors wish to thank Prof. Peter Seyfried for valuable discussions and Dr. Walter Gorski for the initial calibration of the thermometers.

The work was partly supported by the Bundesministerium für Wirtschaft (Projekt: „Bestimmung der Avogadro-Konstante“).

References

- [1] Wagenbreth, H.; Kozdon, A.; Hoburg, D.: Die PTB-Fundamentalapparatur für Dichtemessungen. PTB-Jahresbericht 1986. Abschnitt 2.3.13, S. 149
- [2] Bowman, H. A.; Schoonover, R. M.; Carroll, C. L.: The Utilization of Solid Objects as Reference Standards in Density Measurements. *Metrologia* **10** (1974), S. 117–121; Davis, R. S.: Determination of Silicon Density to High Precision Using a Submersible, Servo-Controlled Balance. *Metrologia* **18** (1982), S. 193–201
- [3] Balhorn, R.; Bortfeldt, J.; Debler, E.; Fischer, W.; Grunert, H. J.; Kochsiek, M.; Kranz, O.; Rademacher, H.-J.: Dichtestandards aus Zerodur. PTB-Bericht MA-7, Braunschweig: 1987
- [4] Bericht des BIPM: Formel für die Bestimmung der Dichte von feuchter Luft. PTB-Mitt. **89** (1979), S. 271–280
- [5] Greenspan, L.: Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions. *J. Res. NBS* **81A** (1977), S. 89–96
- [6] Wagenbreth, H.; Kozdon, A.; Hoburg, D.: Density inter-comparison measurements on solid standards of PTB and IMG. Contribution for [7], Braunschweig, March 1987
- [7] Peuto, A. M.: Circulation of solid density standards. BCR Information, Commission of the European Community, Directorate-General, Telecommunication, Information and Innovation, L-2920 Luxembourg, Catalogue number CD-NA-12036-ENC, Final Report 1989
- [8] Bayer-Helms, F.; Darnedde, H.; Exner, G.: Längenstabilität bei Raumtemperatur von Proben der Glaskeramik „Zerodur“. *Metrologia* **21** (1985), S. 49–57
- [9] Rademacher, H.-J.: Priv. communication 1988
- [10] Kozdon, A.; Spieweck, F.; Toth, H.: Neue Auswertung internationaler Dichte-Vergleichsmessungen an einem Si-Zylinder des NIST. PTB-Jahresbericht 1989, Abschnitt 2.3.19, S. 154
- [11] Kozdon, A.; Lüdicke, F.; Rademacher, H.-J.; Wagenbreth, H.; Patterson, J.: A Comparison of Solid Volume Standards for Density Measurements. Internal Report, Braunschweig: PTB 1988
- [12] Lüdicke, F.; Rademacher, H.-J.: Bestimmung von Maß und Form an Zylindern und Kugeln. PTB Mitt. **99** (1989), S. 429–433
- [13] Seyfried, P.: Die Avogadro-Konstante und das Kilogramm – Stand und Aussichten. PTB-Mitt. **99** (1989), S. 336–342
- [14] Seyfried, P.; Balhorn, R.; Kochsiek, M.; Kozdon, A. F.; Rademacher, H.-J.; Wagenbreth, H.; Peuto, A. M.; Sacconi, A.: The Avogadro Constant – Recent Results on the Molar Volume of Silicon. *IEEE Transact. Instrum. Measurement*. **IM-36** (1987), S. 161–165
- [15] Cohen, E. R.; Taylor, B. N.: The 1986 adjustment of the fundamental physical constants. *Rev. Mod. Phys.* **59** (1987), S. 1121–1148
- [16] Rademacher, H.-J.: Priv. communication 1982

Integrale Isentropenexponenten zur Berechnung der verlustfreien Expansionsströmung realer Fluide

Ludwig Narjes, Manfred Zander

Zusammenfassung: Die Arbeit trägt dazu bei, die bei Ringversuchen mit unterschiedlichen Prüffluiden (über kritisch betriebene Venturidüsen als TransfERNORMALE) bisher aufgetretenen systematischen Abweichungen praktisch zu vermeiden. Diese systematischen Abweichungen entstehen durch nicht exakte Wiedergabe des stoffspezifischen Zustandsverhaltens (und damit Durchflußverhaltens) des betreffenden Prüffluids. Das entwickelte Verfahren baut auf einer geeigneten Substitutionsisentropen hyperbolischen Typs auf, wobei noch eine Ordinaten transformation eingeschlossen ist. Das Verfahren kann sehr genau gehandhabt werden, wenn genaue Zustandstafeln der Prüffluide verfügbar sind. Es wurde mit sehr hoher Genauigkeit auf Luft bei höherem Druck bis 1000 bar erfolgreich angewendet. Die erzielbare Genauigkeit wurde durch ein eigens hierzu entwickeltes Prüfkriterium abgesichert. Eine Anwendung auf andere reale Prüffluide als Luft unter höherem Druck ist wegen der allgemein gehaltenen Struktur des Verfahrens und der Orientierung dieser Struktur nach der Zustandstafel des jeweiligen Prüffluids gegeben. Am Ende der Arbeit befindet sich eine Zusammenstellung der Formelzeichen.

Summary: The publication contributes to the aim to avoid as far as possible systematic deviations, applying various test fluids in critically operated venturi nozzles (as transfer standards) in round robin tests. These systematic deviations are originated by incorrect representation of the thermodynamic behaviour and therefore fluiddynamic behaviour of the test fluid concerned. The presented procedure of calculation bases on a special type of hyperbolic isentrope as substitute including an ordinate transformation. The procedure can be maintained very precisely if correct tables of the properties of state are available. The procedure was applied successfully at high precision for air at elevated pressures up to 1000 bar. The attainable precision was checked up by applying a specific criterion. An application to other real fluids than air at elevated pressures is ensured as the structure of the procedure is of general nature and the procedure's structure is orientated due to the thermodynamic behaviour of the test fluid concerned. At the end of the contribution a list with the symbols is given.

1 Einführung

In adiabaten Venturidüsen, die als Durchfluß-Kalibriernormale für gasförmige Fluide betrieben werden, tritt beim kritischen Druck in der Kernströmung des engsten Düsenquerschnitts die örtliche Schallgeschwindigkeit des realen Fluids – dieses kann z.B. ein Erdgas oder Luft unter hohem Druck sein – als Strömungsgeschwindigkeit auf. Ausgenommen von diesem strömungsphysikalischen Phänomen (Schalldurchgang) ist lediglich die zur Kernströmung zugehörige, relativ dünne Grenzschicht. Für die Kernströmung wird eine adiabate und reversible, d.h. isentrope Expansionsströmung (verlustfreie, reibungsfreie Gleichgewichtsexpansionsströmung) angesetzt. Hierzu sind Enthalpieintervall bzw. Strömungsgeschwindigkeit exakt berechenbar und im Falle des kritischen Strömungszustandes (Phänomen des Schalldurchganges) naturgemäß als ausgezeichnete Referenzgrößen geeignet für den Kalibriervorgang. Diese Referenzgrößen sind aber stoffspezifischer Natur, was bei Vergleichsversuchen über kritisch betriebene Kalibriernormale zu beachten ist. Werden diese Stoffeigenschaften nicht genügend genau berücksichtigt, so ergeben sich dadurch zusätzliche systematische Abweichungen. Während die analytische Behandlung und exakte Berechnung des Enthalpieintervalles für ein Fluid wie ein einatomiges, ideales Gas (Edelgas mit $k \equiv -(\nu/p) (\partial p/\partial \nu)_s = c_p^0/c_v^0 = \text{const}, Z = 1$) einfach ist, bereitet sie für reale Fluide ($Z \neq 1$) Schwierigkeiten. Dort wird nämlich k eine verwickelte Zustandsfunktion. Es wird im folgenden ein Lösungsweg zur Berechnung von Enthalpieintervallen bei isentropen Expansion realer Fluide unter Einschluß des kritischen Strömungszustandes mitgeteilt. Dabei wird eine Substitutionsisentropen in p, ν -Koordinatenform an Stelle der Isentropenfunktion des betreffenden realen Fluids gesetzt. Diese Isentropenfunktion stellt den für konstante Entropie s gesetzmäßigen Zusammenhang in z.B. p, ν -Koordinaten dar. Sie wird aus p, ν, s -Tafelwerten gewonnen.

2 Integrale Isentropenexponenten

In der folgenden Abhandlung wird gezeigt, wie man mittels zweier „integraler Isentropenexponenten“ m und n , deren erster auf einer geeigneten Substitutionsisentrope als Isentropenfunktion aufbaut, das Problem der isentropen Expansionsströmung realer Fluide sehr genau lösen kann. Dazu bedarf es der Definition dieser Isentropenexponenten und des Ansatzes für die Substitutionsisentrope. Die allgemeine Definition des Isentropenexponenten als differentielle, zustandsabhängige und relative Größe

$$k \equiv -\frac{v}{p} \left(\frac{\partial p}{\partial v} \right)_s \quad (1)$$

führt bei isentroper Expansion speziell auf

$$k_s \equiv -\frac{v}{p} \frac{dp}{dv} = -\frac{d \ln(p)}{d \ln(v)}, \quad (2)$$

wobei die Funktion $p = p_s(v)$ den für konstante Entropie s gesetzmäßigen p, v -Zusammenhang darstellt (Isentropenfunktion). Diese Isentropenfunktion kann in den meisten Fällen aus Tabellen (Zustandstafel) ermittelt werden. Ihre analytische Formulierung ist im allgemeinen äußerst kompliziert und unhandlich. So ergeben sich gemäß Gleichung (2) die beiden gleichwertigen funktionalen Zusammenhänge $k = k_s(v)$ und $k = k_s^*(\ln(v))$.

Aus Gleichung (2) entstehen also per definitionem im allgemeinen Falle zwei unterschiedliche, durch Integration bereichsgemittelte, Isentropenexponenten (kurz integrale Isentropenexponenten genannt)

$$m_1 \equiv \frac{\int_{v_1}^{v_2} k_s(v) dv}{v_2 - v_1} = \frac{\int_{p_1}^{p_2} \frac{v}{p} dp}{v_2 - v_1} = \frac{(\bar{v}/\bar{p})(p_1 - p_2)}{v_2 - v_1} = -\left. \frac{v}{p} \frac{dp}{dv} \right|_{m_1} \quad (3a)$$

und

$$n \equiv \frac{\int_{\ln(v_1)}^{\ln(v_2)} k_s^*(\ln(v)) d \ln(v)}{\ln(v_2/v_1)} = \frac{\int_{\ln(p_1)}^{\ln(p_2)} \frac{d \ln(p)}{d \ln(v)} \cdot d \ln(v)}{\ln(v_2/v_1)} = \frac{\int_{\ln(p_1)}^{\ln(p_2)} d \ln(p)}{\ln(v_2/v_1)} = \frac{\ln(p_1/p_2)}{\ln(v_2/v_1)} = -\left. \frac{d \ln(p)}{d \ln(v)} \right|_n \quad (4a)$$

Die für das reale Fluid gültige Isentropenfunktion $p = p_s(v)$ bestimmt, ob sich m_1 und n unterscheiden

oder nicht. Gleichung (2) ist auch in Form einer gewöhnlichen Differentialgleichung $k_s p dv = -v dp$, hergeleitet aus dem totalen Differential der Entropie $ds = 0 = c_p \frac{v}{T} \left(\frac{\partial T}{\partial v} \right)_p \left[\frac{1}{k_s} \frac{dp}{p} + \frac{dv}{v} \right]$ [1], formulierbar und läßt daher auch folgende Definitionen zu:

$$m_2 \equiv \frac{\int_{v_1}^{p_2} v dp}{\int_{v_1}^{p_1} p dv} = \frac{\bar{v} p_1 - p_2}{\bar{p} v_2 - v_1} = -\left. \frac{v}{p} \frac{dp}{dv} \right|_{m_2} = -\left. \frac{v_{m2}}{p_{m2}} \frac{dp}{dv} \right|_{v_{m2}} \quad (3b)$$

und

$$n \equiv \frac{\int_{\ln(p_1)}^{\ln(p_2)} d \ln(p)}{\int_{\ln(v_1)}^{\ln(v_2)} d \ln(v)} = \frac{\ln(p_1/p_2)}{\ln(v_2/v_1)} = -\left. \frac{d \ln(p)}{d \ln(v)} \right|_n = -\left. \frac{v_n}{p_n} \frac{dp}{dv} \right|_{v_n} \quad (4b)$$

In den Gleichungen (3b) und (4b) bedeuten $p_m = p_s(v_m)$ und $p_n = p_s(v_n)$. Die Gleichungen (3) und (4) vereinigen dabei die Mittelwertsätze sowohl der Integral- als auch Differentialrechnung, wobei jeweils m_1 und m_2 ein arithmetisches und n ein logarithmisches (integrales) Mittel darstellen. Dabei gilt wegen des Mittelwertsatzes der Differentialrechnung in Anwendung auf die Isentropenfunktion $p = p_s(v)$ aus Eindeutigkeitsgründen

$$\left. \frac{dp}{dv} \right|_{m_1} = \left. \frac{dp}{dv} \right|_{m_2} = \left. \frac{dp}{dv} \right|_{v_m} = \frac{p_2 - p_1}{v_2 - v_1}$$

Man erkennt sofort, daß beide Definitionen (4a) und (4b) zum gleichen Ergebnis führen müssen. Dies gilt aber nicht für m_1 und m_2 wegen $(\bar{v}/\bar{p}) \neq (\bar{v}/\bar{p})$. Für den Sonderfall der Isentropenfunktion $p = p_1 (v_1/v)^n$, ergibt sich speziell $(\bar{v}/\bar{p}) = \bar{v}/\bar{p}$, d.h. $m_1 = m_2 = n$. Aus Gründen des Mittelwertsatzes der Differentialrechnung $|dp/dv|_{v_m} = (p_2 - p_1)/(v_2 - v_1)$ ergibt sich aus Gl. (3b) die generelle Beziehung $v_m/p_m = \bar{v}/\bar{p}$. Diese Beziehung $(\bar{v}/\bar{p})(p_m/v_m) = 1$ ist dabei von grundlegender Natur. Sie muß stets erfüllt werden und gilt daher als Prüfkriterium für die Interpolationsgüte der gewählten Substitutionsisentrope. Hierbei ist zu beachten, daß $\bar{v} \neq v_m$ und $\bar{p} \neq p_m$ gilt. Sie korreliert Größen, die zufolge der Anwendung der Mittelwertsätze der Integral- als auch Differentialrechnung

existieren. Bei einem idealen, einatomigen Gas ergibt sich der Grenzfall

$$m_1 = m_2 = n = \kappa = \frac{c_p^0}{c_v^0} = \text{const}$$

und im Falle des mehratomigen, idealen Gases

$$m_1 = m_2 = n = f(T_1, T_2) = \frac{c_p^0(\bar{T})}{c_v^0(\bar{T})} = \kappa(\bar{T}),$$

da hierbei das Enthalpieintervall nur von der Temperaturdifferenz abhängt. Dabei gilt wegen der Integrationsmöglichkeiten der Differentialgleichung $\frac{c_p^0(T)}{T} dT = R \frac{dp}{p}$ unter Anwendung des verallgemeinerten Mittelwertsatzes der Integralrechnung die Beziehung $\bar{T} = (T_1 - T_2) / \ln(T_1/T_2)$. Der allgemeine Fall des realen Fluids bei sowohl druck- als auch temperaturabhängigem Isentropenexponenten führt mit $m_2 \neq n$ nach Gleichung (3b) und (4b) zum isentropen Enthalpieintervall Δi_s bei $w_1 = 0$ (m_2 wird im folgenden der Einfachheit halber kurz als m bezeichnet)

$$\begin{aligned} \Delta i_s &= (i_1 - i_2)_s = \frac{m}{m-1} p_1 v_1 \left[1 - (p_2/p_1)^{\frac{n-1}{n}} \right] \\ &= \frac{w_2^2}{2} = - \int_{p_1}^{p_2} v dp, \end{aligned} \quad (5)$$

worin m als Koeffizient und n als Exponent auftreten und beide als integrale Werte jeweils vom Bereich der isentropen Zustandsänderung abhängen. Aber auch der Sonderfall $m = n$ kann bereichsweise beim realen Fluid auftreten. Gleichung (5) ergibt sich unmittelbar aus Gleichung (3b) in der Form

$$\begin{aligned} \frac{m}{m-1} &= \frac{\int_{p_1}^{p_2} v dp}{\int_{p_1}^{p_2} v dp - \int_{p_1}^{p_2} p dv} = \frac{\int_{p_1}^{p_2} v dp}{p_1 v_1 - p_2 v_2} \\ &= \frac{(i_1 - i_2)_s}{p_1 v_1 - p_2 v_2} \end{aligned}$$

und wird hieraus zu $\frac{m}{m-1} p_1 v_1 \left(1 - \frac{p_2 v_2}{p_1 v_1} \right) = (i_1 - i_2)_s$. Der

Ausdruck $\frac{p_2 v_2}{p_1 v_1}$ wird wegen Gleichung (4) zu

$$\frac{p_2 v_2}{p_1 v_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{n-1}{n}}$$

Während nun nach Gleichung (4b) $n = \frac{\ln(p_1/p_2)}{\ln(v_2/v_1)}$

sofort berechenbar wird, wenn v_2 auf der Isentropen

nach Tabellenwerten bekannt ist, so gestaltet sich die Ermittlung von m aufwendiger. Nach Gleichung (3b) muß für m der Wert v_m/p_m oder der Wert \bar{v}/\bar{p} bekannt sein. Dabei hat der Ausdruck v_m/p_m der Isentropenfunktion mit $p_m = p_s(v_m)$ zu gehorchen.

3 Verfahren zur Bestimmung von m

Das hier dargestellte Verfahren hat den Vorteil, bei relativ einfacher Struktur zu einer sehr genauen Ermittlung von m beizutragen. Dies liegt in dem Ansatz einer Hyperbel

$$p = p(v) = a + \frac{b}{v^c} \quad (6)$$

für die Substitutionsisentropie begründet. Dabei wird noch die korrekte, bereichsgemittelte Steigung am Orte p_m, v_m in die Bestimmung der Parameter a, b und c einbezogen. Die sehr gute Anpassungsfähigkeit, d.h. Interpolationsfähigkeit, dieser Substitutionsisentropie wird später numerisch nachgewiesen. Die Substitutionsisentropie zeigt auch einen richtigen Übergang zum typisch hyperbolischen Isentropen-Verlauf beim idealen Gas mit $p v^\kappa = \text{const}$, wobei $a = 0, b = p_1 v_1^c$ und $c = n = m = \kappa$ sind. Die bereichsweise optimale Anpassung der Koeffizienten a, b und c der Gl. (6) geschieht auf folgende Weise: Es seien zwei Zustände auf der Isentropen durch p_1, v_1 und p_2, v_2 aus Tafelwerten festgelegt. Damit sind bereits zwei grundlegende Informationen in Form der beiden Ortsangaben auf der Isentropen und daraus eine zusätzliche Information, die Steigerung der Sekante zwischen den beiden Orten betreffend, verfügbar. Aus letzterem geht mit dem Mittelwertsatz der Differentialrechnung die Beziehung $\left| \frac{dp}{dv} \right|_{v_m} = \frac{p_2 - p_1}{v_2 - v_1}$ hervor, die zur späteren Gleichung (V) führt. Da die Substitutionsisentropie auch durch den Ort p_m, v_m der Isentropenfunktion verlaufen soll, gelten die drei Gleichungen

$$(I) \quad p_1 = p(v_1) = a + \frac{b}{v_1^c}$$

$$(II) \quad p_2 = p(v_2) = a + \frac{b}{v_2^c}$$

$$(III) \quad p_m = p(v_m) = a + \frac{b}{v_m^c}$$

Diese drei Gleichungen können zur Bestimmung von a, b, c, v_m und p_m aber nur dann benutzt werden, wenn zwei weitere Gleichungen für die Unbekannten v_m und p_m existieren. Diese stehen in Form der Isentropenfunktion selbst (nach Tafelwerten $p = p_s(v)$) als Gleichung

$$(IV) \quad p_m = p_s(v_m) \quad \text{und in Form der Gleichung}$$

$$(V) \quad \left| \frac{dp}{dv} \right|_{v_m} = \frac{p_2 - p_1}{v_2 - v_1} = -bc v_m^{-(c+1)} \quad \text{zur Verfügung.}$$

Es sind also fünf Bestimmungsgleichungen für die Unbekannten a, b, c, v_m und p_m vorhanden. Daraus ergeben sich vier Bestimmungsgleichungen für die Größen a, b, c , und v_m entsprechend der Anpassung an die Örter $p_1, v_1; p_m, v_m; p_2, v_2$ und die Steigung beim Wert $v_m = v_s(p_m)$ der Isentropenfunktion. Diese vier Bestimmungsgleichungen sind die folgenden:

$$(VI) \quad a = p_1 \left[1 - \frac{\frac{p_2}{p_1} - 1}{\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^c - 1} \right]$$

$$(VII) \quad b = p_1 v_1^c \frac{\frac{p_2}{p_1} - 1}{\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^c - 1} = (p_1 - a) v_1^c$$

$$(VIII) \quad \frac{v_m}{v_1} = \left[c \frac{\frac{v_2}{v_1} - 1}{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^c} \right]^{\frac{1}{c+1}}$$

$$(IX) \quad p_s(v_m) = p_s \left(v_1 \left[c \frac{\frac{v_2}{v_1} - 1}{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^c} \right]^{\frac{1}{c+1}} \right) = p_1 - \frac{p_1 - p_2}{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^c} \left[c \frac{\frac{v_2}{v_1} - 1}{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^c} \right]^{\frac{-c}{c+1}}$$

Die Größe v_m wird also hierdurch auf die Intervall-Eckwerte v_1 und v_2 mittels des c zurückgeführt. Unter Berücksichtigung obiger Bestimmungsgleichungen für die Koeffizienten a und b nimmt die Substitutionsisentropie gemäß Gleichung (6) die einfache Form einer ordinaten-transformierten Hyperbel $(p - a)/(p_1 - a) = (v_1/v)^c$ an. Es ist möglich bei $c \geq n$ einen ersten Schätzwert von v_m/v_1 bzw. v_m zu ermitteln. Die Gleichungen (III) und (IV) bilden dann mit $p_m = p(v_m) = a + \frac{b}{v_m^c} = p_s(v_m)$ ein Kriterium zur Überprüfung des gewählten Parameters c auf Richtigkeit, d.h. richtige Anpassung an die Isentropenfunktion. Schließlich stellen die Gleichungen (III), (IV) und (VIII) zusammen die schon zuvor genannte vierte Bestimmungsgleichung (IX), nämlich eine für den Isentropenparameter c dar, indem einmal p_m mittels Gleichung (III) und (IV) und v_m mittels Gleichung (VIII) eliminiert werden. Dieser dimensionsfreie Parameter c wird hierdurch allein auf die Intervall-

eckwerte p_1, v_1 und p_2, v_2 der Isentropenfunktion unter Beachtung der Anpassung an die Werte p_m und v_m der Isentropenfunktion zurückgeführt. Damit steht letztendlich mit den drei Gleichungen (VI), (VII) und (IX) die zur Bestimmung der Parameter a, b und c notwendige Anzahl von Gleichungen zur Verfügung. Da die Isentropenfunktion $p = p_s(v)$ fast ausnahmslos aus Tabellen ermittelt werden kann, ist hierbei die Lösung für c von numerischem Charakter. Mit dem so auf iterative Weise gefundenen v_m -Wert lassen sich rasch relative Abweichungen von weniger als $1 \cdot 10^{-5}$ gegenüber dem zugehörigen Tafelwert $v_m = v_s(p_m)$ erzielen (hierin p_m nach Gleichung (III)). Dies beleuchtet die Genauigkeit des Verfahrens. Der gesuchte integrale Isentropenexponent m wird dann nach

$$\text{Gleichung (3b)} \quad m = \frac{\bar{v} p_1 - p_2}{p v_2 - v_1} = \frac{v_m p_1 - p_2}{p_m v_2 - v_1}$$

ermittelt. Dabei fällt ins Gewicht, daß m in korrekter, integraler Weise den Verlauf von k_1 bis k_2 entsprechend der Tafelisentropen wiedergibt und über die darauf abgestimmten Koeffizienten b und c an die Substitutionsisentropie „weitergibt“, so daß neben dem exakten $k_m = m = \frac{bc}{p_m v_m^c}$ auch die Eckwerte k_1 und k_2 der

Substitutionsisentropie über die Koeffizienten b und c optimal ermittelbar sind. Hierdurch läßt sich gemäß

$$a_m = \sqrt{m p_m v_m} = v_m \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{v_2 - v_1}} = \sqrt{bc v_m^{-(c-1)}} \quad \text{die}$$

Schallgeschwindigkeit zum Zustand p_m, v_m sofort genau errechnen. Darüberhinaus läßt sich auch $a_2 \equiv \sqrt{k_2 p_2 v_2}$ ermitteln, da im vorgegebenen Intervall $k = k_s(v) = -\frac{v}{p} \frac{dp}{dv} = bc/(pv^c) = bc/(av^c + b)$ und daher speziell

$$k_2 = \frac{bc}{p_2 v_2^c} = \frac{bc}{\frac{p_2 p_1 - a}{p_1 p_2 - a} \cdot p_1 v_1^c} \quad (7)$$

gilt.

Hierbei ist für den allgemeinen Fall bei $a \neq 0$ wegen $b = (p_1 - a) v_1^c$ gemäß Gleichung (6) $p_2 v_2^c \neq p_1 v_1^c \neq p_m v_m^c$. Daraus folgt $k_1 \neq m \neq k_2$. Somit ergibt sich schließlich

$$a_2 = \sqrt{bc v_2^{-(c-1)}} = \sqrt{bc} \sqrt{\left(\frac{p_2 - a}{p_1 - a}\right)^{\frac{c-1}{c}} / v_1^{(c-1)}}$$

Aus Gleichung (3b) ging die grundlegende Beziehung $\frac{\bar{v} p_m}{p v_m} = 1$ hervor, bei der aber $\bar{v} \neq v_m$ und $\bar{p} \neq p_m$, auch beim idealen Gas, zu beachten ist. Hierbei ist gemäß Gleichung (6)

$$\bar{p} = a - \frac{1}{c-1} \frac{\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{-(c-1)} - 1}{\frac{v_2}{v_1} - 1} \frac{b}{v_1^c} = \frac{\int_{v_1}^{v_2} p dv}{v_2 - v_1}$$

$$\text{und } \bar{v} = \left(\bar{p} + \frac{p_1 v_1 - p_2 v_2}{v_2 - v_1} \right) \frac{v_2 - v_1}{p_1 - p_2} = \frac{p_1}{p_1 - p_2} - \int_{p_1}^{p_2} v dp$$

$$\text{man } - \int_{p_1}^{p_2} v dp = p_1 v_1 + \int_{v_1}^{v_2} p dv - p_2 v_2 \text{ als logische}$$

thermodynamische Verknüpfung der beiden Integrale bei Orientierung zum p, v -System einbezieht. Die Größe \bar{v} ist auch wie die Größe \bar{p} durch Integration direkt zu ermitteln wie folgt

$$\bar{v} = \frac{b^{1/c} \frac{c}{c-1} \left[(p_1 - a)^{\frac{c-1}{c}} - (p_2 - a)^{\frac{c-1}{c}} \right]}{p_1 - p_2} \text{ und muß mit}$$

dem zuvor genannten \bar{v} übereinstimmen. Je genauer die Beziehung $\frac{\bar{v} p_m}{p v_m} = 1$ für die isentrope Expansion entsprechend dem gewählten Ansatz (s. Gleichung (6)) erfüllt wird, desto genauer wird der Wert a_2 ermittelt. Mit a_2 läßt sich das Phänomen des Schalldurchganges festlegen gemäß der Referenzgrößen-gleichheit

$$a_2^2 = 2 \frac{m}{m-1} p_1 v_1 \left[1 - (p_2/p_1)^{\frac{n-1}{n}} \right] = k_2 p_2 v_2.$$

Letztere Bestimmungsgleichung führt mit $p_1 v_1^n = p_2 v_2^n$ nach Gleichung (4) über die integralen Isentropenexponenten m und n direkt auf das kritische Druckverhältnis

$$\frac{p_{2\text{krit}}}{p_1} = \left[\frac{\frac{2m}{m-1}}{k_2 + \frac{2m}{m-1}} \right]^{\frac{n}{n-1}}, \quad (8)$$

worin k_2 nach Gleichung (7) einzusetzen ist. Damit ist die grundlegende Bedeutung von m und n dokumentiert. Gleichung (8) ermöglicht eine exakte, implizite Lösung für $p_{2\text{krit}}$ des realen als auch idealen, mehratomigen Fluids. Für das einatomige ideale Gas ergibt Gleichung (8) mit $m = n = k_2 = \kappa = \text{const.}$ die bekannte in p_2/p_1 explizite Lösung

$$\left(\frac{p_2}{p_1} \right)_{\text{krit}} = \left(\frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}.$$

Für das mehratomige, ideale Gas ergibt sich eine exakte, in $p_{2\text{krit}}$ implizite Lösung mit, wie bereits früher ausgeführt,

$$m_1 = m_2 = m = n = \frac{c_p^0(\bar{T})}{c_v^0(\bar{T})} = \kappa(\bar{T}) = k_2 = \frac{c_p^0(T_2)}{c_v^0(T_2)}$$

(dabei: $c_p^0(\bar{T}) \neq c_p^0(T_2)$), also

ein formal gleiches Ergebnis wie zuvor beim einatomigen, idealen Gas. Somit sind nach Gleichung (5) als Referenzgrößen auch das zum kritischen Strömungszustand gehörige Enthalpieintervall

$$\Delta i_{s\text{krit}} = \frac{m k_2}{(m-1) k_2 + 2m} p_1 v_1 \text{ bzw. die Schallgeschwin-}$$

$$\text{digkeit } a_2 = \sqrt{\frac{2m k_2}{(m-1) k_2 + 2m} p_1 v_1} \text{ bekannt.}$$

Der nach vorstehend geschildertem Verfahren errechnete Wert von m läßt sich einem m gegenüberstellen, das mit Hilfe der Tafel-Enthalpiedifferenz aus

$$\frac{m}{m-1} = \frac{(i_1 - i_2)_{s\text{Taf}}}{p_1 v_1 - p_2 v_2} \text{ hervorgeht.}$$

Die Gegenüberstellung ergab relative Abweichungen von weniger als 10^{-4} . Dies zeigt wiederum die Genauigkeit des Verfahrens. Eine etwas geringere Genauigkeit erreicht man durch Anwendung einer kubischen Interpolationsfunktion

$$p = p(v) = a + b(v - v_1) + c(v - v_1)^2 + d(v - v_1)^3 \quad (9)$$

als Substitutionsisentrope. Diese führt jedoch zu acht Bestimmungsgleichungen für die hierbei aus gegebenen Gründen zu berücksichtigenden Unbekannten $a, b, c, d, v_m, p_m, \bar{v}$ und \bar{p} und ist daher erheblich komplizierter zu handhaben.

4 Numerische Beispiele für trockene Luft als reales Fluid

Die Beispiele wurden bewußt zur Erzielung einer höheren Berechnungsgüte und Kontrolle des Verfahrens entsprechend den angegebenen Druckverhältnissen aus [2] ausgewählt. Es ist also hierbei nur das glatte Druckverhältnis 1:2 benutzt worden. In Bild 1 ist die nach der Gleichung $k_s(v) = (bc)/(av^c + b)$ im Intervall v_1 bis v_2 berechnete Kurve für Beispiel 4 der Tabelle 1 aufgetragen. Man erkennt die Variation von $k_s(v)$ relativ zum integralen Wert m . Aus der Lage vom integralen Wert m und sich daraus ergebenden Flächenverhältnissen ist erkennbar, daß $m_1 = 3,9616$ von $m_2 = m = 3,9874$ verschieden ist. Ferner ist wahrzunehmen, daß $(k_1 + k_2)/2 \neq m$ ist, wie dies auch für die übrigen Beispiele des gleichen realen Fluids in der Tabelle 1 gilt. Bei genaueren Rechnungen kann also nicht von der einfachsten Form des arithmetischen Mittels für die Näherung $(k_1 + k_2)/2 \approx m$ Gebrauch gemacht werden. Es ist aber auch der Tabelle 1 zu entnehmen, daß erst im Bereich höherer Drücke p_1 die Werte für m stärker von den Werten n abweichen. Bei mäßigen Drücken erreicht man bereits mit der Näherung $m \approx n$ eine entsprechend Güte in der Ermittlung von Δi_s . Aus Tabelle 1 geht auch hervor inwieweit der Wert $\frac{\bar{v}}{v} \frac{v_m}{p_m}$ vom Wert eins abweicht. Die

vorhandenen Abweichungen vom Wert eins sind im

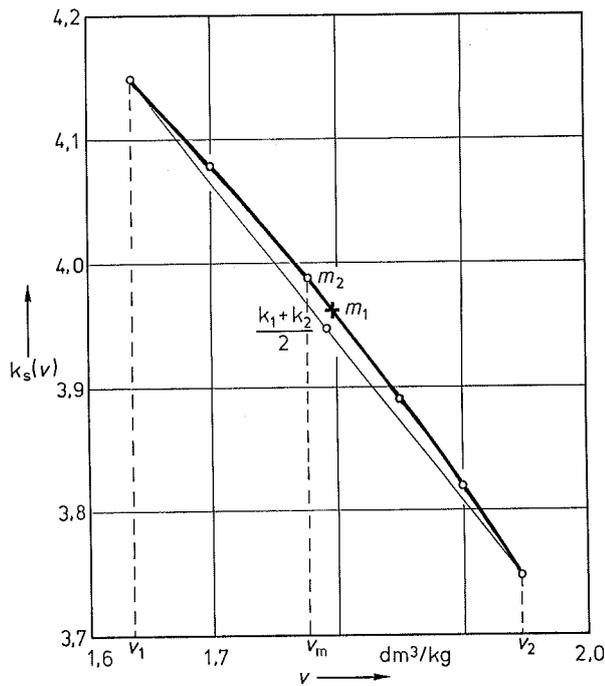


Bild 1 —○— Verlauf des Isentropenexponenten $k_s(v)$ nach Beispiel 4 der Tabelle 1
 $(p_1 = 1000 \text{ bar}, T_1 = 300 \text{ K}, v_1 = 1,6352 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}})$
 + m_1 nach Gleichung (3a), $m_2 = m$ nach Gleichung (3b)
 —○— $\frac{k_1+k_2}{2}$ als arithmetisches Mittel

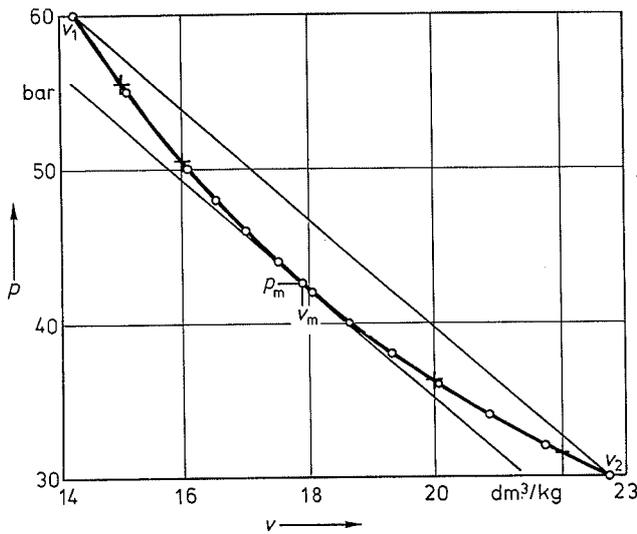


Bild 2 Übereinstimmung von Substitutionsisentrope + und Tafelisentrope o nach Beispiel 2 der Tabelle 1
 $(p_1 = 60 \text{ bar}, T_1 = 300 \text{ K}, v_1 = 14,219 \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}})$ und Lage von p_m und v_m

Tabelle 1 Isentrope Expansion trockener Luft $T_1 = 300 \text{ K}$

Beispiel	1	2	3	4
$p_1/\text{bar}/p_2/\text{bar}$	1/0,5	60/30	200/100	1000/500
$v_1/\text{dm}^3/\text{kg}$	861,39	14,219	4,4478	1,6352
Z_1	0,99970	0,99011	1,03238	1,89773
$v_2/\text{dm}^3/\text{kg}$	1412,82	22,7394	6,5510	1,94736
a/bar	-0,00043	1,94839	22,6769	88,2340
$b/\text{bar} \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{kg}}\right)^c$	12866,7	3544,93	4345,75	8543,40
c	1,400	1,549	2,144	4,550
$v_m/\text{dm}^3/\text{kg}$	1098,71	17,8915	5,35976	1,77647
$\bar{v}/\text{dm}^3/\text{kg}$	1083,66	17,6399	5,28900	1,76633
p_m/bar	0,71116	42,6168	141,566	713,609
\bar{p}/bar	0,70154	42,045	139,996	710,038
k_1	1,4006	1,4987	1,9005	4,1485
k_2	1,4012	1,4484	1,6574	3,7471
$(k_1+k_2)/2$	1,4009	1,4736	1,7790	3,9478
m	1,4009	1,4782	1,8001	3,9874
n	1,4009	1,4763	1,7902	3,9674
$\frac{\bar{p}}{p} \frac{v_m}{v} \frac{p_m}{p_1}$	1,0002	1,0007	1,002	1,0007
$(i_1 - i_2)_s / \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	54,157	52,848	52,495	88,296
$(i_1 - i_2)_{s \text{ Taf}} / \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	54,106	52,860	52,833	88,227
$p_{2\text{krit}}/p_1$	0,5283	0,5216	0,4938	0,3302

wesentlichen bedingt durch die lineare Interpolation des v_2 -Wertes aus Tafelwerten. Ferner tritt beim Vergleich von Δi_s und $\Delta i_{s\text{Taf}}$ ein weiterer Interpolationsfehler in $\Delta i_{s\text{Taf}}$ auf.

Abschließend sind noch vier Werte $p_{2\text{krit}}/p_1$ nach dem geschilderten Verfahren unter Benutzung der Gleichung (8) berechnet und in Tabelle 1 aufgenommen worden. Einer späteren Veröffentlichung bleibt es vorbehalten, durch Optimierung des Rechenprogramms zur vereinfachten Lösung der Gleichung (8) beizutragen und weitere Ergebnisse in $p_{2\text{krit}}/p_1$ mitzuteilen. Schließlich ist in Bild 2 dargestellt, daß für das Beispiel 2 in Tabelle 1 keine erkennbaren Abweichungen zwischen Substitutionsisentrope und Isentropenfunktion (gemäß Zustandstafel) im gesamten Druck- bzw. Volumenbereich festzustellen sind. Daraus geht die besondere Eignung des Ansatzes gemäß Gleichung (6) für die Substitutionsisentrope des realen Fluids hervor. Dieses beweisen desweiteren die Beispiele 3 und 4 in Tabelle 1.

5 Schlußbetrachtung

Es wurde eine Lösung zur Bestimmung des Enthalpieintervalls einer isentropen Expansion realer Fluide erarbeitet und auf Luft als reales Fluid angewendet. Dabei wurden integrale Isentropenexponenten m und n benutzt, die nur auf p, v, s -Daten aufbauen. Dazu werden nur drei grundlegende Informationen der Zustandstafel benötigt. Es ergab sich auch ein einfacher Zusammenhang $k = k_s(v)$ für den Isentropenexponenten $k = (bc) / (av^c + b)$ im Expansionsintervall. Die berechneten Enthalpieintervalle $\Delta i_s = (i_1 - i_2)_s$ wurden mit zugehörigen Tafelwerten $\Delta i_{s\text{Taf}}$ von Luft verglichen. Die Abweichungen sind hinreichend klein und vertretbar gegenüber den Genauigkeiten der linear interpolierten Tafelwerte $\Delta i_{s\text{Taf}}$. Die durch die Benutzung von integralen Isentropenexponenten gewonnene analytische Form für das Enthalpieintervall eignet sich überdies sehr gut zur Auffindung des kritischen Strömungszustandes, also des ausgezeichneten Referenzzustandes (Schallgeschwindigkeit a_2), wie es Gleichung (8) deutlich zeigt.

Hiermit wurde ein neuartiges, auf reale Fluide anwendbares, Verfahren erarbeitet und vorgestellt. Es wurde für die Interpolation der Isentropenfunktion im jeweiligen Expansionsintervall eine ordinaten-transformierte Hyperbel als Substitutionsisentropie benutzt, deren Koeffizienten a, b und c allein auf die Werte p_1, v_1 und p_2, v_2 unter Beachtung richtiger p_m, v_m -Werte und der zugeordneten mittleren Steigung der Isentropenfunktion zurückführbar sind. Das Verfahren ergab eine sehr genaue Bestimmung des Enthalpieintervalls einer isentropen Expansion realer Fluide. Das Gleiche gilt für die Ermittlung des kritischen Druckverhältnisses. Dies ist von besonderer Bedeutung für Vergleichsversuche höchster Präzision mit kritisch betriebenen Venturidüsen als Referenznormale bei Verwendung unterschiedlicher realer Fluide, wie z.B. Luft und Erdgas bei höherem Druck. Für diese Fluide müssen nur ausreichend genaue p, v, s -Daten zur Verfügung stehen. Je genauer diese Stoffdaten vorliegen, desto geringere systematische Abweichungen treten dann bei Vergleichsversuchen als zusätzliche Abweichungen auf, wenn man zuvor beschriebenes Verfahren anwendet.

Da in der Praxis als reales Fluid das Erdgas unter höherem Druck eine besondere Bedeutung einnimmt, wurden in letzter Zeit verstärkte Anstrengungen unternommen, p, v, s -Daten durch genaue Zustandsgleichungen für Gemische in Virialform [3] oder in anderer Form, z.B. durch Aufbau aus den p, v, s -Daten der reinen Komponenten [4], wiederzugeben.

Formelzeichen

- a, b, c, d Koeffizienten einer Substitutionsisentropie
 c_p = spez. Wärmekapazität bei konst. Druck
 c_v = spez. Wärmekapazität bei konst. Volumen
 i = spez. Enthalpie
 k = Isentropenexponent,
 $\left(\kappa = \frac{c_p^0}{c_v^0} = \text{constant für ideales, einatomiges Gas} \right)$
 m = integraler Isentropenexponent (p, v -Koordinatensystem)
 n = integraler Isentropenexponent ($\ln(p), \ln(v)$ -Koordinatensystem)
 p = Druck; \bar{p} bereichsgemittelter Druck
 $p = p_s(v)$ Isentropenfunktion nach Tafelwerten
 T = Kelvin-Temperatur; \bar{T} = bereichsgemittelte Kelvin-Temperatur
 v = spez. Volumen; \bar{v} bereichsgemittelt spez. Volumen
 w = Strömungsgeschwindigkeit
 $Z = \frac{pv}{RT}$ = Realgasfaktor

Indizes

- 0 ideales Gas
 1 Ruhezustand
 2 Entspannungszustand
 s bei konst. spez. Entropie

Literatur

- [1] Narjes, L.: Theorie des „Idealen Dampfes“ und ihre Anwendung auf Strömungsprozesse in adiabaten Systemen. Techn. Hochschule Braunschweig, Diss. 1966
 [2] Baehr, H. D.; Schwier, M.: Die thermodynamischen Eigenschaften der Luft. Berlin: Springer-Verlag 1961
 [3] Jaeschke, M.; Audibert, S.; van Canehem, P.; Humphreys, A. E.; Janssen, R.; Pellei, Q.; Michels, J. P. J.; Schouten, J. A.; Ten Seldam, C. A.: High Accuracy Compressibility Factor Calculation for Natural Gases and Similar Mixtures by Use of a Truncated Virial Equation. GERG Technical Monograph TM2 (1988) und Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 6, Nr. 231 (1989)
 [4] Narjes, L.; Zander, M.: Theorie zur Gemischbildung realer Fluide. PTB-Mitt. 98 (1988), S. 385-391

Über die Interpretation empirischer Kovarianzen bei der Abschätzung von Meßunsicherheiten

Michael Grabe

Zusammenfassung: Es wird die Verknüpfung und Fortpflanzung von Meßfehlern untersucht. Hinsichtlich der zufälligen Fehler arbeitet der Formalismus von vornherein mit den empirischen Varianzen und Kovarianzen der Eingangsdaten, wobei letzteren eine besondere Rolle zufällt. Denn wie die mehrdimensionale Verteilungsdichte der empirischen Momente zweiter Ordnung zeigt, stehen die Kovarianzen formal gleichberechtigt neben den empirischen Varianzen, ganz unabhängig davon, ob die miteinander zu verknüpfenden Meßreihen korreliert sind oder nicht. Berücksichtigt man die empirischen Kovarianzen, so ist die Hotellingsche Verteilungsdichte für die Konstruktion von Vertrauensbereichen zuständig [1, 2].

Hinzunehmen der systematischen Fehler auf der in [3] diskutierten Basis führt zu einer Form der Fehlerfortpflanzung, die sich in wesentlichen Punkten von der konventionellen unterscheidet. Die Leistungsfähigkeit beider Formalismen wird an Hand eines simulierten Experimentes geprüft.

Summary: The paper outlines the combination and propagation of measurement errors. With respect to random errors, the formalism to be presented makes use of the empirical variances and covariances of the entrance data, whereby the latter play a particularly important role. As may be seen from the multi-dimensional probability density of the empirical second order moments, the empirical covariances have a formal equality with the empirical variances, quite independent of whether the measured data to be combined are correlated or not. If the empirical covariances are taken into account, Hotelling's distribution density should be used for the specification of confidence intervals [1, 2].

Adding the systematic errors, as discussed in [3], leads to a formalism of error propagation that differs essentially from that conventionally used. The efficiency of both formalisms is checked by means of a simulated experiment.

1 Einleitung

Die Verknüpfung mehrerer arithmetischer Mittel

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{l=1}^n x_{il}, \quad (i, \dots, m) \quad (1)$$

zu einer neuen Aussage

$$\phi(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m)$$

verlangt, die Meßfehler der \bar{x}_i fortzupflanzen, mithin eine Gesamtunsicherheit u_ϕ zu bilden. So wie zum Ausdruck gebracht, soll jedes der m Mittel \bar{x}_i gleichermaßen n Wiederholungsmessungen einschließen. Die in dieser Arbeit zu entwickelnden Ideen beziehen sich auf die Behandlung zufälliger Fehler. Ein attraktiver Formalismus für die Verarbeitung systematischer Fehler ist bereits in [3] vorgeschlagen worden, so daß es ausreicht, jene letzteren Überlegungen im Rahmen des Diskutierens der Gesamtunsicherheit u_ϕ anzureißen.

Dem statistischen Verhalten der zufälligen Fehler sei eine m -dimensionale normale Verteilungsdichte unterlegt, deren Struktur durch die Varianz-Kovarianz-Matrix

$$\Lambda = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1m} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \sigma_{m1} & \sigma_{m2} & \dots & \sigma_{mm} \end{pmatrix} \quad (2)$$

der Eingangsdaten vollständig bestimmt ist: die σ_{ij} sind die theoretischen Varianzen $\sigma_{ii} = \sigma_i^2$ und Kovarianzen σ_{ij} ($i \neq j$),

$$\sigma_{ij} = E \left\{ \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n (X_{il} - \bar{X}_i) (X_{jl} - \bar{X}_j) \right\}; \quad (3)$$

($i, j = 1, \dots, m$).

$E \{ \dots \}$ symbolisiert das Bilden eines Erwartungswertes. Dabei bezeichnen Großbuchstaben Zufallsvariable, d.h., die x_{il} sollen Realisierungen der X_{il} sein, die \bar{x}_i Realisierungen der Zufallsvariablen \bar{X}_i , etc.

Von Interesse sei folgender Gesichtspunkt: Darf davon ausgegangen werden, daß die theoretischen Kovarianzen σ_{ij} ($i \neq j$) verschwinden, so ist die Varianz der linearen Form

$$\bar{\phi} - \mu_{\phi} = \sum_{i=1}^m \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_i} (\bar{x}_i - \mu_i)$$

durch

$$\sigma_{\phi}^2 = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_i} \right)^2 \frac{\sigma_i^2}{n}$$

gegeben. Verschwinden demgegenüber die theoretischen Kovarianzen nicht, so ist stattdessen von

$$\sigma_{\phi}^2 = \sum_{i,j}^m \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_i} \right) \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_j} \right) \frac{\sigma_{ij}}{n},$$

auszugehen.

Den theoretischen Varianzen und Kovarianzen σ_{ij} stehen die empirischen Größen

$$s_{ij} = \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n (x_{il} - \bar{x}_i) (x_{jl} - \bar{x}_j)$$

gegenüber. Unter der Prämisse $\sigma_{ij} = 0$, ($i \neq j$) fragen wir: Ist man beim Abschätzen der Unsicherheit μ_{ϕ} von ϕ berechtigt, die seitens des Experimentes vorgegebenen, empirischen s_{ij} ($i \neq j$) zu ignorieren oder nicht? Macht man explizit von seinem Wissen Gebrauch, daß die Erwartungswerte σ_{ij} , ($i \neq j$) der den s_{ij} zugeordneten Zufallsvariablen S_{ij} verschwinden und verwendet sinngemäß als deren „beste Schätzer“ Nullen, so bringt

$$s_{\phi}^2 = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_i} \right)^2 \frac{s_i^2}{n} \quad (4)$$

ganz offensichtlich die klassische Gaußsche Fehlerfortpflanzung zum Ausdruck, gegen die – hinsichtlich des Behandeln zufälliger Fehler – an für sich nichts einzuwenden wäre, wenn nicht die gemeinsame Verteilungsdichte der empirischen Momente zweiter Ordnung s_{ij} erkennen ließe, daß die empirischen Kovarianzen s_{ij} , ($i \neq j$) augenscheinlich gleichberechtigt neben den empirischen Varianzen $s_{ii} = s_i^2$ stehen, ganz im Gegensatz zur traditionellen Betrachtungsweise. Eine statistisch erschöpfende Beschreibung der Stichproben x_{il} , ($i = 1, \dots, m; l = 1, \dots, n$) läßt sich mittels der empirischen Varianzen $s_{ii} = s_i^2$ eben nicht geben, ganz unabhängig davon, ob die theoretischen Kovarianzen σ_{ij} , ($i \neq j$) verschwinden oder nicht. Das ist der entscheidende Gesichtspunkt.

Der Bedeutung halber sei die Verteilungsdichte der s_{ij} normalverteilter zufälliger Fehler hier noch einmal angegeben, [4, 5, 6]

$$p_n(s_{11}, s_{12}, \dots, s_{mm}) = C_{mn} \left[\frac{(n-1)^m}{2^m \Lambda} \right]^{(n-1)/2} s^{(n-m-2)/2} e^{-(n-1)/2 Sp(\Lambda^{-1} s)}, \quad (5)$$

$Sp = \text{Spur}$, C_{mn} ist eine hier nicht interessierende Konstante. Λ bezeichnet die Determinante $|\Lambda|$ der Matrix Λ . Schließlich ist

$$s = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & \dots & s_{1m} \\ s_{21} & s_{22} & \dots & s_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ s_{m1} & s_{m2} & \dots & s_{mm} \end{pmatrix} \quad (6)$$

die empirische Varianz-Kovarianz-Matrix der Eingangsdaten und $s = |s|$ die zugehörige Determinante. Wie man erkennt, faktorisiert diese Dichte im Falle $\sigma_{ij} = 0$, ($i \neq j$) **nicht** in ein Produkt mehrerer eindimensionaler Dichten. Folglich sind die s_{ii} und s_{ij} , ($i \neq j$) **stets voneinander abhängig**: Eine statistisch erschöpfende Beschreibung der Gesamtheit der Stichproben verlangt kategorisch danach, sowohl die empirischen Varianzen als auch die empirischen Kovarianzen zu berücksichtigen. Hiermit aber ist das Urteil über die Gaußsche Fehlerfortpflanzung gesprochen: Zumindest im Falle normalverteilter zufälliger Fehler ist sie definitiv korrektionsbedürftig!

2 Hotellingsche Dichte

Der Exponent einer nicht-singulären, m -dimensionalen normalen Verteilungsdichte ist bekanntlich $\chi^2(m)$ -verteilt. Da Experimente nicht in der Lage sind, theoretische Parameter σ_{ij} zu bestimmen, sondern lediglich empirische Parameter s_{ij} , hat Hotelling die Verteilungsdichte der Zufallsvariablen T^2 untersucht, die sich formal der quadratischen Form

$$t^2(m, n) = n(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})' \mathbf{s}^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu}) \quad (7)$$

zuordnen läßt, [7]. In der Hotellingschen Variablen t^2 fassen die m -dimensionalen Spaltenvektoren $\bar{\mathbf{x}}$ und $\boldsymbol{\mu}$ die arithmetischen Mittel $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m$ und die Erwartungswerte

$$\mu_i = E\{\bar{X}_i\}, \quad (i = 1, \dots, m) \quad (8)$$

zusammen; $(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})'$ bezeichnet den zu $(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})$ transponierten Vektor. Ersetzt man in (7) \mathbf{s}^{-1} durch Λ^{-1} , so geht $t^2(m, n)$ über in das $\chi^2(m)$ der normalen Verteilungsdichte. Die Hotellingsche Dichte, die nichts anderes ist, als das mehrdimensionale Analogon der Studentschen Dichte, hat die Form.

$$H(t; m, n) = \frac{2 \Gamma(n/2)}{(n-1)^{m/2} \Gamma\left(\frac{n-m}{2}\right) \Gamma\left(\frac{m}{2}\right)} \frac{t^{m-1}}{\left(1 + \frac{t^2}{n-1}\right)^{n/2}}; \quad (9)$$

$(t > 0, n > m).$

$H(t; m, n)$ geht für $m = 1$ in die positive Hälfte der Studentschen Dichte über, der Faktor 2 im Zähler gleicht die in (9) fehlende negative Hälfte aus.

Die Variable t^2 ist bemerkenswerterweise frei von theoretischen Momenten σ_{ij} , aber ihr struktureller

Aufbau schreibt vor, neben den s_{ii} auch die s_{ij} ($i \neq j$) zu berücksichtigen – in Übereinstimmung mit (5).

Fisher [4] und Wishart [5] haben gezeigt, daß in normalverteilten Grundgesamtheiten die $\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m$ unabhängig sind von den Momenten ($S_{11}, S_{12}, \dots, S_{mm}$). Folglich ist es Hotelling folgend [7] zulässig, in Verallgemeinerung der Gossetschen (Studentschen) Schlußweise wie folgt zu argumentieren: Die Wahrscheinlichkeit, Realisierungen \bar{x}_i der Komponenten \bar{X}_i zu finden, die einem Vektor \bar{x} definieren, der im Innern oder auf dem Rande des Ellipsoides

$$\frac{(\bar{x} - \mu)' s^{-1} (\bar{x} - \mu)}{t^2/n} = 1 \tag{10}$$

liegt ist

$$P = \int_0^{t(m,n)} H(t, m, n) dt. \tag{11}$$

Die empirische Varianz-Kovarianz-Matrix s ist mit Wahrscheinlichkeit 1 positiv definit. Da μ jedoch unbekannt bleibt, ist diese Interpretation umzukehren. Hierzu ersetzen wir in (10) gedanklich μ durch einen Vektor μ^* , fassen μ^* als variierenden Vektor eines im Punkte \bar{x} zentrierten Ellipsoides auf und sagen: Mit der Wahrscheinlichkeit P überdeckt das so definierte **Konfidenz-Ellipsoid** die Spitze des Vektors μ .

Wir zeigen jetzt, wie sich mit Hilfe dieser Überlegungen ein Vertrauensintervall für den Parameter $\mu_\phi = E \phi(\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_m)$ schätzen läßt. Dabei beschränken wir uns der Einfachheit halber auf zwei Variable, die mit x und y bezeichnet seien. Wie üblich wird $\phi(x, y)$ zunächst linearisiert

$$\phi(\bar{x}, \bar{y}) - \mu_\phi = \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}} (\bar{x} - \mu_x) + \frac{\partial \phi}{\partial \bar{y}} (\bar{y} - \mu_y), \tag{12}$$

des weiteren werden $(\bar{x} - \mu_x)$ und $(\bar{y} - \mu_y)$ zu einem Spaltenvektor $(\bar{x} - \mu)$ zusammengefaßt. Offensichtlich konstituiert genau dieser Vektor die Hotellingsche Ellipse,

$$\begin{aligned} (\bar{x} - \mu_x)^2 s_y^2 - 2s_{xy}(\bar{x} - \mu_x)(\bar{y} - \mu_y) + (\bar{y} - \mu_y)^2 s_x^2 = \\ = t^2 s / n \end{aligned} \tag{13}$$

und man kann sich anschaulich vorstellen, wie die Werte der Differenz $\phi(\bar{x}, \bar{y}) - \mu_\phi$ von dem die Ellipse beschreibenden Vektors $(\bar{x} - \mu)$ „gesteuert“ werden.

Der Absolutbetrag der maximalen Differenz diene zur Konstruktion eines Vertrauensbereiches für μ_ϕ zur Wahrscheinlichkeit P . Wie im Anhang gezeigt wird, liefert die Cauchy-Schwarzsche Ungleichung

$$\left\{ \phi(\bar{x}, \bar{y}) - \mu_\phi \right\}_{\max} = \tag{14}$$

$$= \frac{t}{\sqrt{n}} \sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}} \right)^2 s_x^2 + 2 \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}} \frac{\partial \phi}{\partial \bar{y}} s_{xy} + \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{y}} \right)^2 s_y^2}.$$

Man überlegt sich, daß das Quadrat der Wurzel mit der empirischen Varianz

$$s_\phi^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{l=1}^n [\phi(x_l, y_l) - \phi(\bar{x}, \bar{y})]^2$$

übereinstimmt, d.h.

$$\phi(\bar{x}, \bar{y}) \pm \frac{t(2, n)}{\sqrt{n}} s_\phi. \tag{15}$$

Mit der Wahrscheinlichkeit P überdeckt das Intervall $\phi(\bar{X}, \bar{Y}) \pm (t/\sqrt{n}) S_\phi$ den Parameter $\mu_\phi = E\{\phi(\bar{X}, \bar{Y})\}$. Offensichtlich ist (15) gültig, unabhängig davon, ob $\sigma_{xy} = 0$ ist oder nicht.

Dieses Resultat ist von Roy und Bosse, [1] angegeben worden, jedoch mittels einer der Praxis weniger dienlichen Argumentation.

Wir stellen dieser statistisch erschöpfende Interpretation [3] gegenüber. Unter der Prämisse $\sigma_{xy} = 0$ liegt es nahe, s_{xy} zu ignorieren. Für voneinander unabhängige s_x^2 und s_y^2 definiert der Formalismus von B. L. Welch dann ein Vertrauensintervall der Form

$$\phi(\bar{x}, \bar{y}) \pm t_{\text{veff}} \sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}} \right)^2 s_x^2 / n + \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{y}} \right)^2 s_y^2 / n}.$$

Hierin ist t_{veff} ein Student-Faktor, der auf einen heuristisch definierten **effektiven Freiheitsgrad** v_{eff} Bezug nimmt. Daß der Welsche Formalismus nicht anwendbar ist, weil s_x^2 und s_y^2 nicht unabhängig voneinander sind, ist jetzt klar; davon unabhängig würde er aber sowieso ungültig für $\sigma_{xy} \neq 0$. Andererseits reflektiert der Faktor t_{veff} wenigstens den Versuch, das überaus nützliche Konzept des Vertrauensbereiches auf mehrere Variable zu übertragen – denn bislang war dem Fehlen eines derartigen Faktors im Rahmen der Fehlerfortpflanzung seltsamerweise eigentlich kaum Beachtung geschenkt worden. Wie im Anhang gezeigt wird, ist die Verallgemeinerung von (15)

$$\phi(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_m) \pm \frac{t(m, n)}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i,j} \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_i} \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_j} s_{ij}}. \tag{16}$$

Die so konzipierte Fehlerfortpflanzung bricht mit dem klassischen Gaußschen Konzept schon hier in zweifacher Hinsicht: Erstens gehen die empirischen Kovarianzen ein, und zwar auch dann, wenn die zu verknüpfenden Meßreihen definitiv unkorreliert sind, zweitens tritt das perfekte Analogon des Studentschen t -Faktors in Gestalt des Hotellingschen $t(m, n)$ -Faktors in Erscheinung – für beide Faktoren ist dasselbe Symbol verwendet worden, da $t(m = 1, n)$ identisch ist mit dem (üblicherweise nicht indizierten) Student-Faktor t .

Daß jedes der m Mittel \bar{x}_i dieselbe Zahl n von Wiederholungsmessungen enthalten muß, stellt sich lediglich vordergründig nachteilig dar: es existieren keinerlei bindende Vorschriften über derartige Zahlen, folglich könnte man sich durchaus auf irgendeine Zahl n einigen.

3 Gesamtunsicherheit u_ϕ

Wir beschränken uns wieder auf zwei Variable x und y . Das in [3] entwickelte Konzept zum Einbeziehen unbekannter systematischer Fehler f_x und f_y der Meßgrößen x und y interpretiert

$$f_\phi = \frac{\partial \phi}{\partial x} f_x + \frac{\partial \phi}{\partial y} f_y$$

als fortgepflanzten systematischen Fehler der Verknüpfungsfunktion $\phi(x, y)$ und

$$f_{s,\phi} = \left| \frac{\partial \phi}{\partial x} \right| f_{s,x} + \left| \frac{\partial \phi}{\partial y} \right| f_{s,y}$$

als dessen Abschätzung. Wie in [3] vereinbart, sind die systematischen Fehler f_x und f_y im Rahmen des Messens der Mittel \bar{x} und \bar{y} durch Intervalle

$$-f_{s,x} \leq f_x \leq f_{s,x} \quad \text{und} \quad -f_{s,y} \leq f_y \leq f_{s,y}; \quad (17)$$

$$(f_{s,x}, f_{s,y} \geq 0)$$

zu schätzen. Folglich ist nach allem

$$\phi(\bar{x}, \bar{y}) \pm u_\phi$$

$$u_\phi = \frac{t(2, n)}{\sqrt{n}} s_\phi + f_{s,\phi} \quad (18)$$

die schlußendliche Resultatangabe. Zu fragen ist, wie sich die so spezifizierte Unsicherheit zur häufig geäußerten Ansicht verhält, Unsicherheiten schon mittels einfacher Standardabweichungen festzulegen, beispielsweise durch

$$\phi(\bar{x}, \bar{y}) \pm u_\phi$$

$$u_\phi = \sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 \left\{ \frac{s_x^2}{n} + \sigma_{f_x}^2 \right\} + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 \left\{ \frac{s_y^2}{n} + \sigma_{f_y}^2 \right\}}; \quad (19)$$

$$\sigma_{f_x}^2 = t_{s,x}^2/3 \quad \text{und} \quad \sigma_{f_y}^2 = t_{s,y}^2/3.$$

Eine Gegenüberstellung von (18) und (19) am realen Experiment verbietet sich, weil der wahre Wert $\phi(x_0, y_0)$ der Zielgröße experimentell jedenfalls nicht bestimmbar ist. Es bleibt die Simulation. Sie kann den wahren Wert a priori festlegen und daraufhin prüfen, welches der Intervalle $\phi(\bar{x}, \bar{y}) \pm u_\phi$ den wahren Wert $\phi(x_0, y_0)$ überdeckt, wenn den systematischen Fehlern f_x und f_y irgendwelche aktuellen Werte innerhalb der ihnen zugewiesenen Intervalle (17) gegeben werden.

In einem simulierten Experiment ist die Fläche eines Rechtecks $\phi(x, y) = x \cdot y$ mit den Seiten $x = 1$ cm und $y = 2$ cm „gemessen“ worden; verfügt wurden $n = 10$, $t(2, 10) = 3,17$ für $P = 95\%$, des weiteren $f_{s,x} = f_{s,y} = 10$ μm entsprechend $\sigma_{f_x} = \sigma_{f_y} = 5,77$ μm .

Für jeweils 100 vollständige „Experimente“ ergaben sich für zunächst $f_{s,x} = f_{s,y} = 0$ μm nach (18) insgesamt 98 Überdeckungen und 2 Fehlschläge, nach (19) immerhin 63 Überdeckungen und 37 Fehlschläge.

Daraufhin wurden die Unsicherheiten nach (18) und (19) für $f_{s,x} = f_{s,y} = 10$ μm berechnet und jeweils 100 „Experimente“ für verschiedene vorgegebene, aktuelle

systematische Fehler f_x und f_y durchgeführt. Für $f_x = 5$ μm und $f_y = -5$ μm arbeiteten beide Formalismen mit 100 Überdeckungen, aber schon bei $f_x = 5$ μm und $f_y = 0$ μm zeigte (19) nur noch 88 Überdeckungen. Für $f_x = 5$ μm und $f_y = 5$ μm sank diese Zahl auf 39 ab bei dementsprechend 61 Fehlschlägen. Im worst-case Fall, $f_x = 10$ μm und $f_y = -10$ μm lieferte (19) zunächst noch 80 Überdeckungen, für $f_x = 10$ μm , $f_y = 0$ μm sanken die Überdeckungen auf 9, schließlich führte die Fehlerkombination $f_x = 10$ μm und $f_y = 10$ μm nach (19) auf 0 Überdeckungen, d.h. auf 100 Fehlschläge bei 100 „Experimenten“. Der Formalismus (18) hingegen zeigte in jedem der Fälle 100 Überdeckungen, arbeitete mithin durchgehend zuverlässig. Wir fassen zusammen:

Sowie die systematischen Fehler gleiche Vorzeichen haben und beginnen, die ihnen zugewiesenen Intervalle mehr und mehr auszuschöpfen, überdeckt das Intervall (19) den wahren Wert mit definitiv unannehmbar niedrigen Häufigkeiten. Da über die Vorzeichen der systematischen Fehler nichts bekannt ist, muß in 50 % aller Fälle (+, +; -, -, +, -) damit gerechnet werden, daß eine nach (19) spezifizierte Resultatangabe den Anforderungen nach Sicherheit im Meßwesen **nicht** entspricht.

4 Ausgleich nach kleinsten Quadraten

Das Übertragen der Fehlerfortpflanzung auf den Ausgleich nach kleinsten Quadraten birgt einen neuen Gesichtspunkt, wenn mehrere oder auch alle Parameter des Ausgleichs einem anderen, folgenden Verwendungszweck zuzuführen sind. Denn die zufälligen und systematischen Fehler fließen gleichermaßen in jeden der Parameter und dessen Unsicherheit ein, so daß notwendigerweise Fehlerkopplungen greifen.

Derartige Kopplungen bleiben irrelevant, wenn die Parameter des Ausgleichs einzeln und jeweils unabhängig voneinander benutzt werden.

Das überbestimmte, in sich widersprüchliche lineare System habe die Form

$$\mathbf{A}\beta \approx \bar{\mathbf{x}}, \quad (20)$$

hierin sei $\bar{\mathbf{x}}$ ein m -dimensionaler Spaltenvektor mit den Eingangsdaten

$$\bar{x}_i = \sum_{l=1}^n x_{il}, \quad (i = 1, \dots, m).$$

\mathbf{A} sei eine Matrix mit m Zeilen und r Spalten, ($m > r$), vom Range r ; schließlich fasse der r -dimensionale Spaltenvektor β die unbekannt, nach kleinsten Quadraten zu bestimmenden Parameter β_k , ($k = 1, \dots, r$) zusammen.

Lösungsvektor von (20) ist

$$\hat{\beta} = (\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}'\bar{\mathbf{x}}. \quad (21)$$

Zunächst seien die zufälligen Fehler von Interesse.

Die Identitäten [3]

$$\bar{x}_i = x_{0,i} + (\bar{x}_i - \mu_i) + f_i$$

mit

$$\bar{x}_i = \mu_i + (\bar{x}_i - \mu_i) \quad (i = 1, \dots, m)$$

$$\mu_i = E\{\bar{X}_i\}$$

liefern im Hinblick auf (21)

$$\mu_\beta = E\{\hat{\beta}\} = (\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'\mu,$$

wenn der Spaltenvektor μ die m Erwartungswerte μ_i zusammenfaßt und Analoges für den r -dimensionalen Spaltenvektor μ_β mit den Komponenten $\mu_{\beta k}$, ($k = 1, \dots, r$) gilt. Des Weiteren haben wir

$$\hat{\beta} - \mu_\beta = (\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'(\bar{\mathbf{x}} - \mu),$$

in Komponenten

$$\hat{\beta}_k - \mu_{\beta k} = \sum_{i=1}^m b_{ki}(\bar{x}_i - \mu_i), \quad (k = 1, \dots, r);$$

die b_{ki} bezeichnen die Elemente der $(r \cdot m)$ -Matrix $\mathbf{b}' = (\mathbf{A}'\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}'$.

Wir interessieren uns zunächst für die seitens der Experimente realisierten Vertrauensintervalle der $\mu_{\beta k}$. Nach (16) haben wir

$$\hat{\beta}_k \pm \frac{t(m, n)}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i,j} b_{ki} b_{kj} s_{ij}}. \quad (23)$$

Ursache dieser neuen Form der Fehlerfortpflanzung innerhalb der Methode der kleinsten Quadrate ist auch hier wieder, daß nicht von der theoretischen

Varianz-Kovarianz-Matrix des Lösungsvektors ausgegangen worden ist, sondern vom Hotellingschen Ellipsoid, und dieses enthält eben auch die empirischen Kovarianzen s_{ij} , ($i \neq j$) der Eingangsdaten x_{il} , ($i = 1, \dots, m; l = 1, \dots, n$).

Nach [3] sind die

$$f_{\beta k} = \sum_{i=1}^m b_{ki} f_{i'} \quad (k = 1, \dots, r) \quad (24)$$

die fortgepflanzten systematischen Fehler der $\hat{\beta}_k$ und die

$$f_{s, \beta k} = \sum_{i=1}^m |b_{ki}| f_{s, i}$$

deren Abschätzungen. Die Resultatangaben lauten

$$\hat{\beta}_k + u_{\beta k} \quad (k = 1, \dots, r)$$

$$u_{\beta k} = \frac{t(m, n)}{\sqrt{n}} \sqrt{\sum_{i,j} b_{ki} b_{kj} s_{ij}} + \sum_{i=1}^m |b_{ki}| f_{s, i} \quad (25)$$

Wie der Anhang zeigt, lassen sich die auf zufällige Fehler zurückgehenden Kopplungen der $\hat{\beta}_k$ ebenfalls durch ein Hotellingsches Ellipsoid beschreiben; es ist aus dem Lösungsvektor $\hat{\beta}$ zu konstruieren und besitzt die Gestalt

$$\frac{(\hat{\beta} - \mu_\beta)' (\mathbf{b}'\mathbf{s}\mathbf{b})^{-1} (\hat{\beta} - \mu_\beta)}{t^2/n} = 1. \quad (26)$$

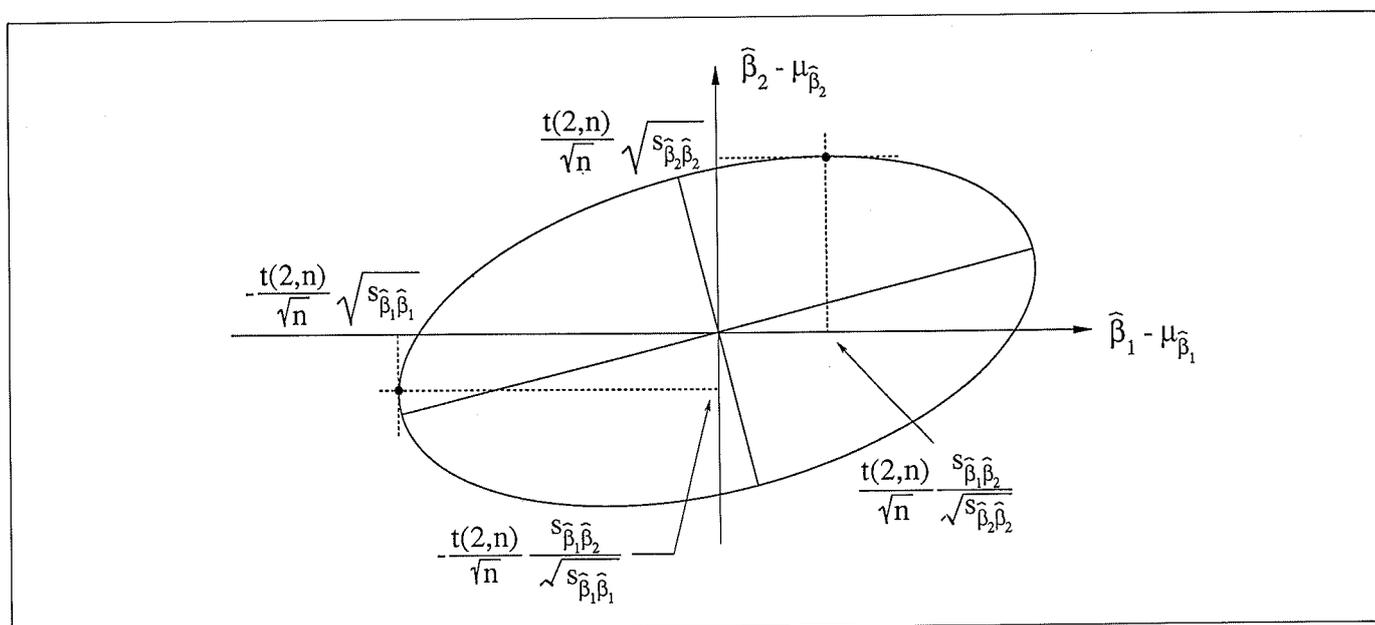


Bild 1 Die Extrema des Hotellingschen Ellipsoids des Lösungsvektors sind die auf zufällige Fehler zurückgehenden Unsicherheitsanteile der Gesamtunsicherheit u_ϕ .

Man überlegt sich, daß $\mathbf{b}'\mathbf{sb}$ die empirische Varianz-Kovarianz-Matrix des Lösungsvektors $\hat{\beta}$ ist, deren Diagonalelemente mit den Doppelsummen

$$\sum_{i,j}^m b_{ki} b_{kj} s_{ij}, \quad (k=1, \dots, r)$$

in (23) übereinstimmen. Die Abbildung veranschaulicht an Hand des Beispiels $m=2$, daß die Extrema des Ellipsoides (26) die auf zufällige Fehler zurückgehenden Anteile der Gesamtunsicherheiten $u_{\beta k}$ darstellen.

Schließlich sind die auf systematische Fehler zurückgehenden Kopplungen der $\hat{\beta}_k$ mit einigem Aufwand aus (24) zu gewinnen. Wie man sich überlegt, definieren die r Fehler f_k ein r -dimensionales Polytop, das sich durch zyklische Elimination gewinnen läßt. Für $r=3$ beispielsweise liegt es im dreidimensionalen Anschauungsraum. Offensichtlich ist das Polytop der systematischen Fehler das Analogon zum Konfidenz-Ellipsoid der zufälligen Fehler.

5 Schluß

Die Interpretation empirischer Kovarianzen s_{ij} ($i \neq j$) auf statistisch fundierter Basis führt zu einer Abkehr von der klassischen Form der Gaußschen Fehlerfortpflanzung. Die Gaußsche Fehlerfortpflanzung arbeitet primär mit theoretischen Varianzen und Kovarianzen, sie ersetzt erstere, die theoretischen Varianzen, durch empirische Schätzer, ohne dabei im gleichen Zuge auch die empirischen Kovarianzen wieder einzuführen – mit der Begründung, daß deren beste Schätzer Nullen seien, wenn die theoretischen Kovarianzen verschwinden. Genau hierin liegt der kritische Punkt.

Im Rückgriff auf [3] wird an Hand eines simulierten Experimentes auf den Unterschied zwischen dem konventionell praktizierten Formalismus zur Abschätzung von Gesamtunsicherheiten und dem hier entwickelten eingegangen. Sichere Meßunsicherheiten verspricht allein letzterer.

Der Verfasser ist Herrn Dr. W. Wöger und Herrn Dr. K. Weise für die Durchsicht des Teiles der Arbeit dankbar, die sich auf den Hotellingschen Formalismus bezieht.

Anhang

Zur Vereinfachung sollen die Bezeichnungen des 4. Abschnittes verwendet werden. Sei

$$\hat{\beta}_1 - \mu_{\beta_1} = \mathbf{b}_1'(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})$$

eine lineare Form mit

$$\mathbf{b}_1' = (b_{11} \quad b_{12} \quad \dots \quad b_{1m}),$$

und

$$\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu} = (\bar{x}_1 - \mu_1 \quad \bar{x}_2 - \mu_2 \quad \dots \quad \bar{x}_m - \mu_m)'.$$

Für (12) gilt

$$\mathbf{b}_1' = \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}} \quad \frac{\partial \phi}{\partial \bar{y}} \right)$$

und bezüglich (16)

$$\mathbf{b}_1' = \left(\frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_1} \quad \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_m} \quad \dots \quad \frac{\partial \phi}{\partial \bar{x}_m} \right).$$

Gesucht ist das Extremum der linearen Form unter der Bedingung

$$(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})' \mathbf{s}^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu}) = t^2 / n.$$

Die Identität

$$(\hat{\beta}_1 - \mu_{\beta_1}) = \mathbf{b}_1' \mathbf{s b}_1 (\mathbf{b}_1' \mathbf{s b}_1)^{-1} (\hat{\beta}_1 - \mu_{\beta_1})$$

liefert einen Vektor

$$(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^* = \mathbf{s b}_1 (\mathbf{b}_1' \mathbf{s b}_1)^{-1} (\hat{\beta}_1 - \mu_{\beta_1})$$

zunächst unbekannter Bedeutung. Des weiteren sei von der Cauchy-Schwarzschen Ungleichung Gebrauch gemacht,

$$(\mathbf{Y}_1' \mathbf{Y}_2)^2 \leq (\mathbf{Y}_1' \mathbf{Y}_1) (\mathbf{Y}_2' \mathbf{Y}_2),$$

\mathbf{Y}_1 und \mathbf{Y}_2 sind hierin zwei m -dimensionale Vektoren. Mit

$$\mathbf{Y}_1 = (\mathbf{C}')^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu}), \quad \mathbf{Y}_2 = (\mathbf{C}')^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^*$$

und

$$\mathbf{S} = \mathbf{C}'\mathbf{C}, \quad \text{d.h.} \quad \mathbf{s}^{-1} = \mathbf{C}^{-1} (\mathbf{C}')^{-1}$$

ergibt sich

$$[(\hat{\beta}_1 - \mu_{\beta_1})^2 (\mathbf{b}_1' \mathbf{s b}_1)^{-1}]^2 \leq t^2 / n [(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^*]' \mathbf{s}^{-1} (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^*,$$

d.h.

$$\sup_{(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu}) = (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^*} (\hat{\beta}_1 - \mu_{\beta_1})^2 = t^2 / n (\mathbf{b}_1' \mathbf{s b}_1).$$

Wiederholen mit $\hat{\beta} - \mu_{\beta} = \mathbf{b}'(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})$ und

$$(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^* = \mathbf{s b} (\mathbf{b}' \mathbf{s b})^{-1} (\hat{\beta} - \mu_{\beta}) \text{ führt auf}$$

$$\sup_{(\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu}) = (\bar{\mathbf{x}} - \boldsymbol{\mu})^*} (\hat{\beta} - \mu_{\beta})' (\mathbf{b}' \mathbf{s b})^{-1} (\hat{\beta} - \mu_{\beta}) = t^2 / n.$$

Literatur

- [1] Roy, S. N., Bose, R. C.: Simultaneous confidence interval estimation. *Ann. Math. Statist.* **24** (1953), S. 513–536
- [2] Rao, R. C.: *Linear Statistical Inference and Its Applications*. New York: John Wiley & Sons, 1973
- [3] Grabe, M.: Principles of "Metrological Statistics". *Metrologia* **23** (1986/87), S. 213–219
- [4] Fisher, R. A.: Applications of Student's distribution. *Metron* **5** (1925), S. 90ff
- [5] Wishart, J.: The generalized product moment distribution in samples from a normal multivariate population. *Biometrika* **20A** (1928), S. 32ff
- [6] Cramer, H.: *Mathematical Methods of Statistics*. Princeton: University Press, 1954
- [7] Hotelling, H.: The generalization of Student's ratio. *Ann. Math. Statist.* **2** (1913), S.360–378

Friedrich Paschen: Der fünfte Präsident der Reichsanstalt

Zum 125. Geburtstag des Physikers

Dieter Hoffmann

Friedrich Paschen war einer der bedeutendsten und vielseitigsten Experimentalphysiker der jüngeren Physikgeschichte, seine spektroskopischen Arbeiten rücken ihn an die Spitze der Spektroskopiker seiner Zeit; all dies läßt häufig vergessen, daß Friedrich Paschen auch fast ein Jahrzehnt – von 1924 bis 1933 – der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin als Präsident vorstand. Existiert über den Experimentalphysiker, Spektroskopiker und Hochschullehrer Friedrich Paschen ein breites Spektrum von Publikationen [1, 2], so weiß man über F. Paschen als Präsident der Reichsanstalt bislang relativ wenig. Wir wollen deshalb den 125. Geburtstag dieses herausragenden Physikers zum Anlaß nehmen, um auch diese Seite seines Wirkens eingehend zu würdigen.

Friedrich Paschen wurde am 22. Januar 1865 im mecklenburgischen Schwerin als Sohn eines Beamten am großherzoglichen Hof geboren – zu den weitläufigen Verwandten der Familie gehörte General Helmuth Graf von Moltke, der Astronom und Mitbegründer der PTR Wilhelm Foerster sowie der Physiker August Kundt. An der Universität Straßburg nahm Paschen bei Kundt zu Ostern 1884 ein Physikstudium auf, das er im Sommer 1888 mit einer Dissertation über Probleme der Gasentladungsphysik abschloß. Danach war F. Paschen drei Jahre als Assistent von Wilhelm Hittorf am Physikalischen Institut der Akademie zu Münster tätig, 1871 nahm er eine Assistenstelle bei Heinrich Kayser an der Technischen Hochschule in Hannover an. In dieser Zeit fällt auch F. Paschens erster Kontakt zur Physikalisch Technischen Reichsanstalt. Wie aus einem Schreiben der Hochschule an der Unterrichtsministerium hervorgeht, war er im Jahre 1892 von dem damaligen Präsidenten H. v. Helmholtz aufgefordert worden, „in die physikalische technische Reichsanstalt einzutreten“ [3]. Paschen zog der ehrenvollen und auch lukrativeren Beamtenstelle an der PTR die Universitätskarriere vor: hierzu habilitierte er sich im Oktober 1893, wirkte dann zwei Jahre als Privatdozent, bis man ihn endlich im Jahre 1895 zum außerordentlichen Professor ernannte. In Hannover entwickelte sich eine äußerst intensive Zusammenarbeit mit Carl Runge, der ihn – wie zuvor schon H. Kaiser – in die Geheimnisse der Spektroskopie einweihte. Allerdings standen damals noch

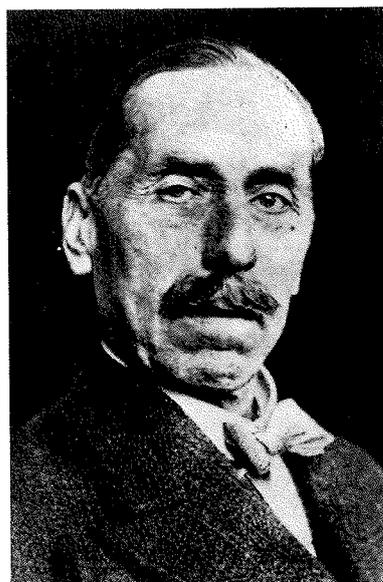


Bild 1 Friedrich Paschen

Untersuchungen zur Strahlungsenergie fester Körper und die in diesem Zusammenhang erfolgende bolometrische Ausmessung ihres Spektrums in Abhängigkeit von Wellenlänge und Temperatur im Mittelpunkt von Paschens Schaffen. In engem Gedankenaustausch mit Willy Wien an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gelingt ihm im Jahre 1896 die experimentelle Bestätigung des Wienschen Strahlungsgesetzes [4].

Zum Sommersemester 1901 wurde Paschen als Nachfolger von Anton Oberbeck an die Tübinger Universität berufen, der er fast ein Vierteljahrhundert – dabei aussichtsreiche Berufungen u.a. nach Göttingen (1915) und Bonn (1919) ausschlagend – als Ordinarius und Direktor des dortigen Physikinstitut treu bleibt. In Tübingen profiliert sich Paschen zu einem überlegenden Spektroskopiker und sein Institut entwickelt sich zu einer weltweit anerkannten und führenden Forschungsstätte auf dem Gebiet der Spektroskopie [5]. Zu seinen wichtigsten wissenschaftlichen Leistungen gehören die Entdeckung der ultraroten Serien des Wasserstoffspektrums (Paschen-Serie, 1908), der

Nachweis der Aufspaltung der Spektrallinien in starken Magnetfeldern (Paschen-Back-Effekt, 1912) sowie seine Untersuchungen zur Feinstruktur des Heliumspektrums, die eine experimentelle Bestätigung der aus der Bohr-Sommerfeldschen Theorie sich ergebenden Rydberg-Konstante lieferten (1916). Die Messungen zur Rydberg-Konstante entstanden übrigens in engem Gedankenaustausch mit A. Sommerfeld [6] und trugen entscheidend zur experimentellen Bestätigung der Bohr-Sommerfeldschen Atomtheorie bei. Darüber hinaus sind sie ein besonders schönes Beispiel für die fruchtbare Zusammenarbeit von Experiment und Theorie. Als präziser Experimentator und einfallsreicher Gerätekonstrukteur – u.a. geht auf ihn ein astatisches Galvanometer höchster Präzision zurück – steigerte er die Meßgenauigkeit vieler Geräte und Methoden bis in den Bereich des theoretisch Möglichen.

Insbesondere die zuletzt erwähnten Verdienste sowie sein hohes Ansehen unter der deutschen Physikerschaft werden dazu beigetragen haben, daß man Friedrich Paschen im Sommer 1924 das angesehene Präsidentenamt der Reichsanstalt antrug. Indes war er nicht der Wunschkandidat – weder seitens der Reichsanstalt noch des zuständigen Innenministeriums. Nachdem Walther Nernst im Frühjahr 1924 die PTR-Präsidenschaft niedergelegt hatte [7], trug man zunächst dem Münchener Physiker Willy Wien, als ehemaliger Mitarbeiter und langjähriger Kurator bestens mit den Verhältnissen der Anstalt vertraut [8], das Amt an. W. Wien, der zudem einer der „grauen Eminenzen“ der PTR war, informierte sich am 14. März 1924 am Rande der jährlichen Kuratoriumssitzung auch ausführlich über die wissenschaftlichen Arbeitsmöglichkeiten an der PTR. Über diesen Besuch berichtete W. Nernst am 15. März an das Innenministerium:

„Ich hatte den Eindruck, daß z.Zt. Prof. Wien über seinen Entschluß noch sehr zweifelhaft ist ... Eine eingehende Besichtigung meiner Wohnung lehnte er ab.“ [9]

Nernst sollte recht behalten. Willy Wien lehnte in einem Brief vom 6. Juni d.J. das Angebot endgültig ab [10]; ähnliches passierte bei den Vorschlägen für den Jenaer Physiker Max Wien sowie bei Jonathan Zenneck aus München [11]. Auch ein Vorstoß von PTR-Mitarbeitern scheiterte; sie wollten zwei anerkannte PTR-Wissenschaftler, Ludwig Holborn und Ernst Gehrcke, ins Gespräch bringen. Vor dem Hintergrund grundsätzlicher Änderungen in Aufgaben und Tätigkeitsprofil der PTR erschien es ihnen nämlich fraglich, „ob man überhaupt einen Experimentalphysiker (ein Theoretiker ist grundsätzlich abzulehnen) von anerkanntem Ruf finden wird“, so daß man bewußt „die bisherigen Grundsätze bei der Neubesetzung dieser Stelle verlassen und den Präsidenten aus den Reihen der Angehörigen der PTR nehmen“ wollte [12].

In diesem Sinne schlug sich auch F. Jung, ehemaliger Direktor an der Reichsanstalt für Maß und Gewicht,

die erst 1923 in die PTR eingegliedert worden war [13], für das vakante Amt selbst vor, was man ebenfalls abschlägig beschied [14].

Eine grundsätzliche Wende erfuhr dieses Nachfolgerangel im Frühsommer 1924 durch einen Brief Fritz Habers, in dem Max Planck für das Präsidentenamt vorgeschlagen wurde [15]; wie aus dem Brief hervorgeht, war dieser Vorschlag wohl so etwas wie eine konzertierte Aktion einiger, vornehmlich wohl Berliner Kuratoriumsmitglieder, an der neben F. Haber auch A. Einstein führend beteiligt waren. Für Max Planck sprach, daß er der allgemein anerkannte Nestor der Physik in Deutschland war [16] und als solcher sowohl über das notwendige wissenschaftliche Format, als auch über eine große gesellschaftliche wie persönliche Ausstrahlungskraft und Integrationsfähigkeit verfügte. Da die PTR-Präsidenschaft als eines der angesehensten und einflußreichsten Ämter galt, die ein Physiker damals in Deutschland übernehmen konnte, hat Max Planck dieses Angebot sicherlich als große Ehrung empfunden – immerhin hätte er damit auch in dieser Hinsicht die Nachfolge des von ihm hochverehrten Hermann von Helmholtz angetreten. Dennoch ist auch hieraus nichts geworden – nicht zuletzt wohl deswegen, weil Berliner Universität und Preußisches Kultusministerium Max Planck sowohl einen Gehaltszuschlag wie eine Verbesserung der Arbeitsmöglichkeiten in Aussicht stellten [17].

Über den weiteren Fortgang in dieser Angelegenheit berichtet eine ministerielle Aktennotiz vom 10. Juli 1927 [18]:

„Eine Besprechung mit den Herren Planck und Haber über die durch die Ablehnung Plancks entstandene Situation ergab den übereinstimmenden Rat der beiden Herren, nunmehr noch an die einzige in Betracht kommende Persönlichkeit großen Stils für die Wiederbesetzung des Präsidiums der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Unversitätsprofessor Paschen in Tübingen, heran zu treten. Beide Herren waren einig in der Bewertung der Eignung Paschens, sowohl auch der wissenschaftlichen, wie auch persönlichen Seite. Er gehörte auch schon zu den wenigen Persönlichkeiten ersten Ranges, die bei den Besprechungen nach dem Rücktritt Nernsts genannt wurden. Verhandlungen mit ihm sind lediglich deshalb nicht aufgenommen worden, weil zunächst der Plan, Wien-München zu gewinnen, zu verfolgen war.“

Am 23./24. Juli 1924 fanden dann die ersten Verhandlungen in Tübingen statt, die aber noch keine Entscheidung brachten. In einem Brief von Paschens Tochter an Walther Gerlach lesen wir über die Situation, in der sich Paschen damals befand:

„Dann kam ... ein Staatssekretär und brachte Schriftstücke von deutschen Physikern unterschrieben. Also wurde Vater quasi moralisch gezwungen die Reichsanstalt zu übernehmen. Dazu kam, daß die politische Einstellung der Fakultäten in Tübingen schon ganz nationalsozialistisch war und ihm sein Wirken verbitterte.“ [19]

Im Verlauf des Sommers informierte sich Paschen noch intensiv sowohl vor Ort in Berlin als auch bei befreundeten und bekannten Kollegen über die Interna und die Arbeitsbedingungen an der Reichsanstalt; in einem Brief an das Innenministerium berichtet er zudem, daß er

„inzwischen von Mitgliedern der Reichsanstalt, welche bei meinem Besuch nicht anwesend waren, so freundlich und dringend Aufforderungen erhalten habe, doch wenn irgend möglich die mit angebotene Aufgabe zu übernehmen und zugleich die Versicherung, daß die Mehrzahl der Mitarbeiter der Reichsanstalt ebenso denkt.“ [20]

Solch einem Votum konnte man sich natürlich nur schwer entziehen – zumal man Paschen seitens des Ministeriums auch versprach, alle von ihm geäußerten Bedingungen für die Übernahme der PTR-Präsidentenschaft positiv zu prüfen. Dazu gehörten u.a. die Bereitstellung von 150000 Mark zur Verbesserung der Forschungsbedingungen, insbesondere für die Einrichtung eines speziellen Laboratoriums für Spektroskopie, die Vermeidung weiteren Personalabbaus an der PTR sowie eine großzügige Regelung der Pensionierungsfrage – F. Paschen wollte noch „auf eine Dauer von 10 Jahren einer Tätigkeit an der Reichsanstalt rechnen dürfen“, d.h. bis zum 70. Lebensjahr im Amt bleiben [21].

Nachdem so im Sommer 1924 die Nachfolgefrage geregelt schien, kam es Anfang September nochmals zu einigen Turbulenzen. Die Tübinger Universität wollte Paschen nur ungern nach Berlin ziehen lassen und hatte deshalb den renommierten Gelehrten mit weitgehenden Gehaltsangeboten zu halten versucht [22]. Dies fiel insofern auf fruchtbaren Boden, als die Reichsregierung hinsichtlich Paschens definitiver Berufung eine gewisse Zurückhaltung an den Tag legte und vor allem in Sachen der Altersgrenze den Forderungen von Paschen nicht in vollem Maße nachkommen wollte; auch opponierte anscheinend W. Wien in seiner Eigenschaft als maßgebliches Mitglied des Personalausschusses der PTR gegen die Berufung F. Paschens [23]. In einem ministeriellen Aktenvermerk für den zuständigen Staatssekretär des Innenministeriums, Dr. Schulz, kann man hierüber nachlesen, daß das Ministerium

„auf dem Standpunkt stehe, daß man alles tun solle, um Paschen zu gewinnen, der der einzige und beste Mann sei, den man jetzt gewinnen könne. Er wisse, daß von Seiten des Herrn Prof. Wien Bedenken gegen die Berufung Paschens ausgesprochen worden sei; er teile dieses Bedenken nicht. Für ihn sei es von größten Wert, daß Prof. Planck, dessen Zuständigkeit nicht zu bestreiten sei, die Berufung Paschens ausdrücklich und warm empfohlen habe. Er glaube, daß den Ausführungen des Herrn Wien gegenüber eine gewisse Vorsicht am Platze ist“ [24]

Ende September waren dann aber endgültig alle Irritationen ausgeräumt und F. Paschen konnte dem Innenministerium mitteilen:

„... nunmehr dürften sämtliche von mir geäußerten Wünsche befriedigt sein. Besonders bezüglich der Altersgrenze vertraue ich auf Ihre Erklärung, daß „mindestens zum 68ten Lebensjahr“ in meinem Falle ein Verbleiben im Amte bis zum 70ten Lebensjahr nicht ausschließt, wenn körperliche und geistige Rüstigkeit erhalten bleibt. Danach gebe ich Ihnen meine endgültige Zusage und erkläre mich bereit sobald als möglich das Amt anzutreten.“ [25]

Obwohl das württembergische Ministerium des Kirchen- und Schulwesens die Entlassung von F. Paschen zunächst für den 1. April 1925 in Aussicht gestellt hatte, konnte man sich schließlich dem Drängen des Berliner Innenministeriums nicht verschließen, daß mit Rücksicht auf „wichtige organisatorische Fragen der Anstalt, deren Erledigung infolge der langen Vakanz der Stelle hinausgeschoben werden mußten“ [26], eine schnellstmögliche Entscheidung von Nöten war. Da Paschen für das bevorstehende Wintersemester ohnehin eine Gastprofessur in den USA (Ann Arbor) wahrnehmen wollte und somit bereits für Vertretung gesorgt war, stimmte man der kurzfristigen Entlassung von Paschen aus dem württembergischen Staatsdienst zum 31. Oktober 1924 zu.

Nach einem ungemein umfangreichen Umzug, bei dem zusätzlich nicht nur die Habe von Paschens Tochter und Enkelkind nach Berlin zu überführen, sondern in mehr als 20 Kisten auch diverse wissenschaftliche Instrumente zu transportieren waren, wurde Paschen am 1. November 1924 als fünfter Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt feierlich in sein Amt eingeführt. In seinen Begrüßungsworten betonte Paschen nochmals, daß „er nur nach langen Zögern und nur nachdem ihm von verschiedenen Seiten spontane Bitten zugegangen waren“, zur Übernahme des verantwortungsvollen Amtes entschlossen hätte; in Hinblick auf das neu zu errichtende Forschungslaboratorium für Spektroskopie hob er hervor, daß sich „gerade dieses ... zur Aufgabe machen wird, die ... gewünschte notwendige Verschmelzung von Experiment und physikalischer Theorie besonders zu pflegen.“ [27] Für letzteres sollte nicht zuletzt Max von Laue als neu bestellter Haupttheoretiker der PTR nützlich sein, gegenüber dem Paschen schon im September 1924 „die Hoffnung auf ein baldiges schönes Zusammenarbeiten“ ausgesprochen hatte [28].

Auch wenn Paschen in seinem Berliner Labor höchst verdienstvolle spektroskopische Forschungen betrieb – immerhin entstammen mehr als 20 Publikationen aus dieser Zeit – und zahlreiche bedeutende Spektroskopiker (W. Gremmer, R. Frerichs, R. Ritschl, M. Schön) heranzog, haben sich wissenschaftlich seine Träume nicht erfüllt.

Im März 1926 schrieb er an seinen Tübinger „Meisterschüler“ A. Lande:

„Wir sind jetzt ganz Berliner geworden. Der einzige, der noch an Tübingen denkt, bin ich. Aber, wenn die experimentellen Arbeiten hier einigermaßen fortschreiten, wie ich hoffe, dann wird Berlin auch für

mich annehmbar werden. Tatsächlich habe ich eine Kleinigkeit machen können, die nicht uninteressant ist, und die sich auf den experimentellen Nachweis der elektrischen Felder in einem Gasraum bezieht, in dem kein mit Elektrometern nachweisbares Feld existiert ... Es ist nichts Besonderes, aber es ist ein erstmaliger Nachweis mit sehr merkwürdigen und unerwarteten Nebenerscheinungen ... In Tübingen wäre die Sache weit schneller gegangen und mit Ihrer Hilfe auch schneller verstanden worden.“ [29]

Auch muß er gegenüber seinem Münchener Kollegen Arnold Sommerfeld die nicht optimalen Forschungsbedingungen an der Reichsanstalt konstatieren, denn „das Gitter der Reichsanstalt ist leider nicht günstig aufgestellt. Man wird damit nicht viel machen können. Auch sind Verbesserungen kaum anzubringen, da kein günstiger Raum vorhanden ist.“ [30]

Verschärft wird alles noch dadurch, daß er an der PTR eine ganz andere Arbeitsatmosphäre als in Tübingen vorfindet:

„Die Anstalt ist mehr und mehr eine technische geworden. Die rein wissenschaftliche Forschung tritt sehr zurück. Es liegt das an der engen Verbindung mit der Technik, welche dazu führt, daß alle möglichen Aufgaben der Technik hier bearbeitet werden. Ich werde .. versuchen, den Einfluß der Technik etwas zurückzudämmen, damit wieder mehr wissenschaftliche Arbeiten gemacht werden können ... Ob das gelingen wird, erscheint mir aber sehr fraglich. Erstens hat man beim Abbau die Anstalt sehr beschnitten. Augenblicklich sind nicht genug Unterbeamte da, um nur das Prüfungswesen so weiterführen zu können, wie bisher. Zweitens ist die ganze Einstellung der wissenschaftlichen Beamten eine sehr technische. Die moderne Physik ist an den meisten von ihnen spurlos vorübergegangen. Nernst, der selber wohl von den neuesten Sachen nicht viel versteht, scheint das bestärkt zu haben, was das Schlimmste ist – er wirkt immer noch weiter. Nur Planck und Einstein sind wissenschaftlich auf meiner Seite, ebenso Haber. Ich denke doch, daß es mit viel Optimismus schließlich gelingen wird, ein wenig nützliche Arbeit zu leisten, so daß ich am Ende meinen Entschluß nicht zu bereuen brauche.“ [31]

Ob sich Paschen jemals gänzlich mit seinem Entschluß ausgesöhnt hat, darf bezweifelt werden. So spricht er in Briefen an einstige Tübinger Schüler wiederholt vom „größten Fehler“, den er als Gelehrter begangen hat, als er Tübingen bzw. das Schwabenland „mitten in wichtigen und erfolgversprechenden Studien“ [32] verließ, „denn so viele Ehre äusserer Art man auch hier im Norden erfahren hat, so wenig wirkliche Anhänglichkeit war damit verknüpft.“ [33]

Unstreitig ist indes, daß Friedrich Paschen in den fast zehn Jahren seiner Präsidentschaft nicht nur höchst verdienstvolle wissenschaftliche Forschungsarbeit, sondern auch für die Reichsanstalt insgesamt sehr nützliche Arbeit geleistet hat. An erster Stelle ist in diesem Zusammenhang die von ihm betriebene

Herausstellung des Forschungscharakters und eine Erhöhung des wissenschaftlichen Profils der PTR sowie eine Konsolidierung ihres Ansehens zu nennen. Hierfür hat er sich im Rahmen seiner Leitungstätigkeit und im Kuratorium immer wieder engagiert. Auch wurden unter seiner Ägide wichtige neue Forschungslaboratorien eingerichtet – neben dem schon erwähnten Präsidentenlaboratorium für Spektroskopie ein neues Kältelabor, ein photochemisches sowie ein akustisches Laboratorium. Es kam zu einer Fülle herausragender wissenschaftlicher Entdeckungen: Nachweis des Rheniums (1925); Nachweis der Kern-Gammastrahlung und der korpuskularen Natur der Höhenstrahlung durch W. Bothe (1929/30); Entdeckung des Meißner-Ochsenfeld-Effektes (1933) und zahlreicher supraleitender Stoffe durch W. Meißner [34]. All dies waren wissenschaftliche Pionierleistungen von hohem Rang und wurden sämtlich in Laboratorien der sogenannten Präsidialabteilung erbracht; auch sollte in diesem Zusammenhang nicht vergessen werden, daß damals im Hochfrequenzlabor der Abteilung II (Elektrizität) die Forschungen von E. Giebe und A. Scheibe zur Entwicklung hochpräziser Frequenznormale begannen, die Mitte der dreißiger Jahre dann zur Erfindung der Quarzuhr führten [35]. Darüber hinaus war Paschen bemüht, mit einer geeigneten Personalpolitik – u.a. durch die Fremdfinanzierung von Gastwissenschaftlern und speziellen Forschungsprojekten – den Wechsel vieler leistungsfähiger Wissenschaftler an die Universitäten bzw. in die Industrie zu verhindern und vor allem auch die Behördenstruktur der PTR aufzubrechen. Bekannt ist seine sarkastische Bemerkung, daß „die Herren aus der PTR keine Physiker sind; sie machen Aufgaben aus dem großen Kohlrausch, dies allerdings mit höchster Präzision.“ [36]

Friedrich Paschen hat bei seinen diesbezüglichen Bemühungen keinen durchschlagenden Erfolg erzielen können: symptomatisch hierfür ist das Schicksal der Neubaupläne für die PTR und des geplanten Aufbaus bzw. der Modernisierung weiterer Laboratorien, die von der Bürokratie immer wieder gehemmt wurden und die aufgrund der sich an der Wende zu den dreißiger Jahre zuspitzenden Wirtschaftskrise schließlich keine Chance mehr zu ihrer Realisierung bekamen [37]. All diese Mißerfolge und Querelen haben sicherlich zu einer zunehmenden Verbitterung und Resignation bei Paschen geführt und zum Eindruck beigetragen, daß er – wie Paschens Tochter in einem Brief an W. Gerlach feststellt [38] – „in den Jahren 1924 bis 33 mehr Diplomat als der Gelehrte war. Er stahl sich jeden Tag u. Nacht die Stunden zur wissenschaftlichen Arbeit.“

Die Machtergreifung des Faschismus in Deutschland bedeutete auch für die Physikalisch-Technische Reichsanstalt einen tiefen Einschnitt [39] und insbesondere für den Präsidenten eine der größten Enttäuschungen seiner Laufbahn. Da Paschen im 68. Lebensjahr stand, hatte man im Personalausschuß sowie in anderen Leitungsgremien der PTR damit be-

gonnen, sich über die Nachfolgefrage zu verständigen. Als Kandidaten wurden dabei u.a. J. Zenneck (München), H. Geiger (Tübingen), G. Hertz (Berlin), R. Pohl (Göttingen), W. Gerlach (München), C. Ramsauer (AEG-Berlin) und R. Nagel (Dresden) gehandelt [40]. Diese Diskussionen erfuhren im Februar/März 1933 insofern ein abruptes Ende, als Johannes Stark bereits am 3. Februar 1933 seine Anwartschaft auf die PTR-Präsidentschaft geltend gemacht hatte [41] und vom neuen Innenminister W. Frick nicht nur favorisiert, sondern unter Umgehung sämtlicher PTR-Gremien auch umgehend inthronisiert wurde. Auf der Kuratoriumssitzung vom 15./16.3.1933 teilte der Kuratoriumsvorsitzende Pellengahr den Anwesenden lakonisch mit:

„Herr Paschen trete infolge der Erreichung der gesetzlichen Altersgrenze in den Ruhestand. Versuche, eine Verlängerung seiner Dienstzeit zu erreichen, seien leider erfolglos geblieben.“ [42]

In einer vorangegangenen Beratung des Personalausschusses hatte man zwar noch einen Protest gegen die „überraschende“ und in der Geschichte der PTR „einzig dastehende“ Einmischung des Reichsministeriums formuliert und insbesondere darauf verwiesen, daß Paschen bei seiner Amtsübernahme eine Wirkungszeit bis zum 70. Lebensjahr zugestanden worden war, doch fand man damit kein Gehör; lediglich die Bitte, „daß es Herrn Paschen ermöglicht (wird), sein Privatlaboratorium bis zum 70. Lebensjahr weiterzuführen“, wurde zur Kenntnis genommen [43]. Hierdurch kam es, daß Friedrich Paschen in einer entwürdigenden Art und Weise seine Stellung innerhalb weniger Wochen räumen mußte: bereits am 1. Mai 1933 fand die Amtseinführung von Johannes Stark statt. Wenige Tage zuvor hatte F. Paschen an W. Gerlach geschrieben:

„Jetzt ist doch Johannes Stark's Kandidatur in den Vordergrund gerückt. Keiner will ihn, nur der Minister ... Anfang Mai gehe ich hier fort und bin wissenschaftlich kalt gestellt. Nicht einmal meine wissenschaftlichen Geräte hier zu versorgen wird mir möglich sein. Ein Beschluß des Kuratoriums, mir hier noch weiter eine Arbeitsmöglichkeit zu gewähren, ist bisher ohne Wirkung geblieben.“ [44]

Zwar bekam Paschen dann nach einem halben Jahr doch noch gewisse Arbeitsmöglichkeiten an der PTR eingeräumt, doch war dieses Wirken in der Folgezeit von kleinlichen Querelen mit Stark begleitet. Im Frühjahr 1937 kam es dann zum endgültigen Bruch und Paschen wurde die Aufforderung übermittelt,

„Ihre Arbeit im Präsidentenlaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt am 1. März d.J. aufzugeben, da alle Arbeitskräfte für anderweitige Versuche gebraucht werden.“ [43]

Der unmittelbare Anlaß war wohl eine Auseinandersetzung um eine Publikation von H. Bomke, Mitarbeiter im Spektroskopie-Labor, der sich wissenschaftlich auf die Seite von F. Paschen gestellt und gegen Auffassungen J. Starks (axiales Atommodell) polemisiert

hatte [46]; aber vor allem hatte man Paschen nicht vergessen, daß er im Frühjahr 1933 noch couragiert gegen die Nazis an der PTR Front gemacht hatte:

„Am Mittwoch, dem 8. März 1933, um 16.30 Uhr wurde auf Veranlassung der NS-Betriebszelle und der NS-Beamten-Arbeitsgemeinschaft auf dem sogenannten Observatorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (PTR) in spontaner Begeisterung über den gewaltigen Wahlerfolg die Hakenkreuzfahne gehißt. Nach etwa einer halben Stunde wurde auf Betreiben von Regierungsrat Dr. R. Vieweg und auf Veranlassung des Präsidenten der PTR Prof. Dr. F. Paschen das Hakenkreuzzeichen eingezogen und in die Wohnung des Präsidenten gebracht.“ [47]

Verbittert und enttäuscht zog sich Friedrich Paschen 1937 ins Privatleben zurück; in seiner Charlottenburger Wohnung richtete er sich ein kleines Laboratorium ein und beschäftigte sich dort mit der weiteren Auswertung seiner Spektralplatten. Im Jahre 1943 wurde ihm auch diese Arbeitsmöglichkeit genommen: im November verbrannte all seine Habe während eines anglo-amerikanischen Bombenangriffs auf Berlin. Die letzten Lebensjahre verlebte Paschen in sehr bescheidenen Lebensverhältnissen bei seiner Tochter in Potsdam, wo er am 25. Februar 1947 an den Folgen einer Lungenentzündung und den Entbehrungen der Nachkriegszeit starb. Sein Grab befindet sich auf dem Stahnsdorfer Waldfriedhof.

Literatur

- [1] Ausführlicher wird F. Paschens Schaffesperiode an der PTR bzw. in Berlin dargestellt in: *Hoffmann, D.*: Friedrich Paschen in Berlin. Berliner Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. Berlin: 1990
- [2] Vgl.: *Swinne, E.*: Friedrich Paschen als Hochschullehrer. Berliner Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Heft 9. Berlin: 1989
- [3] Zitiert in *Swinne, E.*: Friedrich Paschen ... a.a.o., S. 24
- [4] *Kangro, H.*: Vorgeschichte des Planckschen Strahlungsgesetzes. Wiesbaden: 1970
- [5] Brandmüller, J.: Tübingen – ein „Schauplatz der Quantentheorie“. *Physikal. Blätter* **45** (1989), S. 327–332
- [6] Vgl. *Benz, U.*: Arnold Sommerfeld. Stuttgart: 1975
- [7] *Hoffmann, D.*: Walther Nernst und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. PTB-Mitt. **100** (1990), S. 40–45
- [8] *Hoffmann, D.*: Wilhelm Wien und die Physikalisch-Technische Reichsanstalt. *Wissenschaft und Fortschritt* **39** (1989), S. 29–30
- [9] Zentrales Staatsarchiv (ZSTA) Potsdam, Reichsministerium des Innern (RMdI) 15.01, Nr. 13144/7, Gl. 29
- [10] Ebenda, Bl. 61
- [11] Ebenda, Bl. 70ff
- [12] Ebenda, Bl. 16–17
- [13] *Stenzel, R.*: Begründung für die Verschmelzung der Reichsanstalt für Maß und Gewicht mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin im Jahre 1923. *Annals of Science* **33** (1976), S. 289–306
- [14] ZSTA Potsdam, RMdI 15.01, Nr. 13144/7, Bl. 39–40
- [15] Ebenda Bl. 68

- [16] Vgl. *Hoffmann, D.*: Max Planck. Wissenschaft und Fortschritt 33 (1983), S. 126–131
- [17] ZSTA Merseburg, Rep. 76 Va, Sekt. 2, Tit. IV, Nr. 68 D, Bl. 102 ff
- [18] ZSTA Potsdam, Reichserziehungsministerium (REM), Nr. P 44, Bl. 1
- [19] Deutsches Museum, München; Nachlaß W. Gerlach (E. Schüler an W. Gerlach, 13.8.1964)
- [20] ZSTA Potsdam, REM Nr. P 44, Bl. 6 (F. Paschen an das Innenministerium, 25.8.1924)
- [21] Ebenda
- [22] Ebenda Bl. 19
- [23] Ebenda S. 3
- [24] Ebenda, Bl. 12
- [25] Ebenda, Bl. 20
- [26] ZSTA Potsdam, REM, P 44, Bl. 21
- [27] Wolff's Telegraphisches Büro 75 (2.11.1924) 2126
- [28] Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz, Handschriftensammlung I/1748/66 (F. Paschen an M. v. Laue, 20.9.1924)
- [29] Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz, Sammlung Darmstädter (F. Paschen an A. Lande, 28.3.1926)
- [30] Deutsches Museum, Sondersammlung (F. Paschen an A. Sommerfeld, 14.12.1924)
- [31] Ebenda
- [32] Deutsches Museum München, Sondersammlung Nachlaß W. Gerlach (F. Paschen an W. Gerlach, 29.12.1935)
- [33] Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz, Handschriftenabteilung (F. Paschen an P. Erbe, 13.12.1936)
- [34] Vgl. *Bortfeld, J.; Hauser, W.; Rechenberg, H.*: 100 Jahre Physikalisch-Technische Reichsanstalt/Bundesanstalt 1887–1987. Weinheim: 1987, S. 95ff
- [35] Vgl. *Hoffmann, D.*: Adolf Scheibe und die Entwicklung der Quarzuhr an der Berliner Physikalisch-Technischen Reichsanstalt (im Druck)
- [36] Von den Präsidenten der PTR. Physikal. Blätter 18 (1962) S. 323
- [37] Vgl. *Hoffmann, D.*: Die Neubaupläne der PTR – vom Realismus zur nationalsozialistischen Gigantomanie (im Druck)
- [38] Deutsches Museum, Sondersammlung Nachlaß W. Gerlach (E. Schüler an W. Gerlach, 13.8.1964)
- [39] Vgl. *Hoffmann, D.*: Faschisierungs- und Militarisierungsvorgänge an der Berliner Physikalisch-Technischen Reichsanstalt nach 1933. Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte (im Druck)
- [40] ZSTA Potsdam, RMdI 27079/13, Bl. 51ff
- [41] *Kleinert, A.*: Lenard, Stark und die Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Physikal. Blätter 36 (1980) S. 35–43
- [42] ZSTA Potsdam, 15.01 RMdI 27079/23b, Bl. 72
- [43] Ebenda, Bl. 73
- [44] Deutsches Museum München, Sondersammlung Nachlaß W. Gerlach (F. Paschen an W. Gerlach, 15.4.1933)
- [45] ZSTA Potsdam, REM Nr. P 44, Bl. 127
- [46] Persönliche Mitteilung von R. Ritschl v. 20.9.1982
- [47] ZSTA Potsdam, RMdI 27079/1, Bl. 404
Vgl. auch die entsprechende Schilderung F. Paschens in einem Brief an R. Vieweg, In: *Hoffmann, D.*: F. Paschens Wirken in Berlin ... a.a.o.

Wissenschaftliche Kurzabhandlungen

Auswirkungen von Vibrationen auf die Spannung von Normalelementen

Karl-Dittmar Klein

Zusammenfassung: *Vibrationen haben zwei Auswirkungen auf die Spannung von Normalelementen: Ein langanhaltendes Driften der Gleichspannung und das Auftreten von Wechsellspannungen. Die Gleichspannungsdrift wird durch mechanische Störungen der Dipoldoppelschicht an der Oberseite der Amalgam-Elektrode erklärt. Die Wechsellspannung wird durch die periodischen Flächenänderungen der flüssigen Elektroden gedeutet, die sich auf die elektrischen Doppelschichten auswirken. Es werden Maßnahmen für die Herstellung von Normalelementen vorgeschlagen, um die Auswirkungen von mechanischen Erregungen auf die Spannung zu reduzieren.*

Summary: *Vibrations have two different effects on the voltage of a standard cell: (i) a long-term drift of the dc voltage and (ii) a generation of an ac voltage. The dc voltage drift is explained by perturbations of the dipole double layer at the surface of the amalgam electrode. The ac voltage is thought to be caused by periodic variations of the surface areas of the liquid electrodes and their influence on the electrical double layers. Preventive measures for the fabrication of standard cells are proposed in order to reduce the effects of mechanical agitations on the voltage.*

1 Einleitung

Ausgewählte Normalelemente haben Langzeitstabilitäten der Spannung von besser als $5 \cdot 10^{-7}$ Volt/Jahr. Stöße oder Vibrationen während eines Transportes oder bei der Benutzung im Labor können jedoch zu beträchtlichen Abweichungen der Spannung führen. Aus diesem Grunde sind in der vorliegenden Arbeit folgende Fragen untersucht worden: Wie ändert sich

die Spannung eines Normalelementes, das Vibrationen ausgesetzt ist, welche elektrochemischen Mechanismen liegen den Änderungen zugrunde und welche Gegenmaßnahmen sind möglich? Um Probleme der Praxis zu treffen, z.B. Vibrationen eines Thermostaten für Normalelemente, sind Vibrationsfrequenzen um 50 Hz und Beschleunigungsamplituden bis etwa 2 ms^{-2} angewendet worden. Objekte der Untersuchungen waren vorwiegend gesättigte Normalelemente, hergestellt in der PTB.

2 Meßverfahren und Versuchsaufbau

Das zu untersuchende Normalelement war an eine kleine Kunststoffplatte montiert, die an vier Spiralfedern vertikal aufgehängt war. Die Kunststoffplatte war über eine lange, dünne Metallstange mit dem Konus eines Lautsprechers verbunden, der sich über dem Normalelement befand. Der Lautsprecher wurde vom sinusförmigen Signal eines Funktionsgenerators angetrieben. Das Normalelement vibrierte also in vertikaler Richtung. Die Vibrationen wurden dicht am Normalelement von einem kleinen Beschleunigungsaufnehmer gemessen. Das Normalelement war von einem Abschirmgehäuse aus dünnem Messingblech umgeben und tauchte in das Ölbad eines Thermostaten.

3 Meßergebnisse

Bild 1 zeigt die typische Spannungsdrift eines Normalelementes während und nach Vibrationen bei der Frequenz 50 Hz und verschiedenen Beschleunigungs-

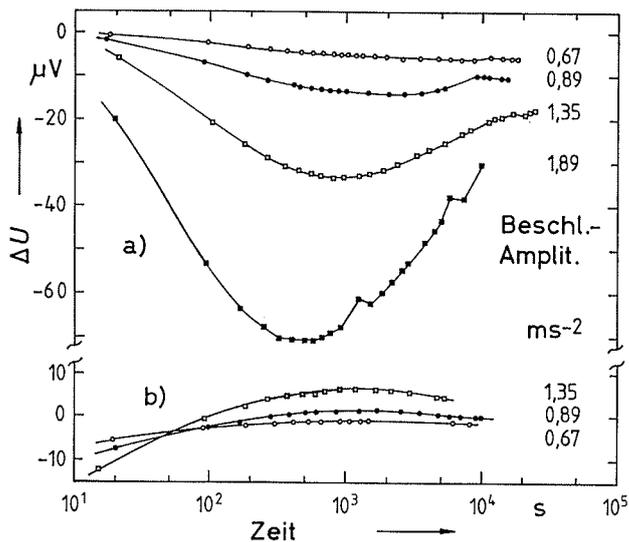


Bild 1 Gleichspannungsdriften eines Normalelementes a) während und b) nach einer Vibration bei verschiedenen Beschleunigungsamplituden. Frequenz: 50 Hz. Element: AZ 2

amplituden. Während einer Vibration sinkt die Spannung zunächst schnell, passiert ein Minimum und steigt langsam auf einen instabilen Wert unterhalb des ursprünglichen Wertes. Die Spannungsabweichung ist umso höher, je stärker die Vibration ist. Nach dem Abschalten der Vibration kehrt die Spannung mit leichtem Überschießen allmählich zum ursprünglichen Wert zurück. Die Spannungsdrift ist in starkem Maße von der Vibrationsfrequenz und der Temperatur abhängig.

Die Untersuchungen haben ergeben, daß Wärme und andere Effekte, die in der ausführlichen Fassung dieser Abhandlung beschrieben sind, keine Rolle spielen. Die Spannungsdrift entsteht an der Cd-Elektrode und hängt mit der Koexistenz von festem und flüssigem Amalgam zusammen.

An einem vibrierenden Normalelement tritt außerdem eine Wechsellspannung auf, die bei der Beschleunigungsamplitude 1 ms^{-2} die Größenordnung $10 \mu\text{V}$ hat. Sie hat in Bezug auf die Vibration dieselbe Frequenz, jedoch eine Phasenverschiebung und harmonische Anteile.

Gleichspannungsdrift und Wechsellspannung sind von Element zu Element verschieden. Bei gewissen Vibrationsfrequenzen zeigen sich Resonanzmaxima.

4 Diskussion

Spannungsdrift: Die Oberseite der Cd-Elektrode besteht teilweise aus flüssigem, teilweise aus festem Amalgam, das von einer dünnen Schicht aus flüssigem Amalgam überzogen ist. Vibrationen erzeugen Relativbewegungen zwischen beiden Bestandteilen, bei denen Cd-Kationen der Dipoldoppelschicht entladen werden. Dadurch sinkt die Spannung des Normalelementes. Die teilweise Ausheilung der Störung ist damit zu erklären, daß das System bestrebt ist, in den Gleichgewichtszustand zurückzukehren.

Wechsellspannung: Die Dipoldoppelschichten beider flüssigen Elektroden lassen sich mit geladenen Kondensatoren vergleichen. Bei einer Vibration vergrößert sich eine einzelne Elektrodenfläche um den Faktor $1 + \rho(\omega, t)$, wobei $\rho(\omega, t)$ eine periodische Zeitfunktion, ω die Kreisfrequenz und t die Zeit bedeuten. Mit der Näherungsannahme, daß wegen der relativen Trägheit der Ionen die Gesamtladung der Doppelschicht konstant bleibt, ergibt sich für die Wechsellspannung der Ausdruck

$$U = \frac{U_0}{1 + \rho(\omega, t)},$$

wobei U_0 die Gleichgewichts-GALVANISpannung ist. Eine ausführliche Fassung dieser Abhandlung, die auch Vorschläge zur Reduzierung der Spannungsdrift enthält, ist als PTB-Bericht E37 erschienen.

Die Dichte des Wassers als Funktion der Temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990

Horst Bettin, Frank Spieweck

Zusammenfassung: Um die Wasserdichteformeln von Wagenbreth und Blanke sowie von Kell, auf denen insbesondere die Wasserdichtetabelle in Kohlrausch „Praktische Physik“ beruht, nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990 (ITS-90) weiterhin benutzen zu können, wurden diese Formeln auf die ITS-90 umgerechnet und die Wasserdichtewerte neu tabelliert.

Summary: The water density formulae of Wagenbreth and Blanke as well as of Kell were converted to the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) and a corresponding water density table is given.

Die Einführung der neuen Temperaturskala ITS-90 [1, 2] macht eine Umrechnung der bisher benutzten Wasserdichtewerte erforderlich, die auf der IPTS-68 beruhen.

Es wurden zwei Formeln für die Dichte luftfreien Wassers umgerechnet, und zwar für den Temperaturbereich von 0 bis 40 °C die Formel

$$\rho = \sum_{n=0}^5 C_n t_{68}^n \quad (1)$$

von Wagenbreth und Blanke [3] sowie für den Temperaturbereich von 0 bis 150 °C die Formel

$$\rho = \left(\sum_{n=0}^5 A_n t_{68}^n \right) / (1 + B \cdot t_{68}) \quad (2)$$

von Kell [4]. Auf diesen Formeln basierte insbesondere die Wasserdichtetabelle in Kohlrausch „Praktische Physik“ [5]. Für 201 äquidistante Temperaturwerte von $t_{90} = 0$ °C bis $t_{90} = 40$ °C und 151 äquidistante Temperaturwerte von $t_{90} = 0$ °C bis $t_{90} = 150$ °C wurden zunächst mit Hilfe der Formel (5) von Blanke [1] entsprechende Temperaturwerte gemäß der IPTS-68 berechnet; diese Werte wurden dann in die Formeln (1) bzw. (2) eingesetzt. An die auf diese Weise erhaltenen

Tabelle 1 Koeffizienten der Gln. (3) und (4) für die Dichte von luftfreiem Wasser nach der Internationalen Temperaturskala von 1990

n	c_n	a_n
0	$9,99839564 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$	$9,9983952 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$
1	$6,7998613 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \text{ kg/m}^3$	$1,6952577 \cdot 10^1 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \text{ kg/m}^3$
2	$-9,1101468 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-2} \text{ kg/m}^3$	$-7,9905127 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-2} \text{ kg/m}^3$
3	$1,0058299 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-3} \text{ kg/m}^3$	$-4,6241757 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-3} \text{ kg/m}^3$
4	$-1,1275659 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-4} \text{ kg/m}^3$	$1,0584601 \cdot 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}^{-4} \text{ kg/m}^3$
5	$6,5985371 \cdot 10^{-9} \text{ }^\circ\text{C}^{-5} \text{ kg/m}^3$	$-2,8103006 \cdot 10^{-10} \text{ }^\circ\text{C}^{-5} \text{ kg/m}^3$
		$b = 1,6887236 \cdot 10^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Dichtewerte wurden die Koeffizienten der neuen Formeln

$$\rho = \sum_{n=0}^5 c_n t_{90}^n \quad (3)$$

und

$$\rho = \left(\sum_{n=0}^5 a_n t_{90}^n \right) / (1 + b \cdot t_{90}) \quad (4)$$

angepaßt. Nach dem Runden von 16 auf 8 bzw. 9 Stellen (was bei einer experimentellen relativen Unsicherheit von 10^{-6} bis 10^{-7} angemessen ist) betragen die relativen Abweichungen im Fall der Formel (3) maximal $1,6 \cdot 10^{-9}$ sowie $7 \cdot 10^{-9}$ im Fall der Formel (4). Die Koeffizienten c_n , a_n und b sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 2 enthält von 0 bis 40 °C nach Formel (3) und von 41 bis 100 °C nach Formel (4) berechnete Werte für die Dichte luftfreien Wassers sowie bis 40 °C Angaben über die jeweilige mittlere Dichteänderung pro Kelvin und bis 25 °C den Dichteunterschied zwischen luftgesättigtem und luftfreiem Wasser nach der Formel

$$\Delta\rho = (-4,612 + 0,106 \cdot \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot t) \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \quad (5)$$

von Bignell [6].

Tabelle 2 Dichte von luftfreiem Wasser bei 101325 Pa als Funktion der Celsius-temperatur nach Einführung der Internationalen Temperaturskala von 1990. (Die Werte bis 40 °C wurden nach Formel (3), die Werte darüber nach Formel (4) berechnet.)

t °C	Dichte ρ in kgm^{-3}										Mittelwert $\Delta\rho/\Delta t$ $\text{kgm}^{-3}\text{K}^{-1}$	$\Delta\rho$ luftgesättigt – luftfrei kgm^{-3}
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9		
0	999,8396	999,8463	999,8528	999,8591	999,8653	999,8713	999,8771	999,8827	999,8882	999,8935	0,059	-0,0046
1	999,8986	999,9035	999,9082	999,9128	999,9172	999,9214	999,9254	999,9293	999,9330	999,9365	0,041	-0,0045
2	999,9399	999,9431	999,9461	999,9490	999,9516	999,9542	999,9565	999,9587	999,9607	999,9625	0,024	-0,0044
3	999,9642	999,9657	999,9671	999,9682	999,9693	999,9701	999,9708	999,9713	999,9717	999,9719	0,008	-0,0043
4	999,9720	999,9718	999,9716	999,9711	999,9705	999,9698	999,9689	999,9678	999,9666	999,9652	-0,008	-0,0042
5	999,9637	999,9620	999,9602	999,9582	999,9560	999,9537	999,9513	999,9486	999,9459	999,9430	-0,024	-0,0041
6	999,9399	999,9367	999,9333	999,9298	999,9261	999,9223	999,9184	999,9143	999,9100	999,9056	-0,039	-0,0040
7	999,9011	999,8964	999,8915	999,8865	999,8814	999,8761	999,8707	999,8651	999,8594	999,8536	-0,053	-0,0039
8	999,8476	999,8415	999,8352	999,8288	999,8222	999,8155	999,8087	999,8017	999,7946	999,7873	-0,068	-0,0038
9	999,7799	999,7724	999,7647	999,7569	999,7490	999,7409	999,7327	999,7244	999,7159	999,7073	-0,081	-0,0037
10	999,6985	999,6896	999,6806	999,6714	999,6622	999,6527	999,6432	999,6335	999,6237	999,6137	-0,095	-0,0036
11	999,6037	999,5934	999,5831	999,5726	999,5620	999,5513	999,5405	999,5295	999,5184	999,5071	-0,108	-0,0034
12	999,4958	999,4843	999,4726	999,4609	999,4490	999,4370	999,4249	999,4127	999,4003	999,3878	-0,121	-0,0033
13	999,3752	999,3624	999,3495	999,3366	999,3234	999,3102	999,2968	999,2834	999,2698	999,2560	-0,133	-0,0032
14	999,2422	999,2282	999,2141	999,1999	999,1856	999,1712	999,1566	999,1419	999,1271	999,1122	-0,145	-0,0031
15	999,0972	999,0820	999,0667	999,0513	999,0358	999,0202	999,0045	998,9886	998,9726	998,9566	-0,157	-0,0030
16	998,9404	998,9240	998,9076	998,8911	998,8744	998,8576	998,8407	998,8237	998,8066	998,7894	-0,168	-0,0029
17	998,7721	998,7546	998,7371	998,7194	998,7016	998,6837	998,6657	998,6476	998,6293	998,6110	-0,180	-0,0028
18	998,5926	998,5740	998,5553	998,5365	998,5177	998,4987	998,4796	998,4604	998,4410	998,4216	-0,190	-0,0027
19	998,4021	998,3824	998,3627	998,3428	998,3229	998,3028	998,2826	998,2623	998,2419	998,2214	-0,201	-0,0026
20	998,2008	998,1801	998,1593	998,1384	998,1174	998,0963	998,0751	998,0537	998,0323	998,0108	-0,212	-0,0025
21	997,9891	997,9674	997,9455	997,9236	997,9015	997,8794	997,8571	997,8348	997,8123	997,7898	-0,222	-0,0024
22	997,7671	997,7443	997,7215	997,6985	997,6755	997,6523	997,6290	997,6057	997,5822	997,5586	-0,232	-0,0023
23	997,5350	997,5112	997,4874	997,4634	997,4394	997,4152	997,3910	997,3666	997,3422	997,3176	-0,242	-0,0022
24	997,2930	997,2683	997,2434	997,2185	997,1935	997,1683	997,1431	997,1178	997,0924	997,0669	-0,252	-0,0021
25	997,0413	997,0156	996,9898	996,9639	996,9379	996,9118	996,8857	996,8594	996,8330	996,8066	-0,261	-0,0020
26	996,7800	996,7534	996,7267	996,6998	996,6729	996,6459	996,6188	996,5916	996,5643	996,5369	-0,271	
27	996,5095	996,4819	996,4542	996,4265	996,3986	996,3707	996,3427	996,3146	996,2864	996,2581	-0,280	
28	996,2297	996,2012	996,1726	996,1440	996,1152	996,0864	996,0574	996,0284	995,9993	995,9701	-0,289	
29	995,9408	995,9115	995,8820	995,8525	995,8228	995,7931	995,7633	995,7334	995,7034	995,6733	-0,298	
30	995,6431	995,6129	995,5826	995,5521	995,5216	995,4910	995,4603	995,4296	995,3987	995,3677	-0,306	
31	995,3367	995,3056	995,2744	995,2431	995,2117	995,1803	995,1487	995,1171	995,0854	995,0536	-0,315	
32	995,0217	994,9897	994,9577	994,9255	994,8933	994,8610	994,8286	994,7962	994,7636	994,7310	-0,323	
33	994,6983	994,6654	994,6326	994,5996	994,5665	994,5334	994,5002	994,4669	994,4335	994,4000	-0,332	
34	994,3665	994,3329	994,2992	994,2654	994,2315	994,1976	994,1635	994,1294	994,0952	994,0609	-0,340	
35	994,0266	993,9922	993,9576	993,9231	993,8884	993,8536	993,8188	993,7839	993,7489	993,7138	-0,348	
36	993,6787	993,6434	993,6081	993,5728	993,5373	993,5018	993,4661	993,4304	993,3947	993,3588	-0,356	
37	993,3229	993,2869	993,2508	993,2146	993,1784	993,1421	993,1057	993,0692	993,0327	992,9961	-0,364	
38	992,9594	992,9226	992,8857	992,8488	992,8118	992,7747	992,7376	992,7004	992,6631	992,6257	-0,371	
39	992,5882	992,5507	992,5131	992,4755	992,4377	992,3999	992,3620	992,3240	992,2860	992,2479	-0,379	
40	992,2097											
t °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
40		991,826	991,432	991,031	990,623	990,208	989,786	989,358	988,922	988,479		
50	988,030	987,575	987,113	986,644	986,169	985,688	985,201	984,707	984,208	983,702		
60	983,191	982,673	982,150	981,621	981,086	980,546	979,999	979,448	978,890	978,327		
70	977,759	977,185	976,606	976,022	975,432	974,837	974,237	973,632	973,021	972,405		
80	971,785	971,159	970,528	969,892	969,252	968,606	967,955	967,300	966,639	965,974		
90	965,304	964,630	963,950	963,266	962,577	961,883	961,185	960,482	959,774	959,062		
100	958,345											

Literatur

- [1] Blanke, W.: Eine neue Temperaturskala – Die Internationale Temperaturskala von 1990 (ITS-90). PTB-Mitt. **99** (1989), S. 411–418
- [2] Preston-Thomas, H.: The International Temperature Scale of 1990 (ITS-90). Metrologia **27** (1990), S. 3–10
- [3] Wagenbreth, H.; Blanke, W.: Die Dichte des Wassers im Internationalen Einheitensystem und in der Internationalen Praktischen Temperaturskala von 1968. PTB-Mitt. **81** (1971), S. 412–415
- [4] Kell, G. S.: Density, Thermal Expansivity, and Compressibility of Liquid Water from 0° to 150 °C: Correlations and Tables for Atmospheric Pressure and Saturation Reviewed and Expressed on 1968 Temperature Scale. J. Chem. & Eng. Data **20** (1975), S. 97–105
- [5] Kohlrusch, F.: Praktische Physik (Hrsg.: Hahn, D.; Wagner, S.), Bd. 3 Tabellen und Diagramme. 23. Aufl., Stuttgart, Teubner: 1986, Tabelle 65, S. 88–90
- [6] Bignell, N.: The Effect of Dissolved Air on the Density of Water. Metrologia **19** (1983), S. 57–59

Wissenschaftliche Kurzberichte¹⁾

PTB-Berichte²⁾

Ein Saturationskern-Magnetometer unter Ausnutzung der scheinbaren Koerzitivfeldstärke-Änderung. *Derac Son.* PTB-Bericht E-36, 1989, DM 28,00

Eine neue Version eines Saturationskern-Magnetometers, das die Messung der scheinbaren Koerzitivfeldstärke-Änderung ausnutzt, wird in dieser Arbeit vorgestellt. Das äußere Magnetfeld wird periodisch mit einer Frequenz, die der Frequenz des Magnetisierungsstroms der Sonde gleich ist, gemessen. Das Magnetometer hat einen mittleren relativen Linearitätsfehler kleiner als 0,01 % und eine Auflösung von 0,1 nT. Es kann transiente äußere Magnetfelder mit einer 100 kHz-Abtastrate messen.

Produktkontrolle radioaktiver Abfälle. *E. Warnecke; H. Giller (Hrsg.),* PTB-Bericht SE-25, 1989, DM 57,00

Radioaktive Abfälle, die endgelagert werden sollen, müssen den Endlagerungsbedingungen genügen. Der Nachweis erfolgt durch die Produktkontrolle. In insgesamt 22 Einzelberichten aus den Bereichen Stichprobenprüfungen, Behälterprüfungen, Verfahrensqualifikationen und Inspektionen, Kontrollen an Abfällen aus der Brennelementwiederaufarbeitung im Ausland wird eine geschlossene Darstellung aller Produktkontroll-Maßnahmen gegeben, mit denen die Einhaltung der Anforderungen an endzulagernde Abfallgebände geprüft wird.

Applikation of reference material RM 9529 according to ISO/IEC 9529-1: 1989 (90 mm (3.5 in) 2MB diskettes; ISO Type 302) – A guideline for users. *H. J. Schroeder, H. Harcken.* PTB-Bericht MA-16, 1989, DM 20,00

Entwicklung des Referenzmaterials RM 9529 für 90 mm-Disketten mit einer Speicherkapazität von 2 MByte (unformatiert). Hinweise für die Anwendung dieser Bezugsdisketten unter Berücksichtigung des endgültigen Standes der internationalen Normung nach ISO/IEC 9529-1 (Definitionen, Prüfbedingungen, Prüfverfahren und Anforderungen).

Uncertainty in force measurement. *M. Peters, A. Sawla, FRG and D. Peschel, GDR (Ed.)* PTB-Bericht MA-17, 1990, DM 31,50

Der Bericht enthält Ergebnisse einer Diskussionstagung der in den metrologischen Staatsinstituten verantwortlichen Fachleute aus Ost und West über theoretische und meßtechnische Grenzen der Unsicherheiten bei der Darstellung von Kräften mit Kraft-Normalmeßeinrichtungen. Die aus den internationalen Kraft-Vergleichsmessungen bis 1 MN gewonnenen Ergebnisse sind von grundsätzlicher und zukunftsweisender Bedeutung für die Realisierung und Weitergabe der Kraftskala, insbesondere für die meßtechnische Beurteilung von Kraftmeßeinrichtungen und Kraftmeßgeräten.

Halbwertszeiten und Photonen-Emissionswahrscheinlichkeiten von häufig verwendeten Radionukliden. 3. erweiterte Auflage. *U. Schötzig, H. Schrader.* PTB-Bericht Ra-16/3, 1989, DM 23,00

Tabellarische Zusammenstellung der Emissionswahrscheinlichkeiten und Halbwertszeiten von etwa 190 bearbeiteten Radionukliden.

Wärmezähler – Eine Übersicht mit einer Zusammenstellung von Vorschriften und Regelungen für Wärme- und Warmwasserzähler. *H. Magdeburg, D. Stuck.* PTB-Bericht W-40, 1989, DM 18,00

In dem Bericht werden – nach einer kurzen, allgemeinverständlichen Einführung in die Funktionsprinzipien der Wärmezähler – die gesetzlichen Anforderungen erläutert, die diese Geräte bei der Zulassung zur Eichung und bei der Eichung selbst zu erfüllen haben. Der Anhang enthält eine Zusammenstellung der derzeit gültigen Vorschriften, Normen und Regelungen für Wärmezähler sowie für Warm- und Heißwasserzähler.

Einsatz der Glimmentladungstechnik in der Spektrometrie. *W. Richter, D. Schiel (Hrsg.).* PTB-Bericht W-41, 1989, DM 41,50

Dieser Seminar-Bericht gibt einen umfassenden Überblick über die neuesten Entwicklungen auf dem Gebiet der Glimmentladungstechnik in der Spektralanalytik. Der Trend zur universellen Analysenmethode ist unverkennbar. Die besonderen Vorteile – geringe Probenvorbereitung, repräsentative Messung, hohe Dynamik – werden in den Beiträgen aus einem internationalen Teilnehmerkreis überzeugend dargestellt. Der Übersichtsvortrag von Prof. Dr. K. Laqua, des international anerkannten Fachmannes auf dem Gebiet der Spektralanalytik, führt wissenschaftlich kompetent und gut verständlich in das Gebiet ein und ist hochaktuell.

1) Kurzberichte über wissenschaftliche Veröffentlichungen von Mitarbeitern der PTB in anderen Fachzeitschriften

2) zu beziehen durch: Wirtschaftsverlag Neue Wissenschaft GmbH, Postfach 10 11, 10, 2850 Bremerhaven 1 (Tel. 0471-46093-95).

Der Beirat für Medizinische Meßtechnik

Bei seiner 13. Sitzung am 27. April 1990 behandelte der Beirat u.a. folgende Themen:

Automatisch interpretierende EKG-Geräte, Blutsenkungssysteme, Richtlinien der Bundesärztekammer (BÄK) zur Qualitätssicherung in medizinischen Laboratorien, Fieberthermometer zur Anwendung im Ohr, Einmaltransducer für die invasive Blutdruckmessung, EG-Richtlinienentwürfe für medizinische Geräte.

Der Beirat faßte folgende Beschlüsse:

Ergänzung der Richtlinie der BÄK zur Qualitätssicherung

Der Beirat hält die große zeitliche Verzögerung bei der Erstellung von Qualitätssicherungs-Richtlinien für Meßverfahren mit vorportionierten Reagenzien für außerordentlich bedenklich. Er fordert die BÄK und die PTB auf, die entsprechenden Arbeiten bis spätestens zum 1. August 1990 abzuschließen. Er erwartet danach vom Bundesminister für Wirtschaft die unverzügliche Umsetzung durch entsprechende Änderung der Eichordnung. Für den Fall, daß die Richtlinien bis zum genannten Termin nicht vorliegen, wird der Bundesminister für Wirtschaft aufgefordert, die entsprechenden Regelungen auf dem Verordnungswege selbst zu treffen.

Einwegtransducer

Nach Vorlage der Ergebnisse einer Anwenderbefragung zu den meßtechnischen Eigenschaften von Einwegtransducern für die invasive Blutdruckmessung folgt der Beirat der Einschätzung der PTB und empfiehlt, für diese Art von Einwegtransducern keine gesetzlichen Überwachungsmaßnahmen vorzusehen.

Der Beirat wendete sich mit folgenden Beschlüssen an die Kommission der Europäischen Gemeinschaften:

1. Beschluß

„Der Beirat für Medizinische Meßtechnik bei der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) unterstützt das Bundesministerium für Wirtschaft sowie die PTB in deren Bemühungen, die EG-Direktiven für medizinische Geräte in einer Weise zu entwickeln, daß auch die wesentlichen Anforderungen an medizinische Meßgeräte enthalten sind.

Das Ziel dieser Bemühungen ist die Aufnahme von Bestimmungen für den Schutz gegen die Ausgabe gefährlich falscher Meßwerte mit der Folge von gefährlichen Fehldiagnosen und gefährlichen falschen medizinischen Entscheidungen. Für beide Direktiven für medizinische Geräte

werden die folgenden Ergänzungen vorgeschlagen, die sowohl „aktive“ als auch „nicht-aktive“ medizinische Meßgeräte betreffen:

Geräte mit einer Meßfunktion

1. Geräte mit einer Meßfunktion, die bei Fehlmessungen zu gefährlichen Fehldiagnosen und falschen medizinischen Entscheidungen führen können, müssen so konstruiert und hergestellt werden, daß unter Berücksichtigung der Zweckbestimmung des Gerätes eine angemessene Beständigkeit und Genauigkeit im Rahmen geeigneter Fehlergrenzen gewährleistet sind.
2. Maßskala, Bedienungs- und Anzeigevorrichtungen müssen unter Berücksichtigung der Zweckbestimmung des Gerätes ergonomischen Grundsätzen Rechnung tragen.
3. Für die Größenangaben bei Geräten mit einer Meßfunktion müssen gesetzliche Einheiten gemäß den Bestimmungen der Richtlinie 80/181/EWG, zuletzt geändert durch die Richtlinie 89/617/EWG, verwendet werden.“

2. Beschluß

„Das folgende Klassifizierungsschema wird für „aktive“ medizinische Geräte vorgeschlagen:

Klasse I Aktive medizinische Geräte, die in Kontakt oder Wechselwirkung mit der Haut des menschlichen Körpers kommen, ohne daß gefährliche Energie oder Stoffe abgegeben werden.

Klasse II Aktive medizinische Geräte, die in Kontakt oder Wechselwirkung mit dem menschlichen Körper (nicht-invasiv oder invasiv) kommen, und/oder dabei gefährliche Energie oder Stoffe an den menschlichen Körper abgeben und/oder mit einer Meßfunktion, bei der falsche Meßwerte zu gefährlichen Fehldiagnosen und gefährlichen medizinischen Entscheidungen führen können.“

Die EG-Kommission wird gebeten, die oben beschriebenen Ergänzungen bei der Fertigstellung der beiden Richtlinien für medizinische Geräte zu berücksichtigen.

Bei seiner nächsten Sitzung am 29. Oktober 1990 wird sich der Beirat u.a. mit folgenden Themen befassen:

Entwicklung im EG-Bereich, Blutsenkungssysteme, Audiometer.

OIML-Zertifizierungssystem für Meßgeräte

Unverbindliche Übersetzung des vierten Vorentwurfs des Internationalen Dokuments vom Februar 1990

Über das geplante OIML-Zertifizierungssystem für Meßgeräte ist in den PTB-Mitteilungen schon mehrfach berichtet worden (Nr. 6/88), S. 414–416, Nr. 6/89, S. 435–436). Inzwischen liegt der vierte Vorentwurf des vorgesehenen Internationalen Dokuments vor, der nach Auffassung des OIML-Präsidialrates von der Endfassung nicht mehr wesentlich abweichen wird. Zur frühzeitigen Information der interessierten Fachkreise in der Bundesrepublik wird er hier in einer unverbindlichen deutschen Übersetzung vorgestellt.

Der Entwurf wurde den Mitgliedern des Komitees der OIML zur Abstimmung bis zum 30.6.1990 vorgelegt. Eventuelle Stellungnahmen sind rechtzeitig an die Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Abteilung 8, zu richten.

0 Einleitung

Das OIML-Zertifizierungssystem für Meßgeräte (im folgenden kurz: „OIML-Zertifizierungssystem“ oder „System“ genannt) ist ein System für die Ausstellung, Registrierung und Anwendung von Bescheinigungen über die Konformität von Bauarten von Meßgeräten mit Empfehlungen der Internationalen Organisation für das gesetzliche Meßwesen (OIML) auf freiwilliger Basis. Es hat in erster Linie zum Ziel, die Arbeit von nationalen oder regionalen Zulassungsbehörden für Meßgeräte, die der staatlichen Überwachung unterliegen, in OIML-Mitgliedsländern oder Gruppen von Mitgliedsländern zu erleichtern, zu beschleunigen und zu vereinheitlichen. Gleichmaßen sollten Meßgerätehersteller, die gehalten sind, Zulassungen in Ländern zu erwerben, in die sie ihre Produkte verkaufen wollen, von dem OIML-Zertifizierungssystem profitieren, wenn ihre Meßgeräte den Anforderungen der relevanten OIML-Empfehlungen genügen. Das OIML-System hat weiterhin zum Ziel, die Erreichung von Meßgeräten in den Ländern, in denen eine Zulassung nicht erforderlich ist, zu erleichtern. Es könnte auch die Herstellung, den Erwerb und die Verwendung von

Meßgeräten, die OIML-Anforderungen genügen, in solchen Fällen fördern, für die keine gesetzlichen Regelungen bestehen.

Allgemeine Bestimmungen für die Zertifizierung von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen wurden von anerkannten internationalen Organisationen erarbeitet (s. Literaturverzeichnis). Das OIML-Zertifizierungssystem folgt diesen allgemeinen Bestimmungen und wendet sie auf Bauarten von Meßgeräten an. Diejenigen, die das System anwenden und sich an dem System beteiligen, müssen sicherstellen, daß die internationalen Richtlinien über Zertifizierung und Prüfung beachtet werden.

1 Anwendungsbereich

- 1.1 Durch eine OIML-Konformitätsbescheinigung für eine Meßgerätebauart wird die Konformität dieser Bauart in der Form, in der sie als eingereichtes und geprüftes Muster vorgelegen hatte, mit den Anforderungen der relevanten OIML-Empfehlung(en) bescheinigt.

- 1.2 Eine OIML-Konformitätsbescheinigung kann nur für diejenigen Meßgerätearten ausgestellt werden, für die in der (den) relevanten OIML-Empfehlung(en) folgendes festgelegt ist: a) die meßtechnischen und technischen Anforderungen, denen das betreffende Meßgerät genügen muß, b) das übliche Prüfverfahren und c) ein Formblatt für den Prüfbericht.
Eine Liste der Meßgerätearten, für die relevante OIML-Empfehlungen vorhanden sind, wird im Internationalen Büro für das gesetzliche Meßwesen (BIML) geführt und durch das Internationale Komitee für das gesetzliche Meßwesen (CIML) überwacht.
- 1.3 OIML-Konformitätsbescheinigungen werden von der Ausstellungsinstanz eines OIML-Mitgliedslandes ausgestellt. In einem OIML-Mitgliedsland kann es eine oder mehrere Ausstellungsinstanzen geben; allerdings darf es für jede Meßgeräteart nur eine Ausstellungsinstanz geben. Das CIML-Mitglied eines Mitgliedslandes kann die Ausstellungsinstanz oder eine der Ausstellungsinstanzen in dem betreffenden Land sein.
- 1.4 Die OIML-Mitgliedsländer, die sich zur Anwendung des OIML-Zertifizierungssystems entschließen, müssen sicherstellen, daß Durchführung, Überwachung und Kontrolle des Systems einschließlich der Einspruchsverfahren nationalen Gesetzen entsprechen und im Einklang mit diesen vollzogen werden.

2 Abkürzungen und Terminologie

Die folgenden Abkürzungen und Definitionen finden Verwendung:

OIML	= Internationale Organisation für das gesetzliche Meßwesen
CIML	= Internationales Komitee für das gesetzliche Meßwesen
BIML	= Internationales Büro für das gesetzliche Meßwesen
Mitgliedsland	= ein OIML-Mitgliedsland
Empfehlung	= eine Internationale OIML-Empfehlung
System	= OIML-Zertifizierungssystem für Meßgeräte
Konformitätsbescheinigung	= OIML-Konformitätsbescheinigung

- 2.1 **Konformität**
Übereinstimmung einer Meßgerätebauart mit allen meßtechnischen und technischen Anforderungen der relevanten Empfehlung(en).
- 2.2 **OIML-Zertifizierungssystem für Meßgeräte**
Ein System auf freiwilliger Basis für die Ausstellung, Registrierung und Verwendung von Bescheinigungen über die Konformität von

Bauarten von Meßgeräten mit der (den) relevanten Empfehlung(en).

- 2.3 **OIML-Konformitätsbescheinigung**
Ein unter Beachtung der Bestimmungen des Systems von einer Ausstellungsinstanz ausgestelltes Dokument, aus dem hervorgeht, daß nach Prüfung angemessenes Vertrauen darüber besteht, daß eine ordnungsgemäß gekennzeichnete Meßgerätebauart, von der gekennzeichnete Baumuster zur Prüfung vorgelegt wurden, mit der (den) relevanten Empfehlung(en) übereinstimmt.
- 2.4 **Prüfbericht**
Ein Bericht, in dem die verschiedenen Prüfergebnisse für eine bestimmte Bauart zusammengefaßt, ggfs. aufgeführt und entsprechend dem in der (den) relevanten Empfehlung(en) vorgesehenen Formblatt vorgelegt werden.
- 2.5 **Ausstellungsinstanz**
Eine Stelle oder eine Person in einem Mitgliedsland, die dem BIML durch das CIML-Mitglied dieses Mitgliedslandes bezeichnet und dafür gemeldet ist, daß sie OIML-Konformitätsbescheinigungen für alle oder für bestimmte Meßgerätearten ausstellt.
Anmerkung: Ein CIML-Mitglied kann eine Ausstellungsinstanz sein.

3 Ausstellung von Konformitätsbescheinigungen

- 3.1 **Antrag**
- 3.1.1 Der Hersteller, sein Vertreter oder der Importeur einer Meßgerätebauart kann bei jedem CIML-Mitglied eine Konformitätsbescheinigung beantragen.
Der Antrag muß enthalten:
- Name und Anschrift des Herstellers und ggfs. seines Vertreters oder des Importeurs,
 - eine Erklärung darüber, daß kein weiterer Antrag auf eine Konformitätsbescheinigung für die Bauart an irgendein anderes CIML-Mitglied gestellt wurde,
 - eine detaillierte Beschreibung der Bauart, die ausreicht, um die Bauart als unterschiedlich von anderen Bauarten zu erkennen, sowie zusätzliche Informationen über die Durchführung von Prüfungen,
 - Beschreibung der Funktionsweise des Geräts einschließlich der Gebrauchsanweisung des Herstellers,
 - sofern vorhanden, Ergebnisse von vorausgegangenen Bauartprüfungen (s. Abschnitt 3.3.3).
- Der Antragsteller kann auch seine eigenen Prüfergebnisse oder die einer anderen Prüfstelle zur Erhärtung des Anspruchs einreichen, daß

das Gerät die Anforderungen der relevanten Empfehlung(en) erfüllt.

- 3.1.2 Das CIML-Mitglied muß den Antrag an die jeweilige Ausstellungsinstanz in seinem Land weiterleiten oder ihn unmittelbar prüfen und den Antragsteller entsprechend unterrichten. Der Antragsteller ist davon in Kenntnis zu setzen, daß sein Antrag in den beiden folgenden Fällen nicht bearbeitet werden kann:

- wenn die Bauart des Gerätes nicht einer der Arten angehört, für die das System anwendbar ist (s. Abschnitt 1.2),
- wenn in dem Mitgliedsland keine Ausstellungsinstanz für die betreffende Geräteart existiert; in diesem Fall kann das CIML-Mitglied den Antragsteller an ein anderes CIML-Mitglied verweisen, ohne dieses jedoch hierdurch zu verpflichten.

3.2 Prüfung des Antrags

- 3.2.1 Die Ausstellungsinstanz, der ein Antrag zugeht, muß ihn einer Vorprüfung unterziehen und kann den Antragsteller um zusätzliche Angaben und Unterlagen bitten, bevor der Antrag weiter bearbeitet wird.

- 3.2.2 Die Ausstellungsinstanz muß einen Antrag ablehnen, wenn

- die Bauart nicht genau der (den) relevanten Empfehlung(en) entspricht,
- die für den Antrag notwendigen Unterlagen nicht vollständig sind.

Der Antrag kann aus anderen klar zu benennenden Gründen abgelehnt werden.

- 3.2.3 Die Ausstellungsinstanz muß den Antragsteller (und ggfs. das CIML-Mitglied) schriftlich über seine Entscheidung bezüglich der Annahme oder Ablehnung eines Antrags unterrichten. Im Falle einer Ablehnung muß diese begründet werden.

- 3.2.4 Wird der Antrag angenommen, so muß die Ausstellungsinstanz den Antragsteller von der Anzahl der zu Prüfzwecken erforderlichen Bauartmuster in Kenntnis setzen. Diese Anzahl ist üblicherweise in der (den) relevanten Empfehlung(en) festgelegt oder muß, wenn dies nicht der Fall ist, zwischen der Ausstellungsinstanz und dem Antragsteller vereinbart werden. In bestimmten Fällen kann sich die Ausstellungsinstanz jedoch auch mit den Ergebnissen früherer Bauartprüfungen zufriedengeben (s. Abschnitt 3.3.3), so daß neue Bauartmuster nicht erforderlich sind; allerdings muß sich die Ausstellungsinstanz davon überzeugen, daß die Bauart, für die eine Konformitätsbescheinigung verlangt wird, mit der früher geprüften Bauart identisch ist.

Die Ausstellungsinstanz muß dem Antragsteller einen Kostenvoranschlag über die voraussichtlichen Kosten für die Prüfung und für die Ausstellung und Registrierung der Konformitäts-

bescheinigung zukommen lassen; die Kosten für Prüfung und Ausstellung müssen nach den nationalen Gepflogenheiten festgesetzt werden, die Kosten für die Registrierung vom CIML.

Der Antragsteller ist schriftlich von der ungefähren Dauer der Durchführung aller Prüfungen einschließlich der Erstellung eines Prüfberichts zu informieren.

3.3 Konformitätsprüfungen

- 3.3.1 Die Konformitätsprüfungen müssen in dem (den) von der Ausstellungsinstanz, die den Antrag angenommen hat, bestimmten Laboratorium(ien) durchgeführt werden. Bei der Wahl dieses(r) Laboratoriums(ien) muß die Ausstellungsinstanz die in internationalen Prüfungsrichtlinien festgelegten Prinzipien beachten, insbesondere die der ISO/IEC Richtlinien 25 und 38 „General requirements for the technical competence of testing laboratories“, bzw. „General requirements for the acceptance of testing laboratories“.

- 3.3.2 Die Prüfverfahren müssen mit den in der (den) relevanten Empfehlung(en) im Grundsatz beschriebenen übereinstimmen.

- 3.3.3 Die Konformitätsprüfungen können abgekürzt oder weggelassen werden, wenn die Ausstellungsinstanz befindet, daß die zur Ausstellung der Konformitätsbescheinigung erforderlichen Rückschlüsse aus früher durchgeführten Bauartprüfungen gezogen werden können, vorausgesetzt, daß diese gemäß den Anforderungen der Abschnitte 3.3.1 und 3.3.2 vorgenommen wurden.

- 3.3.4 Ein Prüfbericht, in dem die verschiedenen, für dieselbe Bauart erzielten Prüfergebnisse zusammengefaßt und ggfs. aufgeführt werden, muß auf dem in der (den) relevanten Empfehlung(en) vorgesehenen Formblatt erstellt werden.

Der Prüfbericht muß zumindest folgendes enthalten:

- Name und Anschrift des (der) Laboratoriums(ien), die die Prüfungen durchgeführt haben, zusammen mit einer Erklärung darüber, daß die Bestimmungen unter Abschnitt 3.3.1 eingehalten wurden, z.B. Details über irgendeine Akkreditierung,
- Bezug (Nummer und Erscheinungsjahr) auf relevante Empfehlung(en),
- genaue Kennzeichnung der Gerätebauart (z.B. Typbezeichnung, Beschreibung, Markierung, Aufschriften, Spezifikationen, Schaltpläne und Stückliste etc., ggfs. einschließlich der Genauigkeitsklasse),
- Kennzeichnung der geprüften Muster,
- Name und Anschrift des Herstellers,
- Name und Anschrift des Antragstellers für die Konformitätsbescheinigung,
- Datum (Zeitraum) der Prüfungen,
- Ort der Prüfungen,

- ggfs. spezifische Bedingungen für die Prüfungen,
- Prüfergebnisse,
- eine zusammenfassende Beurteilung darüber, ob die Muster allen Anforderungen genügen.

Die verantwortliche(n) Person(en) des Labors (der Laboratorien) oder der Ausstellungsinstanz müssen den Prüfbericht mit Datum versehen, unterzeichnen und mit einer besonderen Nummer kennzeichnen.

Der Prüfbericht muß in französisch oder englisch (möglichst in beiden Sprachen) abgefaßt sein.

Anmerkung: In einigen Fällen kann es bei nationaler oder regionaler Anwendung und Auslegung des Systems hilfreich sein, wenn der Prüfbericht noch in eine weitere Sprache außer französisch oder englisch übersetzt wird.

- 3.3.5 Die Ausstellungsinstanz muß die zusammen mit dem Antrag eingereichten Unterlagen und eine Kopie des Prüfberichts einbehalten (s. auch Abschnitt 3.4.5). Außerdem können die Prüfmuster nach Absprache mit dem Antragsteller von der Ausstellungsinstanz oder dem (den) Prüflaboratorium(ien) oder vom Antragsteller aufbewahrt werden, je nach Größe und/oder kommerziellem Wert dieser Muster.
- 3.3.6 Wenn die Beurteilung darüber, ob die Muster allen Anforderungen genügen, positiv ausfällt, dann muß eine Konformitätsbescheinigung gemäß Abschnitt 3.4 ausgestellt werden.
Ist dies nicht der Fall, so muß der Antragsteller schriftlich davon in Kenntnis gesetzt werden und der Prüfbericht kann dem Antragsteller auf sein Ersuchen hin zur Verfügung gestellt werden. Der Antragsteller kann einen neuen Antrag mit Mustern einer geänderten und neu gekennzeichneten Bauart stellen. Dann sind neue Prüfungen durchzuführen; sie können sich jedoch auf Überprüfung der Anforderungen beschränken, denen die frühere Bauart nicht genügt hat, vorausgesetzt, daß sich die Eigenschaften des Gerätes in Bezug auf alle anderen Anforderungen durch die Änderung der Bauart wahrscheinlich nicht geändert haben.
- 3.3.7 Prüfgebühren sind gemäß den nationalen Gepflogenheiten zu erheben.
- 3.4 OIML-Konformitätsbescheinigung
Wird befunden, daß eine Meßgerätebauart allen Anforderungen der relevanten Empfehlung(en) genügt, so ist nach Abschluß der Prüfungen eine Konformitätsbescheinigung auszustellen.
- 3.4.1 Die Konformitätsbescheinigung ist entsprechend dem Muster in Anhang 1 auszufertigen, möglichst soll jedoch der vom BIML erhältliche Vordruck verwendet werden. Sie ist von der Ausstellungsinstanz, vom CIML-Mitglied oder von beiden zu unterzeichnen.

- 3.4.2 Die Konformitätsbescheinigung ist in französisch oder englisch auszufertigen (möglichst in beiden Sprachen).
- 3.4.3 Die Konformitätsbescheinigung ist mit einer Referenznummer zu versehen, aus der hervorgeht
- der Bezug auf die relevante(n) Empfehlung(en),
 - der Name des Mitgliedslandes, das die Konformitätsbescheinigung ausgestellt hat,
 - das Ausstellungsjahr,
 - eine laufende Nummer.
- Diese Referenznummer muß die in Anhang 2 dargestellte Form haben.
- 3.4.4 In der Konformitätsbescheinigung ist auch die Nummer des zugehörigen Prüfberichts aufzuführen.
- 3.4.5 Die Konformitätsbescheinigung und der zugehörige Prüfbericht sind dem Antragsteller auszuhändigen, der damit ihr Besitzer wird. Das CIML-Mitglied und die Ausstellungsinstanz müssen eine Kopie aufbewahren.
- 3.4.6 Die Ausstellungsgebühren sind gemäß den nationalen Gepflogenheiten zu erheben.

4 Registrierung einer Konformitätsbescheinigung

- 4.1 Das CIML-Mitglied muß eine Kopie jeder ausgestellten Konformitätsbescheinigung an das BIML zur Registrierung leiten. Das BIML muß die Konformitätsbescheinigung daraufhin prüfen, ob sämtliche erforderlichen Angaben ordnungsgemäß gemacht wurden.
- 4.2 Das BIML muß dem Besitzer der Konformitätsbescheinigung eine Rechnung über die Registriergebühren zusenden. Die Registrierung darf erst nach Erhalt der Gebühren vorgenommen werden.
- 4.3 Das BIML muß die Mitgliedsländer und andere Interessenten durch entsprechende Veröffentlichungen periodisch über die Registrierung von Konformitätsbescheinigungen unterrichten und aktuelle Listen über die registrierten Konformitätsbescheinigungen führen.

5 Verwendung einer Konformitätsbescheinigung

- 5.1 Eine Konformitätsbescheinigung und der zugehörige Prüfbericht dürfen von ihrem Besitzer wie folgt verwendet werden:
- zur Unterstützung eines Antrags auf Bauartzulassung in allen Ländern oder Gruppen von Ländern. Die Behörde für das gesetzliche Meßwesen (oder eine andere zuständige Stelle), an die ein Antrag auf Bauartzulassung

gestellt wird, sollte die Konformitätsbescheinigung sowie den zugehörigen Prüfbericht soweit als möglich berücksichtigen; die Behörden für das gesetzliche Meßwesen der Mitgliedsländer werden besonders auf die Vorteile hingewiesen, die sich durch die Anerkennung der Konformitätsbescheinigungen und der Prüfergebnisse in dem zugehörigen Prüfbericht zur Erleichterung, Beschleunigung und Vereinheitlichung des Verfahrens einer nationalen oder regionalen Bauartzulassung ergeben könnten. Der Antragsteller ist jedoch dafür verantwortlich, auf Aufforderung den Beweis dafür anzutreten, daß die zur Zulassung eingereichte Bauart mit der in der Konformitätsbescheinigung bezeichneten identisch ist;

- zur Unterstützung der Vorlage eines Meßgerätes zur Erreichung in einem Land, in dem die Bauartzulassung nicht erforderlich ist; der Antragsteller ist dafür verantwortlich, auf Aufforderung den Beweis dafür anzutreten, daß die Bauart des zur Eichung vorliegenden Gerätes mit der in der Konformitätsbescheinigung angegebenen identisch ist;
- um Käufer, Anwender und andere Interessenten darüber zu informieren, daß die Bauart des Meßgerätes (festgelegt durch die geprüften Muster) den Anforderungen der relevanten Empfehlung(en) genügt. Diese Konformität kann z.B. in Herstellerkatalogen und sonstigem Werbematerial erwähnt werden, ist jedoch nicht als Beweis für die Konformität eines einzelnen Gerätes mit den Anforderungen der relevanten Empfehlung(en) zu verwenden. Insbesondere darf weder die Referenznummer der Konformitätsbescheinigung noch die OIML überhaupt in Zusammenhang mit einem einzelnen Instrument erwähnt werden.

- 5.2. Nur der gesamte Inhalt der Konformitätsbescheinigung und des zugehörigen Prüfberichts darf wiedergegeben werden.

6 Überwachung und Kontrolle

6.1 Allgemeines

Das CIML muß die Beachtung der allgemeinen Bestimmungen, ihre Anpassung an sich verändernde Bedürfnisse und die Erarbeitung von zusätzlichen Bestimmungen, die für eine effektive Durchführung des Systems erforderlich sein könnten, überwachen.

6.2 Einspruch

Jede Ausstellungsinstanz muß Verfahren zur Annahme, Prüfung und Widerlegung von Einsprüchen gegen ihre Beschlüsse festlegen.

Ein CIML-Mitglied kann als technischer Berater fungieren und das BIML, das (die) zustän-

dige(n) OIML-Sekretariat(e) oder das CIML um Unterstützung bei der Lösung technischer Fragen bitten, die in Zusammenhang mit den Einsprüchen gegen und Kontroversen um die Beschlüsse einer Ausstellungsinstanz seines Landes auftreten.

6.3 Rolle eines CIML-Mitgliedes

Zusätzlich zu den verschiedenen oben beschriebenen Aufgaben muß ein CIML-Mitglied:

- das BIML umgehend von der Einrichtung einer oder Veränderung in einer Ausstellungsinstanz seines Landes informieren,
- die Ausstellungsinstanz(en) seines Landes umgehend mit aktuellen wesentlichen Informationen zur Durchführung des Systems versorgen.

6.4 Mißbrauch einer Konformitätsbescheinigung durch den Besitzer

Wenn sachlich eindeutig und belegbar ist, daß der Besitzer einer Konformitätsbescheinigung diese in einer Weise verwendet, die den Anforderungen unter Abschnitt 5 nicht entspricht, so muß das BIML nach Rücksprache mit dem CIML-Mitglied des Landes, in dem die Konformitätsbescheinigung ausgestellt worden war, die Mitgliedsländer und andere interessierte Parteien entsprechend informieren. Außerdem muß das BIML den Besitzer unverzüglich davon in Kenntnis setzen, daß fortgesetzter Mißbrauch der Konformitätsbescheinigung entsprechende Gegenmaßnahmen durch das CIML nach sich ziehen könnte, die auch das Streichen der Konformitätsbescheinigung aus der Liste durch das BIML einschließen würden.

6.5 Ausstellung einer Konformitätsbescheinigung unter falschen Voraussetzungen

Wenn sachlich eindeutig und belegbar ist, daß die Prüfungen, auf Grund deren die Konformitätsbescheinigung ausgestellt wurde, unsachgemäß durchgeführt oder ausgewertet wurden, so muß das BIML nach Rücksprache mit dem CIML-Mitglied des Mitgliedslandes, in dem die Konformitätsbescheinigung ausgestellt worden war, die Konformitätsbescheinigung aus der Liste streichen und den Besitzer, die Mitgliedsländer und andere interessierte Parteien entsprechend informieren. In solchen Fällen sind die Bedingungen für eine Erstattung der Prüfgebühren und der Gebühren für die Ausstellung der Konformitätsbescheinigung an den Besitzer zwischen der Ausstellungsinstanz und/oder dem CIML-Mitglied des betroffenen Mitgliedslandes und dem Besitzer auszuhandeln.

6.6 Überarbeitung von Empfehlungen

Nach Überarbeitung der Empfehlungen für eine bestimmte Meßgeräteart, für die Konformitätsbescheinigungen ausgefertigt werden könnten, muß (müssen) das (die) zuständige(n) OIML-Sekretariat(e) darüber befinden und das

CIML muß bestätigen, ob Geräte, die mit der (den) früheren relevanten Empfehlung(en) im Einklang waren, auch mit ihrer (ihren) überarbeiteten Fassung(en) im Einklang sind oder nicht.

Wird Übereinstimmung festgestellt, so kann ein Besitzer, der über eine Konformitätsbescheinigung nach der (den) früheren Empfehlung(en) verfügt, eine Konformitätsbescheinigung nach der (den) überarbeiteten Fassung(en) der Empfehlung(en) beantragen; die neue Konformitätsbescheinigung muß dem Besitzer gebührenfrei durch die zuständige Ausstellungsinstanz zugestellt und vom BIML registriert werden.

Wird festgestellt, daß die Meßgeräte möglicherweise nicht konform sind, so kann ein Besitzer eine neue Konformitätsbescheinigung nach der (den) überarbeiteten Empfehlung(en) für dieselbe Bauart oder für eine modifizierte Bauart des betreffenden Gerätes beantragen; die für die Ausstellung einer neuen Konformitätsbescheinigung erforderlichen Prüfungen können gemäß Abschnitt 3.3.3 abgekürzt werden.

Anhang 1

OIML-Konformitätsbescheinigung

(Dieser Anhang ist fester Bestandteil dieses Dokuments)

Referenznummer der Konformitätsbescheinigung:
(Empfehlung(en)/Mitgliedsland/Jahr/laufende Nummer)

Ausstellungsinstanz

Name:

Anschrift:

Verantwortliche Person:

Antragsteller

Name:

Anschrift:

Kennzeichnung der Bauart:

Hersteller:

Durch diese Konformitätsbescheinigung wird die Konformität der o.g. Bauart (festgelegt durch die in dem zugehörigen Prüfbericht bezeichneten Muster) mit den Anforderungen der Internationalen OIML-Empfehlung(en) N° , Ausgabe , für die Genauigkeitsklasse (sofern anwendbar) bestätigt.

Diese Konformitätsbescheinigung bezieht sich nur auf die meßtechnischen und technischen Eigenschaften der Bauart des betreffenden Gerätes gemäß der (den) relevanten Internationalen OIML-Empfehlung(en).

Mit dieser Konformitätsbescheinigung wird keinerlei internationale, gesetzlich relevante Zulassung erteilt. Die Konformität wurde durch die in dem zugehörigen Prüfbericht N° , der Seiten umfaßt, beschriebenen Prüfungen festgestellt.

Die Konformitätsbescheinigung wurde ausgestellt von dem OIML Mitgliedsland

Identifizierung(en) und Unterschrift(en) oder Stempel durch (wie zutreffend):

Die Ausstellungsinstanz: Das CIML-Mitglied

Datum Datum

Anmerkung: Nur der gesamte Inhalt dieser Konformitätsbescheinigung und des gekennzeichneten zugehörigen Prüfberichts darf wiedergegeben werden.

Anhang 2

Referenznummer einer OIML-Konformitätsbescheinigung

(Dieser Anhang ist fester Bestandteil dieses Dokuments)

Diese Referenznummer besteht aus drei Teilen:

- der (den) Nummer(n) und dem (den) Erscheinungsjahr(en) der relevanten Empfehlung(en); sie sind in einer getrennt veröffentlichten Liste von Meßgeräten, für die das OIML-Zertifizierungssystem angewendet werden kann, aufgeführt,
- einem aus zwei Buchstaben bestehenden Code für das Mitgliedsland, das die Konformitätsbescheinigung ausgestellt hat (in Übereinstimmung mit dem ISO-Code) und
- den beiden letzten Ziffern des Ausstellungsjahres der Konformitätsbescheinigung, gefolgt von einer laufenden Nummer, die in jedem Jahr für jedes Mitgliedsland neu mit 1 beginnt.

Anmerkung: Z.B. steht die Referenznummer: „R76/1988-AA-89.14“ für die 14. Konformitätsbescheinigung, die im Jahre 1989 im Mitgliedsland AA für die unter Empfehlung R76, Ausgabe 1988, fallenden Meßgeräte ausgestellt wurde.

Zusätzlich zu dieser Referenznummer kann das BIML jeder Konformitätsbescheinigung eine spezielle Nummer geben, um die Aktualisierung und Verwendung der Listen von registrierten Konformitätsbescheinigungen zu erleichtern.

Literatur

ISO/IEC Guide 2: General terms and their definitions concerning standardization and related activities.

ISO/IEC Guide 16: Code of principles on third party certification systems and related standards.

ISO/IEC Guide 25: General requirements for the technical competence of testing laboratories.

ISO/IEC Guide 28: General rules for a model third-party certification system for products.

ISO/IEC Guide 38: General requirements for the acceptance of testing laboratories.

ISO/IEC Guide 40: General requirements for the acceptance of certification bodies.

GATT: Agreement on technical barriers to trade (the Standards Code)

Fachtagungen

IEC-Sitzung SC 45 B „Instrumentierung für den Strahlenschutz“

Im Rahmen der Sitzung des Technischen Komitees IEC TC 45 „Nukleare Instrumentierung“ in Erice vom 07. bis 14. Dezember 1989 trafen sich auch das Unterkomitee SC 45 B „Instrumentierung für den Strahlenschutz“ und seine Arbeitsgruppen. Von den etwa 100 Teilnehmern aus 12 Staaten stellte Frankreich mit 25 Vertretern das größte Kontingent; Deutschland war mit 8 Experten vergleichsweise schwach vertreten.

Dem breiten Aufgabengebiet der Strahlenschutz-Instrumentierung entsprechend befindet sich eine beträchtliche Anzahl von Schriftstücken in Arbeit oder wurde fertiggestellt.

Für die Abteilung Atomphysik der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt sind die Arbeiten auf dem Gebiet der angewandten Radioaktivitäts- und Dosismessung von großer Bedeutung. Als Beispiele seien einige Schriftstücke genannt, die zur Zeit in einzelnen Arbeitsgruppen des SC 45 B diskutiert werden.

WG B 5 „Strahlenschutzinstrumentierung für die Umgebungsüberwachung“:

- Test methods for the verification of the effectiveness of radon compensation for alpha and/or beta aerosol measuring instruments
- Equipment for noble gas monitoring in the environment
- Equipment for monitoring airborne transuranic aerosols in working areas
- In-situ photon spectrometry systems for measuring discrete radionuclides in the environment

WG B 7 „Kontaminationsüberwachung von Körperoberflächen und Bekleidung des Bedienungspersonals“:

- Laundry monitors
- Apparatus for non-destructive radiation tests of furs and other cloth material samples

WG B 8 Äquivalentdosis- und Äquivalentdosisleistungsmesser als Taschenwarngeräte:

- Direct reading, personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors for neutron and photon radiation
- Personal warning devices for X, Gamma and High Energy Beta Radiation

WG B 9 „Stationäre Dosisleistungsmesser, Warneinrichtungen und Monitore für Röntgen- und Gammastrahlung“:

- Installed dose equivalent ratemeters, warning assemblies and monitors for neutron radiation of energy between thermal and 15 MeV
- Equipment for centralized and continuous surveillance of radiation in nuclear installations

WG B 10 „Meßgeräte für Radon und Radon-Folgeprodukte“:

- Instrumentation of the measurement of the radon 222 air volume activity
- Instrumentation of the measurement of the airborne radon 222 decay products volume activity

- Equipment for producing radon and radon decay products reference atmosphere

WG B 12 „Meßgeräte für die radioaktive Kontamination von Nahrungsmitteln“:

- Instruments for measuring foodstuff sample specific gamma-activity
- Instruments for measuring the specific beta activity in foodstuff samples

Im Hinblick auf die Europäischen Normen, für die die IEC Publikationen häufig als Grundlage dienen, kommt der rechtzeitigen und umfassenden Bearbeitung bereits der Vorlagen aus den Arbeitsgruppen erhöhte Bedeutung zu. In der Bundesrepublik sind die fachlich entsprechenden Normengremien im Normenausschuß Radiologie, im Normenausschuß Kerntechnik und im Kerntechnischen Ausschuß angesiedelt. Da hierbei die Spiegelgremien zur IEC nicht immer eindeutig festliegen, ist die fachliche Beratung durch PTB-Mitarbeiter erschwert.

Die nächste Sitzung von IEC TC 45 und der beiden Unterkomitees SC 45 A und SC 45 B werden im April 1991 voraussichtlich in Avignon stattfinden.

K. Ho.

ISO/TAG4/WG3 „Expression of uncertainties“

Vom 27. bis 29.03.1990 fand in Genf bei der International Organization for Standardization (ISO) die fünfte Sitzung der internationalen Arbeitsgruppe ISO/TAG4/WG3 „Expression of uncertainties“ statt. Diese Arbeitsgruppe wurde 1986 von der Technical Advisory Group ISO/TAG4 „Metrology“ der ISO gegründet, wobei die International Electrotechnical Commission (IEC), die International Organization for Legal Metrology (OIML), das International Bureau of Weights and Measures (BIPM), die International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), die International Federation of Clinical Chemistry (IFCC) sowie die nationalen Normungsinstitute von Finnland, Frankreich, Kanada und Norwegen, sowie der UdSSR, der USA und der Bundesrepublik Deutschland mitgewirkt haben. Obmann der Arbeitsgruppe ist Dr. Cohen (Rockwell Int. Science Center, USA). Die weiteren Mitglieder kommen von den folgenden metrologischen Instituten: NPL (Großbritannien), NIST (USA), NIM (China), PTB, Istituto di Metrologia (Italien), Nat. Council for Metrology (Schweden), van Swinden Laboratory (Niederlande), BIPM, International Bureau for Legal Metrology, City University London.

Von ISO/TAG4 wurde die Arbeitsgruppe beauftragt, auf dem Boden der Empfehlungen des BIPM, die 1980 von einer internationalen Expertengruppe aufgestellt worden sind, einen Leitfaden zur Angabe der Meßunsicherheiten zu erarbeiten. Dieser soll Anwendung finden in der Wissenschaft, Technik, Industrie und Wirtschaft, insbesondere in der Metrologie, in der Normung, bei Kalibrierung, Prüfungen und Zertifizierungen, bei internationalen Vergleichsmessungen und auch bei der Angabe der Unsicherheiten von Meßinstrumenten.

In der Sitzung wurde im wesentlichen der dritte Entwurf des Leitfadens, der auch Anwendungsbeispiele enthält, sehr ausführlich diskutiert. Auf der Basis der Ergebnisse soll nunmehr ein weiterer verbesserter Entwurf entstehen. Es ist nicht vorgesehen, den Leitfaden als ISO-Norm herauszu-

geben. Das Leitdokument wird nur einen kleinen Schritt über die Empfehlungen des BIPM hinausgehen, diese lediglich konkretisieren. Es wird nicht so weitreichend sein wie DIN 1319 Teil 4 „Behandlung von Unsicherheiten bei der Auswertung von Messungen“ (1985).

Besondere Bemühungen wurden in der Sitzung unternommen, um eine Definition der Unsicherheit auszuarbeiten,

die gerade dem teilweise nichtstatistischen Charakter dieses Begriffs gerecht wird. Diese vorläufige Definition der Unsicherheit lautet:

„A parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of values that could reasonably be attributed to the measurand“.

K.W.

Hinweise

Seminar on Quality Assurance

September 24 – October 5, 1990

Jointly organized by

Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB
Deutsche Technische Akademie – DTA
Gesellschaft für Qualitätssicherung – GfQs

Sponsor: Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit

Objectives:

The seminar aims at illustrating the various aspects of quality assurance (quality and market, quality and law, quality and standards, fundamental and applicational aspects) to participants from developing countries, enabling them to promote quality in their home countries.

Participants' Qualifications:

Participants should be executives from government administration, manufacturers' associations or quality institutions entrusted with quality matters. Full proficiency in English is indispensable, as English will be the working language.

Application:

Application forms and further details can be obtained from

Dr. W. Witzel
Deutsche Technische Akademie
Postfach 1670
D-3330 Helmstedt
F.R. of Germany

Telex: 175 351 811 DTA
Telefax: 49-5351 12 04 41
Telefon: 49-5351 12040

Costs:

The organizers will cover all the costs of training, board and lodging, international travelling expenses and local transportation for a number of participants. Self-financing would be appreciated.

Workshop on Standards and Standardization

October 22 – November 2, 1990

Jointly organized by

Physikalisch-Technische Bundesanstalt – PTB
and

Prof. Dr. Ing. W. Hesser
Chair of Standardization, Hamburg

Sponsor: Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit

Objectives:

The workshop aims at demonstrating the functions and effects of standards and standardization with reference to quality assurance, testing and metrology for production and marketing and the transfer of knowledge and experience.

Participants' Qualifications:

Participants should be experienced employees or executives from National Standards Bodies or Government Departments entrusted with standardization or standard-related activities. Full proficiency in English is indispensable, as English will be the working language.

Application:

Application forms can be obtained from

Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Referat 8.51
Postfach 3345
D-3300 Braunschweig
F.R. of Germany

Telex: 952 822 ptb d
Telefax: 49-531 592 4006
Telefon: 49-531 592 8510

Costs:

The organizers will cover all the costs of training, board and lodging, international travelling expenses and local transportation for a number of participants. Self-financing would be appreciated.

Regeln für die Durchführung von Vergleichsmessungen von Dosimetern gemäß § 2 Abs. 3 Satz 3 der Eichordnung

Bek. der PTB vom 1. Mai 1990

1 Vorbemerkung

Nach § 2 Absatz 3 Satz 3 und 5 der Eichordnung vom 12. August 1988 (BGBl. I S. 1657) sind von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) oder von einer Institution, die von der zuständigen Behörde im Benehmen mit der PTB anerkannt ist, regelmäßig Vergleichsmessungen für Dosimeter zu veranstalten. Die PTB gibt hiermit die Regeln für die Vergleichsmessungen bekannt, die von ihr veranstaltet werden. Bei der Erarbeitung der Regeln wurden die Empfehlungen des Länderausschusses "Atomkernenergie - Fachausschuß Strahlenschutz -" berücksichtigt. Der Länderausschuß "Gesetzliches Meßwesen" hat den Regeln auf seiner 38. Sitzung am 25. April 1990 zugestimmt.

2 Dosimeter

Diese Regeln gelten für bauartzugelassene Thermolumineszenz-Dosimeter, Photolumineszenz-Dosimeter, Exoelektronen-Dosimeter und Filmdosimeter, die gemäß § 2 Abs. 3 Satz 3 der Eichordnung regelmäßig an Vergleichsmessungen teilzunehmen haben.

3 Zusendung und Bestrahlung der Dosimetersonden

Die PTB erhält von der Dosimetriestelle unaufgefordert

- pro zugelassener Dosimeterbauart eines Filmdosimeters 13 Dosimetersonden zum Ersten jeden Monats und
- pro zugelassener Dosimeterbauart eines Thermolumineszenz-Dosimeters, Photolumineszenz-Dosimeters und Exoelektronen-Dosimeters 13 Dosimetersonden zum 1. Januar, 1. April, 1. Juli und 1. Oktober jeden Jahres.

Je nach der Entscheidung der PTB werden bis zum Eintreffen der nächsten Dosimetersonden Bestrahlungen durchgeführt oder nicht. Erfolgen keine Bestrahlungen, werden die zuvor erhaltenen Dosimetersonden je nach Absprache mit der Dosimetriestelle zurückgeschickt oder vernichtet.

Hält es die PTB für erforderlich, Bestrahlungen durchzuführen, werden pro zugelassener Dosimeterbauart 10 Dosimetersonden bestrahlt, wobei die bei der Bauartzulassung festgelegten Nenngebrauchsbereiche der Einflußgrößen (Photonenenergie, Einfallrichtung, usw.) eingehalten werden. Dann werden alle 13 erhaltenen Dosimetersonden an die für die Dosimetriestelle zuständige Behörde weitergeleitet. Zwei der unbestrahlten Dosimetersonden kann die Dosimetriestelle zur Bestimmung der Transportdosis benutzen. Eine Dosimetersonde dient als Reserve (z.B. bei Ausfällen der Bestrahlungsapparatur). Für jede bestrahlte Dosimetersonde wird, wie im Routinebetrieb der Meßstelle üblich, der Photonenergiebereich bzw. das Radionuklid angegeben.

Mit Zustimmung der PTB können statt der vollständigen Dosimetersonden nur die Detektoren zugeschickt werden. Für Bestrahlungen werden die Detektoren von der PTB zu Dosimetersonden vervollständigt.

4 Auswertung der Dosimetersonden und Mitteilung der Ergebnisse

Die Dosimetriestelle teilt der PTB und der zuständigen Behörde die Betriebszeiten des Dosimeters mit. Innerhalb dieser Betriebszeit bringt ein sachkundiger Eichbediensteter die von der PTB erhaltenen Dosimetersonden bzw. Detektoren so frühzeitig zur Dosimetriestelle, daß sie im Beisein des Eichbediensteten innerhalb eines Tages ausgewertet werden können. Der Eichbedienstete greift nicht in den Auswertevorgang ein. Unmittelbar nach der Auswertung sind die Meßergebnisse der Dosimetriestelle dem Eichbediensteten auszuhändigen, der sie dann umgehend an die PTB weiterleitet, gegebenenfalls mit einer Auflistung der von ihm festgestellten Abweichungen vom Routinebetrieb des Dosimeters, wie er in der Gebrauchsanweisung festgelegt ist. Die PTB teilt der Dosimetriestelle das Ergebnis der Vergleichsmessungen mit, aus dem hervorgeht, ob maximal zulässige Meßabweichungen (Abschnitt 5) überschritten und Abweichungen vom Routinebetrieb festgestellt wurden. Die zuständige Behörde wird von der Dosimetriestelle informiert (§ 2 Abs. 3 Satz 6 der Eichordnung).

5 Maximal zulässige Meßabweichungen

Ist H_D der von der Dosimetriestelle bestimmte Äquivalentdosiswert und H_{PTB} der zugehörige Äquivalentdosiswert der PTB, so muß bei einer Vergleichsmessung in mindestens 90 % der Fälle das Verhältnis H_D/H_{PTB} der Dosiswerte die Bedingung

$$\frac{1}{1,5} \cdot \left[1 - \frac{2 \cdot H_0}{H_0 + H_{PTB}} \right] \leq \frac{H_D}{H_{PTB}} \leq 1,5 \cdot \left[1 + \frac{H_0}{2 \cdot H_0 + H_{PTB}} \right]$$

erfüllen. Darin ist H_0 die untere Grenze des Geltungsbereiches dieser Beziehung. Es ist

$H_0 = 0,2$ mSv für Ganzkörperdosimeter und
 $H_0 = 1,0$ mSv für Teilkörperdosimeter.

6 Häufigkeit der Vergleichsmessungen

Die Vergleichsmessungen werden in der Regel einmal jährlich veranstaltet. Je nach der Meßbeständigkeit der Dosimeter können Vergleichsmessungen aber auch in anderen zeitlichen Abständen veranstaltet werden.

7 Inkrafttreten

Vergleichsmessungen nach diesen Regeln werden ab 1. Juli 1990 durchgeführt.

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
Kunststoffwerk AG Buchs CH-9470 Buchs/Schweiz 5.11-3202.15-88.336 B	D 89 1.1.80 01. Febr. 1989	Kunststoffgliedmaßstab von 1 m oder 2 m Länge, erweitert für eine zusätzliche, in entgegengesetzter Richtung verlaufende, Bezifferung an der Oberkante. Gültig bis 31. Januar 1999. 1. Nachtrag 5.11-3202.15-90.112 vom 20. April 1990

Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser

F. A. Sening Hamburg 1.32-8-5.241-SEN 90.29	D 90 5.241.90 23.02.90	Ovalradzähler mit integriertem Gasmessverhüter
---	--	---

Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser

Congermania Oldenburg i.H. 1.32.3-3266.131-COG 84/71	D 84 6.131.71 23.03.88	Einstrahl-Flügelradzähler ; für Kaltwasser 2. Nachtrag vom 19.02.90 Meßkapsel-System und geändertes Zählwerk
Spanner-Pollux Ludwigshafen 1.51.2-3266.132-SPX 80/01	D 80 6.132.01 11.02.82	Woltmanzähler der Ausführung WP; für Kaltwasser 2. Nachtrag 1.32.3-3266.132-SPX 80/01 vom 08.03.90 Neues Zählwerk mit Impulsgebern

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Spanner-Pollux Ludwigshafen 1.51.2-3266.132-SPX 84/16	D 84 6.132.16 19.09.84	Woltmanzähler der Ausführung WS; für Kaltwasser 2. Nachtrag 1.32.3-3266.132-SPX 84/16 vom 08.03.90 Neues Zählwerk mit Impulsgebern
Spanner-Pollux Ludwigshafen 1.51.2-3266.132-SPX 84/17	D 84 6.132.17 19.09.84	Woltmanzähler der Ausführung WP; für Kaltwasser 2. Nachtrag 1.32.3-3266.132-SPX 84/17 vom 08.03.90 Neues Zählwerk mit Impulsgebern
Congermania Oldenburg i.H. 1.32.3-3266.331-COG 84/51	D 84 6.331.51 23.03.88	Einstrahl-Flügelradzähler ; für Warmwasser 2. Nachtrag vom 19.02.90 Meßkapsel-System und geändertes Zählwerk

Nichtselbsttätige Waagen

Soehnle Murrhardt 1.32-22442/80	D 80 9.332.10 25.07.80	Federwaage , Modell 9024; Genauigkeitsklasse (III) ; Max 20 kg bis 200 kg <i>Zulassungsverlängerung</i> bis 25.07.2000 <i>Bescheid</i> 1.12-4059/90 vom 12.03.90
Soehnle Murrhardt 1.32-22749/80	D 80 9.332.11 15.08.80	Federwaage , Typen 9404, 9405, 9414, 9014, 9510, 9514, 9524 und 9054; Genauigkeitsklasse (III) ; Max 20 kg bis 20000 kg <i>Zulassungsverlängerung</i> bis 15.08.2000 <i>Bescheid</i> 1.12-4057/90 vom 12.03.90
Soehnle Murrhardt 1.12-4058/90	D 80 9.332.12 02.03.90	Laufgewichtswaage mit Tarawägeeinrichtung, Modell 4216, Max 150 kg, Min 5 kg, e = d = 100 g; Genauigkeitsklasse (III) <i>Zulassungsverlängerung</i> bis zum 28.08.2000

Innerstaatliche Bauartzulassungen

Folgende Bauarten von Meßgeräten und Zusatzeinrichtungen sind von der *Physikalisch-Technischen Bundesanstalt* zur innerstaatlichen Eichung zugelassen worden:

Volumenmeßgeräte für Flüssigkeiten in ruhendem Zustand

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Whesoe Systems & Controls Ltd. Darlington / England 1.51.9-3264.412-EMB	4.412 81.01 06.03.90	Füllstandsmeßgerät , <i>Zulassungsübertragung</i> vom Emba Technik GmbH
Armaturenfabrik Ernst Horn Flensburg 1.32.6-4.151-HRN 87.09	4.151 87.09 16.03.90	Kolbenmeßpumpe ohne Einteilung , eingebaut in einem Mopedbetankungsgerät mit der Typenbezeichnung Motomix Super

Volumenmeßgeräte für strömende Flüssigkeiten außer Wasser

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Badger Meter Europa Filderstadt	5.232 89.27	Ringkolbenzähler mit elektrischem Zählwerk (batteriebetrieben) für Schmieröl; Durchflußbereich: 1 l/min bis 15 l/min
1.32.6-5.232-BDF 89.27	31.01.90	

Volumenmeßgeräte für strömendes Wasser

Congermania Oldenburg i. H.	6.131 85.09	Einstrahl-Flügelradzähler ; für Kaltwasser 2. <i>Nachtrag</i> vom 07.02.90 geändertes Zählwerk
1.32.3-3266.131-COG 85/09	18.04.88	
Congermania Oldenburg i. H.	6.331 83.19	Einstrahl-Flügelradzähler ; für Warmwasser 2. <i>Nachtrag</i> vom 07.02.90 geändertes Zählwerk
1.32.3-3266.331-COG 83/19	18.04.88	
Elba-Werk Ettlingen	9.028 85.04	Ferndruckwerk , Typ 1550 1. <i>Nachtrag</i> Nr. 1.32.4-9.028 – EWE 85.04/1 vom 13.03.90 auch zulässig zum Anbau an Meßgeräte zur Ermittlung des Volumens oder der Masse von Flüssigkeiten in ruhendem oder strömendem Zustand
1.33-5119/85	24.04.85	
Elba-Werk Ettlingen	9.028 88.03	Ferndruckwerk , Typ C 310 CR und C 315 CR 1. <i>Nachtrag</i> Nr. 1.32.4-9.028 – EWE 88.03/1 vom 13.03.90 auch zulässig zum Anbau an Meßgeräte zur Ermittlung des Volumens oder der Masse von Flüssigkeiten in ruhendem oder strömendem Zustand
1.13-12 394/88	11.08.88	

Nichtselbsttätige Waagen

Wöhwa Pfedelbach	9.281 85.05	Elektromechanische Präzisionswaage , Genauigkeitsklasse (II), Temperaturbereich +20 °C/+ 30 °C 1. <i>Nachtrag</i> 1.13-6733/90 vom 11.04.90
1.13-12830/85	26.06.85	
Schenck Darmstadt	9.361 86.31	Elektromechanische Waage mit Disomat D; Gleisflachwaage, Blattfederwaage, Regalbediengerät 3. <i>Nachtrag</i> 1.13-5564/90 vom 28.03.90
1.13-22235/86	22.12.86	
Wöhwa Pfedelbach	9.361 88.11	Elektromechanische Waage ; Genauigkeitsklasse (III); Ausführung auch als Kranwaage 3. <i>Nachtrag</i> 1.13-6734/90 vom 11.04.90
1.13-10128/88	26.08.88	
Wöhwa Pfedelbach	9.361 89.15	Elektromechanische Waage ; Genauigkeitsklasse (III); Ausführung auch als Kranwaage 1. <i>Nachtrag</i> 1.13-2105/90 vom 11.04.90
1.13-11436/89	30.06.89	
Schenck Darmstadt	9.361 89.27	Elektromechanische Waage mit Disomat K; Gleisflachwaage, Blattfederwaage, Ex-Barriere 3. <i>Nachtrag</i> 1.13-5565/90 vom 29.03.90
1.13-3754/89	12.09.89	

Zusatzeinrichtungen an Waagen

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Kaiser Küssaberg	9.028	Alphanumerische Ferndruckeinrichtung , Modellreihe KP 1550 PE; Erweiterung: wahlweise ist nunmehr der Einsatz der geprüften Mikroprozessorsysteme KP 8030, KP 8602 E oder KPG 89 als Steuerteil für die Ferndruckeinrichtung zulässig <i>I. Nachtrag</i> 1.13-992/90 vom 14.03.90
	84.06	
1.13-11518/84	08.10.84	
Dorner Egg/Österreich	9.028	Alphanumerische Ferndruckeinrichtung , Modell OKI 320/321; Abdruckprinzip: Nadel-Matrixdruck; Ein- und Ausgabefunktion arbeiten weitgehend funktionsfehlererkennbar; zum Anschluß an Z 9.361/85.07, Z 9.461/83.01 und alle mechanischen und elektromechanischen Grobwaagen, die als ortsgebundene Baustoffwaagen allgemein oder besonders zur innerstaatlichen Eichung zugelassen sind; Temperaturbereich: 0 °C/+ 40 °C
	90.02	
1.13-874/90	16.03.90	
Itoh Düsseldorf	9.028	Alphanumerische Ferndruckeinrichtung ; Modell ITOH C-610; Abdruckprinzip: Nadel-Matrixdruck; Ein- und Ausgabefunktionen arbeiten weitgehend funktionsfehlererkennbar; zum Anschluß an alle eichfähigen Waagen mit geprüfter serieller Schnittstelle „RS 232C“ (A48); Temperaturbereich: 0 °C/+ 40°C
	90.03	
1.13-1478/90	26.03.90	
Vollenda München	9.028	Alphanumerische Ferndruckeinrichtung , Typenreihe FX-800 FDW, FX-850 FDW, FX-1000 FDW und FX-1050 FDW; zulässig zum Anschluß an alle elektromechanischen Waagen mit PTB-geprüften Schnittstellen mit Übertragungsprotokoll „B 28“; Temperaturbereich: 0 °C/+ 40 °C
	90.04	
1.13-4990/90	10.04.90	

Tretkurbelergometer

Siemens Bereich Medizinische Technik Henkestr. 127 8520 Erlangen	15.12	Drehzahlunabhängiges Tretkurbelergometer für die sitzende Belastung mit Ziffern- und Leuchtbandanzeige Typbezeichnung: Ergomed 840
	90.06	
IB 12-20/90	27.2.90	
Siemens Bereich Medizinische Technik Henkestr. 127 8520 Erlangen	15.12	Drehzahlunabhängiges Tretkurbelergometer für die liegende Belastung mit Ziffern- und Leuchtbandanzeige Typbezeichnung: Ergomed 840 L
	90.07	
IB 12-22/90	27.2.90	

Medizinische Elektrothermometer

ELLAB A/S DK-2610 Rødovre	15.14	Austauschbarer Temperaturlaufnehmer für medizinische Elektrothermometer
	89.08	
IB.13-208/89	10.01.1990	
PROTOCOL SYSTEMS, INC. Beaverton, Oregon 97006 USA	15.15	Medizinisches Elektrothermometer im Propaq Vital Signs Monitor
	89.04	
IB.13-124/89	29.09.1989	
Hellige GmbH 7800 Freiburg i. Breisgau	15.15	Medizinisches Elektrothermometer „TEMP“ im Patientenmonitor „SMU“
	89.06	
IB.13-10/90	14.02.1990	
Mennen Medical Ltd. Rehovot 76 100, Israel	15.15	Medizinisches Elektrothermometer im Patientenmonitor „HORIZON 2000“ Model 260
	89.07	
IB.13-167/89	15.03.1990	

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Hoyer Medizintechnik Handelsgesellschaft mbH 2800 Bremen 1	15.15 89.09	Medizinisches Elektrothermometer im Hypo-/Hyperthermiegerät „Blanketrol II“
IB.13-209/89	10.01.1990	
S & W Medico Technik A/S DK-2620 Albertslund	15.16 89.01	Medizinisches Elektrothermometer-Temperaturmodul 9230 mit Temperaturlaufnehmer 401, 402, 423 und 409A für Patienten-Monitoringsystem „Athena“
IB.13-111/89	05.10.1989	
ELLAB A/S DK-2610 Rødovre	15.16 89.01	Austauschbarer Temperaturlaufnehmer für medizinische Elektrothermometer
IB.13-197/89	10.01.1990	
Citizen Watch Company Tokio 188, Japan	15.16 89.02	Medizinisches Elektrothermometer CT-212 L-W <i>1. Nachtrag</i> vom 09.01.1990
Vertreiber: Roland Arzneimittel GmbH 2000 Hamburg 73		
IB.13-104/89	29.06.1989	
Citizen Watch Company Tokio 188, Japan	15.16 89.02	Medizinisches Elektrothermometer CT-212 L-W <i>2. Nachtrag</i> vom 08.03.1990
Vertreiber: Roland Arzneimittel GmbH 2000 Hamburg 73		
IB.13-104/89	29.06.1989	
Integrated Display Technology LTD. Hongkong	15.20 87.05	Medizinisches Elektrothermometer BT-238 G, BT-338 G <i>9. Nachtrag</i> vom 21.08.1989
vertreten durch: Jack W. Heuer, CH-3005 Bern		
IB.13-72/87	02.09.1987	
Integrated Display Technology LTD. Hongkong	15.20 87.05	Medizinisches Elektrothermometer BT-338 G <i>10. Nachtrag</i> vom 11.10.1989
vertreten durch: Jack W. Heuer, CH-3005 Bern		
IB.13-72/87	02.09.1987	
Integrated Display Technology LTD. Hongkong	15.20 87.05	Medizinisches Elektrothermometer BT-238 G, BT-338 G <i>Neufassung der Zulassung</i>
vertreten durch: Jack W. Heuer, CH-3005 Bern		
IB.13-147/89	03.01.1990	
Hestia Pharma GmbH 6800 Mannheim 31	15.20 88.07	Medizinisches Elektrothermometer MC-63 B <i>3. Nachtrag</i> vom 13.07.1989
IB.13-7/89	20.01.1989	
Omron Europe GmbH 2000 Hamburg 1	15.20 88.07	Medizinisches Elektrothermometer MC-3, MC-3B, MC-D3, MC-D3B, MC-63B, MC-63 <i>Neufassung der Zulassung</i>
IB.13-204/89	20.12.1989	
Hewlett-Packard GmbH 7030 Böblingen	15.22 83.05	Medizinisches Elektrothermometer im Patient Monitor 78353A Opt. N12 <i>3. Nachtrag</i> vom 15.01.1990
IB.13-20/84	07.03.1984	

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Kontron Instruments Ltd. Watford, Herts. WD1 8XQ England	15.22 85.05	Medizinisches Elektrothermometer im Multiparameter Monitor Supermon 7210, Temperatureinschübe 7273 und 7280 2. <i>Nachtrag</i> vom 11.10.1989
IB.13-40/85	31.10.1985	
BRUKER MEDIZINTECHNIK GMBH 7512 Rheinstetten 4	15.22 86.22	Medizinisches Elektrothermometer im Multiparametermonitor, Physiogard SM 785 2. <i>Nachtrag</i> vom 20.03.1990
IB.13-140/86	23.10.1986	
Drägerwerk AG 2400 Lübeck 1	15.22 86.23	Medizinisches Elektrothermometer in der Strahlungsheizung für „Babytherm 4200“ oder „Reanimationseinheit PP 800“, Bezeichnung: Strahlungsheizung 1. <i>Nachtrag</i> vom 04.12.1989
IB.13-149/86	18.02.1987	

Meßgeräte für Elektrizität

MGC MOSER-GLASER 6 CO. AG MuttENZ/Schweiz 2.31-3241	20.24 89.91	Kombinierte Strom- und Spannungswandler der Form AXWF/VXFE 123 <i>Neuzulassung</i> SF6-Isolierte Kombination mit Verbundisolator zur Verwendung im Freien
Kommanditgesellschaft RITZ MESSWANDLER GmbH & Co. in Hamburg 2.31-3242	20.21 80.16	Stromwandler der Form EGTD5 10, EGTD5 20, EGTD5 30, EGTD50 10, EGTD50 20, EGTD50 30 Ergänzung im Umfang der Zulassung auf Stromwandler der Nennfrequenz 16 2/3 Hz
MWB Messwandlerbau AG in Bamberg 2.31-3243	321 388	Spannungswandler der Form SREL 10 Ergänzung im Umfang der Zulassung
Deutsche Zähler-Gesellschaft Hamburg 2.33-3253	20.15 90.07	Mehrphasen-Dreileiterzähler für Wirkverbrauch MDDS211., MDDS212., alle in verschiedenen Ausführungen, <i>Neuzulassung</i>
	20.15 90.08	Mehrphasen-Dreileiterzähler in natürlicher Schaltung für Blindverbrauch MB1DDS211., MB1DDS212., MB2DDS211., MB2DDS212., alle in verschiedenen Ausführungen, <i>Neuzulassung</i>
	20.15 90.09	Mehrphasen-Dreileiterzähler für Wirkverbrauch und in natürlicher Schaltung für Blindverbrauch MDDS211.1B1, MDDS211.1B2, MDDS212.1B1, MDDS212.1B2, <i>Neuzulassung</i>
	17.04.90	
	17.04.90	

Wärmezähler

Siemens AG 8500 Nürnberg 1 IB.11-182/86	22.12 86.04	Statischer Wärmezähler 2 WR 3... 2. <i>Nachtrag</i> vom 12.07.1989
ISTA GmbH 6800 Mannheim 1 IB.11-5/88	22.12 88.01	Vollständiger Wärmezähler WMI...E... 2. <i>Nachtrag</i> vom 26.04.1989
	19.04.1988	

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
Kieninger & Obergfell GmbH & Co. 7742 St. Georgen	22.12 89.01	Kundo Flügelrad-Wärmezähler Typ GO1 <i>1. Nachtrag vom 18.12.1989</i>
IB.11-3/89	07.02.1989	
Aquametro Meßtechnik GmbH 7850 Lörrach	22.12 90.02	Wärmezähler Amtron
IB.11-8/90	07.03.1990	
ICM A.B. S-18107 Lidingö	22.15 81.04	Elektronisches Wärmezähler-Rechenwerk RV81 bzw. RV82 <i>7. Nachtrag vom 26.04.1989</i>
IB.11-1321/81	05.10.1981	
Hydrometer GmbH 8800 Ansbach	22.16 80.07	Volumenmeßteil für Wärmezähler M-TR ... X <i>Neufassung der Zulassung</i>
IB.11-30/89	14.03.1989	
Hydrometer GmbH 8800 Ansbach	22.16 81.14	Volumenmeßteil für Wärmezähler E-TR ... X <i>2. Nachtrag vom 16.02.1989</i>
IB.11-757/81	31.03.1981	
Spanner-Pollux GmbH 6700 Ludwigshafen	22.16 81.20	Volumenmeßteil für Wärmezähler WS-QN ... PE 130 <i>2. Nachtrag vom 06.03.1989</i>
IB.11-16/84	24.02.1984	
Hydrometer GmbH 8800 Ansbach	22.16 82.01	Volumenmeßteil für Wärmezähler E-TX <i>1. Nachtrag vom 16.02.1989</i>
IB.11-129/86	02.10.1986	
Spanner-Pollux GmbH 6700 Ludwigshafen	22.16 82.04	Volumenmeßteil für Wärmezähler WP-QN ... QE 130 <i>3. Nachtrag vom 06.03.1989</i>
IB.11-15/84	24.02.1984	
Hydrometer GmbH 8800 Ansbach	22.16 82.10	Volumenmeßteil für Wärmezähler M-TFR ... X und M-TSR ... X <i>Neufassung der Zulassung</i>
IB.11-31/89	14.03.1989	
Danfoss A/S DK-6430 Nordborg	22.16 89.01	Durchflußmeßteil Sonoflo, Serie SONO 2000
IB.11-58/89	06.07.1989	
Rosemount GmbH u. Co. 8031 Weßling/Obb.	22.16 89.02	Differenzdruckmeßumformer als Teilgerät von Wärmezählern, Typ 1151 DP ...
IB.11-114/89	06.03.1990	
Aquametro AG CH-4013 Basel	22.30 82.06	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmezähler (Teilgerät), Bezeichnung: GF 7124, Pt 100 <i>1. Nachtrag vom 22.02.1989</i>
IB.13-205/82	08.02.1982	
M.K. Juchheim GmbH & Co. 6400 Fulda	22.30 84.06	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmezähler Bezeichnung: Pt 100 Nr. 90.294-F50-4AB, <i>2. Nachtrag vom 04.06.1989</i>
IB.13-138/84	23.11.1984	

Zulassungsinhaber PTB-Zul.-Schein	Zul.-Zeichen Datum	Bauart, meßtechnische Merkmale und Bemerkungen
M.K. Juchheim GmbH & Co. 6400 Fulda	22.30	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmehzähler Bezeichnung: Pt 500 Nr. 90.294-F51-4AB, 2. Nachtrag vom 07.04.1989
	84.07	
IB.13-139/84	23.11.1984	
M.K. Juchheim GmbH & Co. 6400 Fulda	22.30	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmehzähler Bezeichnung: Pt 1000 Nr. 90.294-F52-4AB, 2. Nachtrag vom 04.06.1989
	84.08	
IB.13-140/84	23.11.1984	
M.K. Juchheim GmbH & Co. 6400 Fulda	22.30	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmehzähler (Teilgerät) Nr. 90.276-F40-Pt 100
	89.07	
IB.13-194/89	29.11.1989	
M.K. Juchheim GmbH & Co. 6400 Fulda	22.30	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmehzähler (Teilgerät) Nr. 90.276-F40-Pt 500
	89.08	
IB.13-195/89	29.11.1989	
M.K. Juchheim GmbH & Co. 6400 Fulda	22.30	Austauschbarer Temperaturfühler für Wärmehzähler (Teilgerät) Nr. 90.276-F40-Pt 1000
	89.09	
IB.13-196/89	29.11.1989	

Herstellerzeichen für Schankgefäße

– Fortsetzung von PTB-Mitteilungen 99 (1989), Nr. 6, S. 469 –

Auf Grund des § 45 der Eichordnung vom 12. April 1988 (BGBl. I, S. 1657) hat die Physikalisch-Technische Bundesanstalt folgenden Firmen das jeweils abgebildete Herstellerzeichen für Schankgefäße anerkannt.

Peter Jahn KG
Seiferwiese 33
5410 Höhr-Grenzhausen
Registriernummer: 236
PTB-Schreiben V4-2 vom 20.03.1990



Das Herstellerzeichen unter der Registrier-Nummer 070
(PTB-Mitteilungen 83 (1973, Nr. 3, S. 182) erlischt.

Handelsagentur Schulz
Moltkestraße 19
6730 Neustadt/Weinstraße
Registriernummer: 237
PTB-Schreiben V4-2 vom 27.04.1990

Schu

Das der Firma -Fast-Food Freitag GmbH, Waldbottenstraße 13, 5400 Koblenz, mit Schreiben vom 01.04.1987 unter der Registrier-Nr. 131 übertragene Herstellerzeichen für Schankgefäße „DIXIE“ (PTB-Mitteilungen 97 (1987), Nr. 3, S. 219) wird mit Wirkung vom 26.04.1990 übertragen auf die Firma

Dixie Benders Limited
River Park House
225 High Road
Wood Green London N22 4HJ
Großbritannien



Die Registrier-Nummer 131 bleibt bestehen.

Bauartprüfung von Hörgeräten

Aufgrund der Bedingungen für die Bauartprüfung von Hörgeräten durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) vom November 1986 (PTB-Mitteilungen 96 (1986), Nr. 4, S. 259) sind für folgende Bauarten von Hörgeräten Bauartnummern erteilt worden:

Antragsteller	Bauartnummer Datum	Typbezeichnung	Bemerkungen
Starkey Laboratories GmbH, Hamburg	689 25.04.1990	SM-PPT	HdO
Robert Bosch GmbH, Berlin	692 19.04.1990	Star 33 PP-W	HdO
Robert Bosch GmbH, Berlin	699 23.04.1990	Star 22 PP-AI	HdO
Robert Bosch GmbH, Berlin	714 30.04.1990	TopStar M W	IO
Philips GmbH, Hamburg	716 08.05.1990	M 49-H	HdO
Philips GmbH, Hamburg	717 08.05.1990	M 35 S / M 36 S	IO
Oticon GmbH, Hamburg	719 17.05.1990	E 37 F	HdO; Bauartnummer gilt auch für die CROS-Ausführung
Oticon GmbH, Hamburg	720 17.05.1990	E 42 P	HdO; Bauartnummer gilt auch für die CROS-Ausführung
Oticon GmbH, Hamburg	721 17.05.1990	E 35 F	HdO; Bauartnummer gilt auch für die CROS-Ausführung
micro-technic GmbH, Stuttgart	722 21.05.1990	Escort ES 8	HdO; Bauartnummer gilt auch für die Ausführung ES 8 S und für die CROS-Ausführungen

Hb = Hörbrille
HdO = Hinter-dem-Ohr-Gerät
IO = Im-Ohr-Gerät
Tg = Taschengerät

Für folgende Bauarten von Hörgeräten ist eine Bauartprüfung beantragt und ein Bearbeitungszeichen erteilt worden: (Stand: 23.05.1990)

Antragsteller	Typbezeichnung	Bemerkung	Antragsteller	Typbezeichnung	Bemerkung
Audio-Service	Audetta T 244	IO	Bosch	Star 33 PP-ANC	HdO
Audio-Service	Audina mini T24P	IO	Bosch	Star 33 PP-DRC	HdO
Audio-Service	Audina mini T34P	IO	Bosch	Star 42 PP-AI	HdO
Audio-Service	Karat 92 S	HdO	Bosch	Star 42 PP-SL	HdO
Audio-Service	Karat 150 PP	HdO	Bosch	Star 42 PP-SP	HdO
Audio-Service	Karat 152 AGC	HdO	Bosch	Star 66 F-SP	HdO
Audio-Service	Karat 152 D	HdO	Bosch	TopStar M H	IO
Audio-Service	Karat 240 HF	HdO			
Audio-Service	Karat 240 PPI	HdO	Danavox	115 PP	HdO
Audio-Service	Karat 240 PPL	HdO	Danavox	115 V AGC O	HdO
Audio-Service	Karat 240 PPS	HdO	Danavox	115 V AGC O W	HdO
			Danavox	133 AGCI	HdO
Bosch	AudioStar 10 PC-W	IO	Danavox	133 PC	HdO
Bosch	EuroStar Super	HdO	Danavox	133 PP	HdO
Bosch	EuroStar VFC	HdO	Danavox	133 PP AGC I	HdO
Bosch	Star 22 PP-ES	HdO	Danavox	133 PP AGC O	HdO

Antragsteller	Typbezeichnung	Bemerkung	Antragsteller	Typbezeichnung	Bemerkung
Hansaton	DIAMANT PP-AGC-i-D	HdO	Rexton	Piccolo PP-ASP	HdO
Hansaton	DIAMANT PP-ASP	HdO	Rexton	Piccolo PP-I-GC	HdO
Hansaton	JADE C-WR	HdO	Rexton	Piccolo PP-I-HC	HdO
Hansaton	SAPHIR PP-PC	HdO	Rexton	Piccolo PP-O-GC	HdO
			Rexton	Piccolo PP-O-HC	HdO
			Rexton	Piccolo PPM-HC	HdO
Interton	SUPRA 51	HdO	Siemens	Cosmea Modul CM 112	IO
Interton	SUPRA 52	HdO	Siemens	Cosmea Modul CM 121 ASP	IO
Interton	SUPRA 56	HdO	Siemens	Cosmea Modul CM 122 Telos	IO
Interton	SUPRA 57	HdO	Siemens	Cosmea Modul CM 421	IO
Interton	SUPRA 58	HdO	Siemens	Cosmea Modul CM 422	IO
Interton	SUPREMA 48	HdO	Siemens	Cosmea Modul CM 422 Telos	IO
			Siemens	Cosmea Modul CM 423	IO
Linke	Linke 23 AGC	HdO	Siemens	Cosmea Modul Small MS 121	IO
Linke	Linke 23 H	HdO	Siemens	Cosmea Modul Small MS 122	IO
Linke	Linke 23 PP	HdO	Siemens	Cosmea Modul Small MS 421	IO
			Siemens	Cosmea Modul Small MS 422	IO
Mediphon	MEDIPHON M132	HdO	Siemens	E 050	HdO
micro-technic	bernafon P 4	HdO	Siemens	E 054 P	HdO
micro-technic	micro-Fonett MF 10	IO	Siemens	E 058 W	HdO
micro-technic	QUATTRO Q 8	HdO	Siemens	EOS 304 D-PP-AGC-I	HdO
			Siemens	EOS 306 PP-AGC-I-H	HdO
omikron	340 CROS - Push Pull	HdO	Siemens	MINOS 402 A	HdO
			Siemens	MINOS 404 P	HdO
Oticon	E 20	HdO	Siemens	MINOS 408 W-H	HdO
Oticon	E 32 S	HdO			
Oticon	E 32 U	HdO	Starkey	H 20 INSERTINA	IO
Oticon	E 34 P mit Mikrofon M 34	HdO	Starkey	H 21 INSERTINA SR	IO
Oticon	E 43	HdO	Starkey	Insertina AGC	IO
Oticon	I 22	IO	Starkey	Insertina II AGC	IO
Oticon	I 52	IO	Starkey	Insertina PP	IO
			Starkey	SH 141	HdO
Philips	AD 444 VW	HdO	Starkey	SH 142	HdO
Philips	AD 444 VW H	HdO	Starkey	SH 143	HdO
Philips	AD 446 V	HdO	Starkey	SH 144	HdO
Philips	AD 446 VH	HdO	Starkey	SH 145	HdO
Philips	AD 448 VW	HdO	Starkey	SH 146	HdO
Philips	M 47 AF	HdO	Starkey	SH 147	HdO
Philips	M 47 D	HdO	Starkey	SH 148 ATC	HdO
Philips	P 31 R / P 31 L	IO	Starkey	SM II PP-PC	HdO
Philips	P 44	HdO			
Philips	P 47 AF	HdO	Unitron	UE 3-AGC N	HdO
			Unitron	UE 4-H	HdO
Phonak	AUDINET C	HdO	Unitron	UE 5-PC	HdO
Phonak	AUDINET C-H	HdO	Unitron	UE 8	HdO
Phonak	AUDINET PP-C-P	HdO	Unitron	UM 20-AGCo	HdO
Phonak	IONET T	IO	Unitron	UM 20-H	HdO
Phonak	PICO C-S-H-T	HdO	Unitron	UM 20-PP	HdO
Phonak	PICO FORTE PP-SC	HdO	Unitron	VISTA 1000, Breitband	IO
Phonak	PICO SC	HdO	Unitron	VISTA 1000, Hochton	IO
Phonak	PICO SC-D	HdO	Unitron	VISTA 1000, Superhochton	IO
Phonak	PICO SC-H	HdO	Unitron	VISTA 1000, Tiefton	IO
Phonak	SUPER-FRONT PP-C-4	HdO			
Phonak	SUPER-FRONT PP-C-L-4	HdO	Viennatone	123	HdO
			Viennatone	125	HdO
Rexton	Astro PP-O/PC	HdO	Viennatone	135	HdO
Rexton	Astro PP-PC	HdO	Viennatone	431	IO
Rexton	Duett O-H-M	HdO	Viennatone	515 mit Hörer ME 22-11	Tg
Rexton	Duett AGC	HdO	Viennatone	4043 III	HdO
Rexton	Duett AGC-D	HdO	Viennatone	4053 II	HdO
Rexton	Duett AGC-H	HdO	Viennatone	4076 II	HdO
Rexton	Duett PP	HdO	Viennatone	Eureka ART-PC II	HdO
Rexton	Inter Mini CE	IO			

Prüfung explosionsgeschützter elektrischer Betriebsmittel

Für die folgenden elektrischen Betriebsmittel, Bauelemente sowie Tränklacke und Tränkhärzmassen sind aufgrund der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElExV) vom 27. Februar 1980 (BGBl. I, S. 214) Baumusterprüfbescheinigungen ausgestellt worden.

Diese elektrischen Betriebsmittel dürfen in explosionsgefährdeten Räumen gemäß ElExV unter den dort genannten Bedingungen in Betrieb genommen werden, wenn vom Hersteller die von der PTB bestimmte Kennzeichnung angebracht ist, durch die er bestätigt, daß

- sie mit dem Typ übereinstimmen, für den eine Baumusterprüfbescheinigung vorliegt,
- sie im Herstellerwerk einer erfolgreichen Stückprüfung unterzogen worden sind,
- er die Verpflichtungen erfüllt hat, die ihm gegenüber der Prüfstelle obliegen.

Diese Bekanntmachung enthält auch entsprechende Baumusterprüfbescheinigungen der Bergbau-Versuchsstrecke (BVS), Dortmund-Derne.

AUSFÜHRUNG NACH EN 50 014 BIS 50 020

PTB Nr. Ex -	Glosses 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
I. Elektrische Maschinen			
ABB Elektromotoren GmbH, D-6600 Saarbrücken 3			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3317	EGU 315 S 8/4 AD	15/68 kW	EEx e II T3
ABB Drives AG, CH-5300 Turgi			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3324	eQRx 500 fb 2	390 kW	EEx eib IIC T3 EEx e II T3
90.C.3325	eQRx 500 fb 2	370 kW	EEx eib IIC T3 EEx e II T3
90.C.3326	eQRx 500 fb 2	350 kW	EEx eib IIC T3 EEx e II T3
AEG Lloyd Dynamowerke GmbH, D-2800 Bremen 1			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3006 U	eAM 315... Ex bis eAM 560... Ex		EEx e II
90.C.3270	AR 630 P6B10 KB EEX e II	440 kW	EEx eib IIC T4 EEx e II T4
90.C.3271	AR 630 P6B10 KB EEX e II	390 kW	EEx eib IIC T4 EEx e II T4
90.C.3272	AR 630 P6B10 KB EEX e II	350 kW	EEx eib IIC T4 EEx e II T4
90.C.3320	eAM 315 MU 4 Ex	145 kW	EEx e II T3
90.C.3321	eAM 315 MU 4 Ex	130 kW	EEx e II T3
AEG Fábrica de Motores, S.A., E-08226 Terrassa (Barcelona)			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3240	eAM 132 SO 2 Ex	6,5 kW	EEx e II T2
90.C.3241	eAM 132 SO 2 Ex	5,5 kW	EEx e II T3
90.C.3242	eAM 225 MV 2 Ex Q8	28 kW	EEx e II T3
90.C.3243	eAM 225 MV 6 Ex	27 kW	EEx e II T3
90.C.3244	eAM 280 SV 2 Ex Q8	47 kW	EEx e II T3
90.C.3295	eAM 225 MV 2 Ex	38 kW	EEx e II T2
Dietz-motoren GmbH & Co. KG, D-7319 Dettingen-Teck			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3245	DR 100 La/4 q	2,0 kW	EEx e II T3
Felten & Guillaume Antriebstechnik GmbH, D-2890 Nordenham 1			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3252	dBD.. 355.....		EEx de IIB T4
90.C.3253	dCD.. 90.....		EEx de IIC T4 EEx d IIC T4
90.C.3311	dCD 180 L-8	11 kW	EEx de IIC T5 EEx d IIC T5
38.1 Gleichstrommotoren			
90.C.3254	dBG 112M-2.1	2,6 kW	EEx de IIB T4 EEx d IIB T4
Garbe, Lahmeyer & Co. AG, D-5100 Aachen			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3273	eRAV 710/58-4h...	1000 kW	EEx e II T2

PTB Nr. Ex -	Glosses 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
Groschopp & Co. GmbH Elektro-Motoren-Feinbauwerk, D-4060 Viersen 1			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3304	DME 90-60		EEx de IIC 14
HEW, Bokelmann & Kuhlo GmbH & Co., D-4900 Herford			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3261	EEx 90 L/4	1,5 kW	EEx e II T3 EEx ed IIB T3
90.C.3262	EEx 71 L/4	0,37 kW	EEx e II T3 EEx ed IIB T3
KSB Aktiengesellschaft, D-8570 Pegnitz			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.1011 U	DKN 315.....		EEx de IIB
90.C.1017 U	DKN 90.....		EEx d IIB
37.9 Antriebsmotoren für Pumpen			
90.C.3256 X	DKN 225.4-45	58,5 kW	EEx d IIB T3
90.C.3257 X	DKN 132.2-3	4,6 kW	EEx d IIB T4
90.C.3258 X	DKN 132.2-3	6,4 kW	EEx d IIB T3
90.C.3259 X	DKN 132.4-3	5,1 kW	EEx d IIB T3
90.C.3260 X	DKN 132.4-3	3,8 kW	EEx d IIB T4
Loher Aktiengesellschaft, D-8399 Ruhstorf/Rott			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.1014 U	D...-710.....		EEx de IIB
90.C.3263	E.CV-080BH-04	0,55 kW	EEx e II T3
Schorch GmbH, D-4050 Mönchengladbach 2			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.1007 U	K.683.-D...		EEx d IIA EEx de IIA
90.C.3220	K.6830G-D... bis K.6836G-D...		EEx de IIA T4 EEx d IIA T4
90.C.3255	KR 5431...-EA04	400 kW	EEx e II T3
90.C.3264	KE9 090S-D...	0,37 kW	EEx e II T4
Sichelschmidt GmbH, D-5802 Wetter/Ruhr 2			
38.9 Gleichstrommotoren			
90.C.1019 U	Ex.-d GM132-440		EEx de IIB
90.C.1020 U	Ex.-d GM155-520		EEx de IIB
Siemens AG Elektromotorenwerk, D-8740 Bad Neustadt			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3246	1MA3 080-4	0,62 kW	EEx e II T3
90.C.3247	1MA3 070-2	0,36 kW	EEx e II T3
Siemens AG Nürnberger Maschinen- und Apparatewerk, D-8500 Nürnberg			
37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren			
90.C.3015 U	1GM5 182 bis 1HT5 406		EEx e II
90.C.3232	1MA1 404	220 kW	EEx e II T3
90.C.3233	1MA1 354	175 kW	EEx e II T3
90.C.3249	1MA6 357	140 kW	EEx e II T3
90.C.3250	1MA6 357	132 kW	EEx e II T3
90.C.3296	1MA6 357	140 kW	EEx e II T3
90.C.3297	1MA6 357	132 kW	EEx e II T3

PTB Nr. Ex -	Glosses 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
VEB Elektromaschinenbau Dresden, DDR-8017 Dresden			
90.C.3266	37.1 Drehstrom-Asynchronmotoren DKRNJ 4018-4 WK	280 kW	EEx e II T2
Dipl.-Ing. Wilhelm Winkelmann GmbH & Co., D-3110 Uelzen 1			
90.C.3238	38.1 Gleichstrommotoren d-GN.Z 1716/2 bzw. d-GNReg.Z 1716/2/2	5,8 kW	EEx de IIC T4 EEx d IIC T4
90.C.3265	d-GN.Z 1310/2 bzw. d-GNReg.Z 1310/2/2	1,8 kW	EEx de IIC T4 EEx d IIC T4
III. Schalt- und Steuergeräte			
INTERTEC-HESS GmbH, D-8070 Ingolstadt			
90.C.1010	33.0 Raumthermostat KR .. Ex EN	max. 250 V max. 10 A	EEx d IIC T6
LEWA Herbert Ott GmbH + Co., D-7250 Leonberg			
84/1182	48.0 Elektrische Hubverstellung EHV-K		EEx de IIC T6
2. Nachtrag			
Smith Meter Inc., Erie, Pennsylvania 16514 / USA			
89.C.1078	20.0 Elektronisches Kontrollgerät ACCULOAD II, MINILOAD II, max. 250 V ACCULACT II oder max. 165 W AACUBLEND II		EEx d IIB T6
TEST FUCHS Ing. Fritz Fuchs Ges.m.b.H., A-3812 Groß-Siegharts			
89.C.1079 X	99.0 Prüfstand KKP 500 AM		EEx p II T6
IX. Leuchten			
ABB CEAG Licht- und Stromversorgungstechnik GmbH, D-4630 Bochum			
90.C.2016 U	27.2 Vorschaltgerät KVG.../..	max. 220 V	EEx edq IIC
90.C.2020	24.1 Leuchte mit Leuchtstofflampe eRLK 89 020	max. 220 V	EEx edq IIC T4
Maehler & Kaege AG, D-6507 Ingelheim 1			
90.C.2014 U	27.1 Lampenfassung Fa 6 2761 C - U259	max. 660 V 1 A	EEx ed IIC
90.C.2015 U	27.2 Vorschaltgerät 5100 C - U.	max. 220 V	EEx edq IIC
90.C.2019	24.1 Leuchte mit Leuchtstofflampe 5100-C	max. 220 V	EEx edq IIC T4
90.C.2021	5140		EEx ed IIC T4
Adolf Schuch KG, D-6520 Worms			
85/2144	24.3 Sicherheitsleuchten e 1552.		EEx edq IIC T4
2. Nachtrag			
X. Leuchten mit eigener Stromquelle			
ABB CEAG Licht- und Stromversorgungstechnik GmbH, D-4630 Bochum 1			
88.B.2032	25.1 Taschenleuchte HE 5 EN		EEx ia e IIC T6
2. Nachtrag			

PTB Nr. Ex -	Glosses 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
XIII. Fernmeldegeräte			
ABB-CEAG, D-6930 Eberbach			
90.C.2037	14.0 Schaltverstärker auf Europakarte GHG 1222...R....	U = 10,5 V I = 21 mA P = 55 mW La max. 300 mH Ca max. 419 nF	[EEx ia] IIC [EEx ia] IIB [EEx ib] IIC [EEx ib] IIB
Altometer, NL-3364 Sliedrecht			
90.C.2028 X	28.0 Meßumformer SC 80.../F/D-E/Ex	U = 20 V I = 71 mA P = 0,16 W La = 7 mH Ca = 200 nF	EEx de [ib] IIC T6
Camille Bauer AG, CH-5610 Wohlen			
81/2129	14.0 Temperatur-Messumformer SINEAX 55-V920-12		[EEx ib] IIC
81/2130 X	1. Nachtrag bzw. 55-V920-42 EURAX 55-V920-72		[EEx ib] IIC
1. Nachtrag			
84/2056 X	18.0 Winkeltransmitter Kinax 4WO-1, 4W2-12 und 4W2-13		EEx ib IIC T6/T5
Bayer Diagnostic GmbH Comput Monitors, D-8000 München 90			
BVS Nr.	35.0 Comput Datalogger 5302 001/5913 006		EEx ib IIC T6
90.C.2010			
BVS Nr.	16.0 Statox Ex Ex-Meßkopf 5350 063		EEx ib IIC T5/T6
90.C.2011 X			
Bizerba-Werke, D-7460 Balingen			
88.B.2040 X	31.0 Wäganlage MCE-... Ex		EEx ep ib IIC T6 EEx ep ib IIB T4
1. Nachtrag			
89.C.2173 X	8.0 Wägezellen BB500...Ex und BB1250...Ex	U max. 54 V I max. 54 mA P max. 6,3 W	EEx ib IIC T3...T6
89.C.2174	13.0 Datentrennstufe DE 100 G		[EEx ib] IIC
89.C.2175 X	DE230..., DE231... und DE139....	U ≤ 7,3 V I ≤ 58 mA P ≤ 212 mW La 0,5 mH Ca 1050 nF	[EEx ib] IIC
89.C.2176	13.0 Steuertrennstufe SE...Q	U ≤ 17 V I ≤ 7,2 mA P ≤ 31 mW La 540 mH Ca 390 nF	EEx eq [ib] IIC T6
89.C.2177	SE...	U ≤ 17 V I ≤ 7,2 mA P ≤ 31 mW La 540 mH Ca 390 nF	[EEx ib] IIC
89.C.2178 X	31.0 Wägesystem MCE-... Ex A		EEx q [ib] IIC T6
Bopp & Reuther AG, D-6800 Mannheim 31			
90.C.2030 X	14.0 Modul TEA-...	U = 11,8 V I = 17,7 mA P = 53 mW La max. 25 mH Ca max. 340 nF	[EEx ia] IIC

PTB Nr. Ex -	Glossar 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
BTG Anlagentechnik GmbH, D-4630 Bochum 1			
90.C.1013	34.0 Lichtleiter-Interface LLI 2	U = 6 V P = 5 W	EEx de IIC T6/T5
Prüftechnik Dieter Busch + Partner GmbH & Co., D-8045 Ismaning			
90.C.2008 X	13.0 PERMALIGN-Monitor Ali 3.201 Ex		EEx ib IIC T4
90.C.2009 X	13.0 Monitormodul Ali 3.060 Ex	220 V	[EEx ib] IIC
Ceotronics GmbH, D-6074 Rödermark 1			
86/2013 4. Nachtrag	11.0 Hör-Sprechgarnitur PTT-EXI		EEx ib IIB T4
86/2030 4. Nachtrag	11,0 VOX-Headset VOX-EXI und UNI-VOX-EXI		EEx ib IIB T4
88.B.2008 1. Nachtrag	11.0 Hör-Sprechsystem CT 375-SYS.X		EEx ib IIB T4
88.B.2024 2. Nachtrag	PTT-SYS.X		EEx ib IIC T4 EEx ib IIB T4
Udo Dahlhaus Elektronik, D-5600 Wuppertal 12			
90.C.2031 U	14.0 Relaiskarte 81/1-z	U = 60 V P = 670 mW	[EEx ia] IIC
digi table thielen gmbh & co kg, D-4300 Essen - 1			
90.C.2004 X	8.0/14.0 Meßumformer pcc 326 - 1*41***		EEx ib IIC T4
Eckardt AG, D-7000 Stuttgart			
85.B.2104 X 1. Nachtrag	14.0 Gleichstromtrenner ohne Hilfsenergie BSA 579 bzw. BSB 579		[EEx ia] IIC [EEx ib] IIC oder IIB
90.C.2034 X	18.0 Elektrischer Meßwertaufnehmer BIA 570		EEx ia IIC T6
90.C.2035 X	BIA 571		EEx ia IIC T6
90.C.2036 X	14.0 Gleichstromtrenner ohne Hilfsenergie BSB 580 S und BSB 580 N	U max. 14,7 V I max. 38 mA P max. 560 mW La max. 5 mH Ca max. 1790 nF	[EEx ib] IIC [EEx ib] IIB
E.L.B.-Ex-Geräte Bachmann GmbH & Co, D-6140 Bensheim			
89.C.2018 X 1. Nachtrag	41.0 Stromversorgungsbaustein F-202		[EEx ib] IIC
ELSTER Produktion GmbH, D-6503 Mainz-Kastel			
89.C.2024 X 1. Nachtrag	13.0 Datenspeicher LIS-DS. 41.-xx (xx ≥ 10)		[EEx ib] IIC
90.C.2026 X	13.0 Registriergerät LIS-DSV-471-XX (XX ≥ 12)	U = 28,8 V I = 29,7 mA La = 40 mH Ca = 68 µF	[EEx ib] IIC
Endress + Hauser Italia S.p.A, I-20063 Cernusco			
90.C.2010 X	14.0 Meßumformer TMT 2036 Z und TMT 2037 Z	U = 30 V I = 22 mA P = 140 mW La = 20 mH Ca = 37 nF	EEx ia IIC T4 EEx ia IIC T5 EEx ia IIC T6

PTB Nr. Ex -	Glossar 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
Enraf-Nonius GmbH, D-5650 Solingen			
85/2103 X 2. Nachtrag	30.0 Meßsonde STIC		EEx ia IIB T4
Fernsprech- u. Signalbau GmbH & Co. KG Schüller & Vershoven, D-4300 Essen 15			
BVS Nr. 90.C.2002	10.0 Ex-Tischfernsprecher 5174		EEx ia IIC T6
Gestra AG, D-2800 Bremen 1			
86.B.2045 1. Nachtrag	14.0 Niveausonde NRV 2-28		EEx ia IIC T6
Josef Heinrichs Meßgeräte GmbH + Co KG, D-5000 Köln 41			
89.C.2134 X 1. Nachtrag	28.0 Massedurchflußaufnehmer TM		EEx ib IIC T3...T6
Honeywell B.V., NL-7821 Emmen			
83/2108 X 6. Nachtrag	32.0 Drucktransmitter ST 3000 ST. ...		EEx ia IIC T6
Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, D-6100 Darmstadt 1			
90.C.2032 X	14.0 Druckmeßumformer Digibar PE.00 und PDE.00		EEx ib IIC T4
Knick Elektronische Messgeräte GmbH & Co., D-1000 Berlin 37			
81/2193 X 1. Nachtrag	57.0 DC-Transformator ohne Hilfsenergie EK 3-33 Md-... für 50 °C Umgebungstemperatur		[EEx ib] IIC
Mettler Instrumente AG, CH-8606 Greifensee			
89.C.2046 X 1. Nachtrag	41.0 Netzgerät GD13x		EEx ed [ib] IIC T6
Micro Motion Inc., Boulder, Colorado 80301, USA			
BVS Nr. 83.010 4. Nachtrag	28.0 Massedurchfluß-Sensor C-***-BVS bzw. D *** bzw. DL 100		EEx ib IIB T4 EEx ib IIC T4
Erich Ott, D-6200 Wiesbaden			
87.B.2055 1. Nachtrag	14.0 Vorwahlzähler OC.....		EEx ib IIC T5
90.C.2029	14.0 Trennverstärkermodul TV.	U max. 8,6 V I max. 9,1 mA P max. 20 mW La max. 1000 mH Ca max. 726 nF	[EEx ia] IIC [EEx ib] IIC
Philips GmbH, Unternehmensbereich Elektronik für Wissenschaft und Industrie, D-3500 Kassel			
85/2178 4. Nachtrag	14.0 PCS-Transmitter PD3 9404 2311		EEx ib [ia] IIC T5 bzw. T6
88.B.2094 2. Nachtrag	14.0 PCS-Transmitter L3 9404 2321		EEx ib [ia] IIC T5 bzw. T6
Preussag AG Minimax, D-2060 Bad Oldesloe			
85/2135 1. Nachtrag	15.0 Brandmelder WMX 1000 D 60 Ex und WMX 1000 D 90 Ex		EEx ib IIC T6 bzw. T5 bzw. T4
90.C.2023	15.0 Brandmelder FMX 4300 Ex		EEx ib IIC T6 EEx ib IIC T4

PTB Nr. Ex -	Glossex 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung	PTB Nr. Ex -	Glossex 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
Werner Riester KG, D-7840 Müllheim 14.0 Elektronischer Stellungsmelder 90.C.2017 X	RWG 502. Ex		EEx ib IIC T5 EEx ib IIC T6	AEG Lloyd Dynamowerke GmbH, D-2800 Bremen 1 56.1 Anschlußkästen 90.C.3114 U	K. 3/... EEx e II	3000 V	EEx e II
J.B. Rombach GmbH & Co. KG, D-7500 Karlsruhe 21 14.0 Zustandsmengennumwerter 89.C.2144 X	LEVC-PT bzw. LEVC-P 1. Nachtrag bzw. LEVC-T		EEx ib IIC T4	BARTEC Barlian-Technik, D-6990 Bad Mergentheim 56.4 Verbindungsklemmen 90.C.3120 U	07-9733-....	250 V	EEx e II
SAM-PROJEKT A/S, DK-8653 Them 41.0 Leistungsbegrenzungseinheit 87/2105 X	SB 8906 1. Nachtrag		EEx q [ib] IIB T4	Elektro-Apparate KG Gothe & Co., D-4330 Mülheim (Ruhr) 12 56.3 Hochspannungs-Verbindungskasten BVS Nr. e 53 130-0. 90.C.2006			EEx e II T6
87/2106 X	13.0 Datenerfassungssystem SAM-LINK 3. Nachtrag		EEx eq ib IIB T4	BVS Nr. e 53 130-1. 90.C.2007 X			EEx e II T6
Schott-Geräte GmbH, D-6238 Hofheim 29.0 Taschen-pH-Meter 90.C.2012	CG 839	max. 8 V max. 0,5 mA La 5 mH Ca 1 µF	EEx ia IIC T6	Emil A. Peters GmbH & Co. KG, D-5820 Iserlohn 6.0 Leitungsdurchführung 90.C.1008 U	KD../1000	max. 100 V	EEx de II
SENSYCON GMBH, D-3000 Hannover 1 32.0 Umformer BVS Nr. Doc. 900 78. 90.C.2001 X			EEx ib IIC T4, T5 bzw. T6	Rekofa Wenzel GmbH & Co. KG, D-5483 Bad Neuenahr Ahrweiler 56.4 Klemmenplatten 90.C.3102 U	KL 253	660 V	EEx e II
Siemens Aktiengesellschaft, D-1000 Berlin und D-8000 München 8.0 Klemmenplatte BVS Nr. C79451-A3358-B160 90.C.2003 X			[EEx ib] IIC	90.C.3103 U	KL 154 B	500 V	EEx e II
Smith Meter GmbH, D-2087 Ellerbek 18.0 Pulse Transmitter 90.C.2025	IS...		EEx ib IIC T6 EEx ia IIC T6	90.C.3104 U	KL 155	660 V	EEx e II
STENTOFON Electronic GmbH, D-5000 Köln 40 10.0 Bedienteil 83/2048 X	"PAMEX" 306904 3. Nachtrag		EEx d ib q IIC T6	90.C.3105 U	KS 7A	660 V	EEx e II
Feingeräte Trischler GmbH, D-7887 Laufenburg 19.0 Tarifgerät 87/2154	K 879/TTG 2. Nachtrag		EEx ib IIC T2	90.C.3106 U	KS 8A	660 V	EEx e II
Hans Turck GmbH & Co. KG, D-4330 Mülheim a.d. Ruhr 12 18.0 Näherungsschalter BVS Nr. NI1-BSG-Y./... 90.C.2005			EEx ia IIC T6	90.C.3107 U	KS 10A	660 V	EEx e II
	8.0 Signaltrenner MK 35-L.-Ex BVS Nr. 90.C.2008		[EEx ia] IIC oder [EEx ib] IIC [EEx ia] IIC	90.C.3108 U	KS 14A	660 V	EEx e II
	MC 3.-12ExO-LIU BVS Nr. 90.C.2009 X			90.C.3109 U	KS 18A	660 V	EEx e II
ULTRAKUST electronic GmbH, D-8375 Ruhmannsfelden 18.0 Infrarot-Strahlungsfühler 90.C.2024	R.		EEx ib IIC T4	Wago Kontakttechnik GmbH, D-4950 Minden 56.4 Reihenklammern 90.C.3101 U	264-120 und 264-220	250 V	EEx e II
XIV. Abzweigdosen-, Anschluß-, Abzweig- und Verbindungskästen, Gehäuse, Leitungsdurchführungen, Klemmen usw.				90.C.3121 U	280-698 und 280-699	500 V	EEx e II
ABB CEAG Licht- und Stromversorgungstechnik GmbH, D-6930 Eberbach 56.3 Abzweig- und Verbindungskästen 90.C.3111	GHG 796...R... max. 726 V		EEx e II T6	XV. Sonstige explosionsgeschützte Betriebsmittel			
				Elektro-Mechanik GmbH Wendenerhütte, D-5963 Wenden 48.0 Schwenkantrieb 90.C.1009	DSM Ex	max. 1000 W	EEx de IIC T5
				Herion-Werke KG, D-7012 Fellbach 48.0 Magnete 90.C.2033 X	3150 ... 3159	max. 6 W	EEx e II T4
				Hübner Elektromaschinen AG, D-1000 Berlin 61 22.0 Inkrementaler Drehgeber 90.C.1016	EEx OG 9...		EEx de IIC T6
				Nass Magnet GmbH, D-3000 Hannover 1 48.0 Magnet 89.C.2012	1259 bzw. 1439 1. Nachtrag		EEx ib IIC T6
				Roederstein GmbH, D-8300 Landshut 27.3 Kondensatoren 90.C.2039 X	LCU 5../... Ex und LCU 6../... Ex	max. 2 W	EEx q II T6

PTB Nr. Ex -	Glossar 81, Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
Süddeutscher 90.C.2027 U	Kondensatorenbau, Max Ostenrieder KG, D-8036 Herrsching 27.3 Entstörmittel 59. .. 250		EEx q II
VERSA B.V., 90.C.2018	NL-7321 AG Apeldoorn, The Netherlands 48.0 Magnet -XIS	P = 3,75 W	EEx ib IIC T6

AUSFÜHRUNG NACH VDE 0171 (national)

PTB Nr.	Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
VI. Widerstandsgeräte			
Raychem GmbH, 90.Y.1601 X	D-8012 Ottobrunn selbstregelndes Begleitheizungssystem Auto-Trace ..XTV2-C.		Ex s II T3 Ex s II T2

IX. Leuchten

ABB CEAG Licht. und Stromversorgungstechnik GmbH, D-4630 Bochum 90.Y.2601 U	Zweistiftsockelfassung 2456	660 V 2 A	Ex s IIC
--	--------------------------------	--------------	----------

XIII. Fernmeldegeräte

ABB Kent Industrial Measurement Ltd., GB-Stonehouse/Gloucester 89.Y.1606 X	Gas-Monitor 6660		Ex s IIC T4
Bayer Diagnostic GmbH, D-8000 München 90 BVS Nr. 90.6001 X	Statox Ex Ex-Sensor 5803 063		Ex s IIB T5

PTB Nr.	Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
ABB Kent Industrial Measurement Ltd., GB-Stonehouse/Gloucester 89.Y.1606 X	Gas-Monitor 6660		Ex s IIC T4
Bayer Diagnostic GmbH, D-8000 München 90 BVS Nr. 90.6001 X	Statox Ex Ex-Sensor 5803 063		Ex s IIB T5

XV. Sonstige explosionsgeschützte Betriebsmittel

Graco Inc., Minneapolis, Minnesota 55440, USA 90.Y.1901	Elektrostatische Handsprüheinrichtung PRO 4000		EEx 0,24 mJ
90.Y.1902	Elektrostatische Handsprüheinrichtung PRO 3500 SC		EEx 0,24 mJ
Herion-Werke KG, D-7012 Fellbach 90.Y.2802 X	Betätigungsmagnete 3160...3179	max. 6 W	EEx m II T4
Nass Magnet GmbH, D-3000 Hannover 1 90.Y.2801 X	Ventilmagnete 0563 und 1263 bzw. Magnetventile 1452 und 1422	max. 4,9 W	EEx m II T4...T6

STAUBEXPLOSIONSGESCHÜTZTE ELEKTRISCHE BETRIEBSMITTEL

BVS Nr.	Benennung und Typenbezeichnung	Elektrische Werte	Kennzeichnung
Maihak AG, 2000 Hamburg 60			
St Ex 3/82 6. Nachtrag	Füllstandsanzeiger MBA 8/Z 10		St Ex Ausleger Zone 10
Pepperl + Fuchs GmbH, 6800 Mannheim 31			
St Ex 4/83 3. Nachtrag	Initiator NJ5-18GM-N-Z10		St Ex Aktive Fläche Zone 10

Die PTB auf der Hannover-Messe Industrie

(2. Mai bis 9. Mai 1990)

Vor 15 Jahren fand im Rahmen der Hannover-Messe zum ersten Mal eine Präsentation von Forschungsergebnissen und Technologieentwicklungen in einem eigenen Fachmarkt statt. Seit dieser Zeit hat sich diese Schau, an der die PTB von Anbeginn teilnimmt, zu einer umfassenden Darstellung der in der Bundesrepublik Forschung betreibenden Institutionen entwickelt. Nahezu alle Hochschulen, Fachhochschulen, Großforschungseinrichtungen, Institute verschiedener Träger sind im Innovationsmarkt Forschung und Technologie mit neuesten Ergebnissen und Verfahren zu sehen. Einige Industriefirmen, speziell aus der Automobilbranche runden das Bild mit ihren Forschungsthemen ab. Die große Halle 21 auf dem Messegelände in Hannover bot den notwendigen Rahmen, leider hielten die anhaltend hohen Außentemperaturen und die Randlage der Halle im Messegelände doch zahlreiche Besucher von einem Besuch ab. Dies setzte dagegen die PTB-Mitarbeiter auf dem Stand in die Lage, sich den interessierten Besuchern besonders intensiv widmen zu können. Zahlreiche ausführliche Fachgespräche waren das Ergebnis.

Auffällig war in diesem Jahr auch die große Zahl jugendlicher Besucher, die an der vom Niedersächsischen Kultusministerium und der Messe AG veranstalteten "Messe-Rallye" teilnahmen. Die PTB hatte zu ihren Exponaten Fragen formuliert, die dann von den Jugendlichen innerhalb eines Auftrages beantwortet werden mußten. Für die besten Gruppen waren interessante Preise ausgesetzt worden.

Auf ihrem Messestand zeigte die PTB folgende Exponate.

Ein Meßverfahren für Minicassetten-geräte ("Walkman")

Minicassettengeräte, umgangssprachlich "Walkman" genannt, können, wenn sie zu laut eingestellt werden, das Gehör schädigen. Bislang gab es kein anerkanntes Meßverfahren für die Ausgangsschalldruckpegel dieser Geräte. Das in der PTB nun neu entwickelte Meßverfahren



arbeitet mit einer akustischen Meßpuppe. Es zeigte sich, daß die mit dieser Meßpuppe gewonnenen Ergebnisse mit denen am natürlichen Ohr gemessenen Ergebnissen übereinstimmen.

Bei maximal aufgedrehten Lautstärkeregler ergaben sich Ausgangsschalldruckpegel zwischen 97 dB und 103 dB.

Eichfähige PC's

Der Einsatz von Personal-Computern im gesetzlichen Meßwesen ist ein umstrittenes Thema. In der PTB wurde ein offenes Personal-Computersystem entwickelt, das von Herstellern und Anwendern erwünschte Eigenschaften hinsichtlich funktioneller Flexibilität und andererseits hohe Manipulationssicherheit aufweist.

Strukturbreitenmessung an Masken und Wafern

Ein rechnergesteuerter lichtoptischer Meßplatz zur Strukturbreitenmessung an Photomasken und Siliziumwafern wurde vorgestellt. Präzisionsmessungen an Strukturen im Submikrometerbereich werden durchgeführt und mit Modellrechnungen, die die Kohärenzverhält-

nisse bei der mikroskopischen Abbildung berücksichtigen, verglichen.

Internationale Temperaturskala von 1990

Seit dem 1. Januar 1990 gilt die Internationale Temperaturskala von 1990. Zu ihrer exakten Darstellung in metrologischen Staatsinstituten, Forschungslaboratorien, Eichämtern und Kalibrierstellen hat die PTB Hochtemperatur-Platinwiderstandsthermometer entwickelt. Bevorzugter Anwendungsbereich:

0 °C bis 962 °C, Nennwiderstand: 0,25 Ω , Kurzzeitstabilität: 2 mK, Langzeitstabilität: 5 mK. Die Stabilitätswerte wurden bei 962 °C gemessen.

Uhrenturm

Ein Zeitzeichenempfänger informierte über die Atomuhren der PTB und über das Zeitaussendungssystem in der Bundesrepublik Deutschland.

Bemerkenswert waren auch die vielen Besucher aus der DDR, die sich über die Arbeit der PTB allgemein, aber auch über Zulassungsfragen und die Arbeit des Deutschen Kalibrierdienstes informierten.

Kgs

Literaturumschau

Technikpioniere: Namensgeber von Einheiten physikalischer Größen. Von *Peter Volkmann*. VDE-Verlag GmbH, Berlin und Offenbach, 1990. 228 Seiten, zahlreiche Zeichnungen und Photographien, gebunden. ISBN 3-8007-1563-5

Dieses Werk enthält bebilderte Beschreibungen des Lebenswerkes von 21 bedeutenden Naturwissenschaftlern und Ingenieuren, deren Namen für die Bezeichnung von physikalischen Einheiten durch Beschluß der *Conférence Générale des Poids et Mesures* weltweit anerkannt worden sind. Diese Einheiten und ihre Definitionen bilden zusammen das *Système International d'Unités (SI)*.

Dem Lebenswerk der 21 Technikpioniere sind kurze Erläuterungen über meßbare physikalische Größen, die Basiseinheiten des SI und ihre abgeleiteten Einheiten vorangestellt. Im Anhang sind der Wortlaut des deutschen Gesetzes über Einheiten im Meßwesen und die Ausführungsverordnung zu diesem Gesetz aus dem Jahre 1985 wiedergegeben.

Der zweite Teil des Buches enthält kurze chronologische Darstellungen von wichtigen naturwissenschaftlich-technischen Entwicklungen, im wesentlichen aus dem Bereich der Elektrotechnik, zu denen einige der Namensgeber physikalischer Einheiten wesentliche Beiträge geleistet haben.

Da das Buch keine speziellen naturwissenschaftlichen und technischen Fachkenntnisse voraussetzt, dürfte es auch für technikgeschichtlich interessierte Laien eine interessante Lektüre darstellen. Für die an der wissenschaftlichen Realisierung der häufig recht formal definierten Einheiten interessierten Leser dürfte es sich empfehlen, bei einer weiteren Auflage wenigstens im Literaturverzeichnis auf weiterführende Publikationen und auf die weltweiten Bestrebungen hinzuweisen, künftig alle Basiseinheiten aus unveränderlichen Naturkonstanten abzuleiten.

W. Mühe

Einführung in die Festkörperphysik. Von *Konrad Kopitzki*. 2. überarb. u. erw. Aufl. Stuttgart: Teubner 1989. 392 S., 275 Abb., kart. DM 44,- (Teubner Studienbücher, Physik)

ISBN 3-519-13083-1.

Die vorliegende Einführung wendet sich an solche Studenten, die eine Beschäftigung mit der Festkörperphysik zwar nicht zum Schwerpunkt ihrer physikalischen Ausbildung machen wollen, jedoch mit den grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und Betrachtungsweisen in der Festkörperphysik vertraut werden

möchten. Die behandelten Themen werden in einer straffen, durch zahlreiche Skizzen erläuterten Darstellungsweise angeboten. Im Mittelpunkt steht der „bulk“-Festkörper: kristalliner Zustand, Gitterdynamik, Elektronen im Festkörper und Supraleitung, magnetische Eigenschaften, Legierungen. Optische Eigenschaften werden im Abschnitt über die dielektrischen Eigenschaften besprochen. Vorgänge an der Festkörperoberfläche und dünne Schichten werden nicht behandelt.

Für die Neuauflage wurden alle Kapitel ergänzt und erweitert, etwa das Kapitel der magnetischen Eigenschaften um einen Abschnitt über Spingläser. Neu hinzugekommen sind die Kapitel über Supraleitung, in dem auch die mikroskopische Theorie in ihren Grundzügen erläutert wird, und über Legierungen. Der Hinweis auf Hochtemperatur-Supraleiter und den Quanten-Halleffekt zeigt die Aktualität des Buches. Allen Kapiteln wurden einige einfache Aufgaben zugeordnet.

Zum Verständnis des Buches werden neben einem physikalischen Grundwissen, wie es von einem Physikstudenten bis zum Vordiplom erworben wird, elementare Kenntnisse in der Atomphysik und der Quantenmechanik benötigt. Es dürfte für die Einarbeitung in dieses wichtige Gebiet der Physik für Studenten der Physik, aber auch für interessierte Studierende der Elektrotechnik von Interesse sein. Bei allem Verständnis für eine preiswerte Herstellung des Buches sollte man jedoch im Interesse einer leichteren Lesbarkeit den Satzspiegel nicht so stark verkleinern wie hier geschehen.

E. Bretnütz

Dieter Kind und *Walter Mühe*: **Naturforscher und Gestalter der Technik – Die Träger des Werner-von-Siemens-Ringes und ihre Leistungen für Naturwissenschaft und Technik.** VDI-Verlag Düsseldorf, November 1989, 216 Seiten, 100 Abbildungen. Leinen, 78,- DM. ISBN 3-18-400946-7

Dieses Buch stellt in Bild und Text das Lebenswerk der 26 herausragenden Ingenieurpersönlichkeiten und Naturwissenschaftler vor, die bisher durch Verleihung des *Werner-von-Siemens-Ringes* ausgezeichnet wurden, der als höchste deutsche Auszeichnung auf dem Gebiet der Technischen Wissenschaften gilt. Zwei einleitende Beiträge befassen sich mit dem Denken und Wirken des bedeutenden Naturwissenschaftlers, kreativen Erfinders und mutigen Unternehmers *Werner von Siemens* sowie mit der *Siemens-Ring-Stiftung*, die am 13. Dezember 1916 anlässlich des 100. Geburtstag von *Siemens* in Berlin gegründet wurde.

Die Berichte über das Lebens- und Wirkungsfeld der 26 herausragenden Natur-

forscher und Gestalter der Technik stützen sich weitgehend auf „Primärliteratur“ (Autobiographien; Schriftwechsel; Reden und Veröffentlichungen der Geehrten; Biographien und Laudationen von „Zeitzeugen“). Jeder Beitrag schließt mit einer tabellarischen Kurzbio-graphie. Hinweise auf benutzte oder auf weiterführende Literaturquellen sind am Schluß des Buches zusammengefaßt.

Im Unterschied zu manchen anderen Darstellungen zu Pionieren der technischen Wissenschaften sind die Einzelbeiträge nicht nach chronologischen Merkmalen (z.B. dem Geburtsjahr der Geehrten oder dem Jahr der Verleihung des *Werner-von-Siemens-Ringes*) angeordnet, sondern nach Analogien in der persönlichen Entwicklung oder nach herausragenden Entwicklungsrichtungen von Naturwissenschaft und Technik zusammengefaßt worden. So finden sich z.B. im Abschnitt „Pioniere der Energiegewinnung und Energieversorgung“ die Lebens- und Wirkungsbilder von *Auer von Welsbach* (Erfinder des Gasglühlichts und der *Osmium-Metalldraht-Lampe*), von *Oskar von Miller* (Pionier der elektrischen Energieübertragung) und von *Rudolf Schulten* (Schöpfer des Hochtemperatur-Kugelhaufen-Kernreaktors). Herausragende „Wegbereiter des Weltluftverkehrs und der Raumfahrt“ sind die *Siemens-Ring-Träger* *Hugo Junkers*, *Ludwig Bölkow* und *Wernher von Braun*. Im Abschnitt „Die neue Informationstechnik: Vom ersten programmierbaren Rechner bis zum elektronisch gespeicherten Lichtsatz“ werden die Pionierleistungen von *Konrad Zuse*, *Walter Bruch* und *Rudolf Hell* gewürdigt, aber auch Verknüpfungen ihrer Tätigkeit aufgezeigt.

So ist das Buch mit seinen 9 Abschnitten über die Einzelbiographien hinaus gleichzeitig ein repräsentativer Querschnitt durch ein Jahrhundert Technikgeschichte in Deutschland, den jeder gern lesen wird, der sich für Technik und Naturwissenschaft in ihrem geschichtlichen und sozialen Umfeld interessiert.

W. Hauser

Elektrische Meßtechnik. Von *W. D. Cooper* und *A. D. Helfrick*. Übersetzung nach der 3. englischen Aufl. von 1985. Weinheim: VCH-Verlagsges. 1989. XVI, 504 S., 382 Abb., 14 Tab., geb. DM 54,- (Reihe Informationstechnologie) ISBN 3-527-26623-2.

Das vorliegende Lehrbuch wendet sich an Studenten der Elektrotechnik und Elektronik an technischen Hoch- und Fachschulen, es kann aber auch als Handbuch für den Ingenieur in der Praxis dienen. Es vermittelt Grundkenntnisse und bringt Beispiele aus dem Bereich der elementaren Meßtechnik bis hin zu anspruchsvollen computer-gesteuerten Systemen. Der Stoff ist klar in folgende Abschnitte gegliedert: Allge-

meines über Messung, Meßfehler, Einheiten und Einheitensysteme; Bezugsnormale; elektromechanische Anzeigegeräte für elektrische Grundgrößen; Meßbrücken und deren Anwendungen; elektronische Instrumente zur Messung von Basisgrößen; Oszilloskope; Signalerzeugung und -analyse; Meßwandler (Sensoren) für wichtige nichtelektrische Größen; Erfassung von Analog- und Digitalgrößen; computergesteuerte Prüfsysteme. Im Anhang werden Einheiten und deren Umrechnung erläutert und Beispiele gebracht. Literatur- und Sachverzeichnis runden das Buch ab.

Gegenüber den vorangegangenen Auflagen wurden die Abschnitte über „klassische“ Meßmethoden gestrafft, um Raum für die Behandlung „moderner“ Meßsysteme zu gewinnen. So wurde das Kapitel über Oszilloskope neu geschrieben, die Abschnitte über Signale erweitert und der Einsatz von Computern für Meßzwecke hinzugefügt. Es tritt nunmehr die Digitaltechnik ihrer Bedeutung gemäß stärker in den Vordergrund, jedoch sollte sich der Studierende auch mit der Analogtechnik weiterhin befassen.

E. Bretnütz

Physik: Probleme, Themen, Fragen.

Von *Anthony J. Leggett*. Aus dem Englischen übersetzt von H.-G. Schöpf. Basel etc.: Birkhäuser-Verlag 1989. 241 S., 9 Abb., brosch. DM 19,80. ISBN 3-7643-2225-X.

Das Buch gehört zu einer disziplinorientierten Buchreihe, in denen der Stand der Forschung mit besonderem Augenmerk auf aktuelle Fragestellungen dargestellt werden soll. Demgemäß konzentriert sich der Vf. auf vier grundlegende Teilbereiche der Physik, die im Mittelpunkt heutiger physikalischer Problemstellungen stehen: Elementarteilchenphysik, Kosmologie, Physik der kondensierten Materie und grundlegende Betrachtungen über Anwendungs- und Gültigkeitsbereich der Quantentheorie.

Den Schwerpunkt des Buches bilden die gegenwärtigen Probleme der Physik und nicht die bisher gewonnenen Antworten. Vf. bemüht sich dabei, die dem Erwerb der experimentellen Information in den verschiedenen Gebieten zugrunde liegenden Prinzipien schematisch zu erklären ohne sich dabei in praktische Aspekte experimenteller Anordnungen zu verlieren.

Das Buch wendet sich an Studenten und interessierte Laien und gibt ihnen einen allgemeinen Überblick über die das Wesen der Sache berührenden fundamentalen Probleme und skizziert, was die Physiker in einigen hochaktuellen Gebieten der heutigen Physik wissen oder zu wissen meinen. Ein interessant geschriebener Überblick.

E. Bretnütz

Friedrich Paschen als Hochschullehrer. Von *Edgar Swinne*. Berlin: D.A.V.I.D. Verlagsgesellschaft, 1989, 163 Seiten, 10 Abb. (Berliner Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik; 9). Kart. DM 24,90.

ISBN 3-926079-12-6

Edgar Swinne zeichnete den Lebensweg von Friedrich Paschen und sein Wirken an der Technischen Hochschule Hannover und an der Universität Tübingen in der schon bei der Biographie von Hans Geiger bewährten Art, in dem wo immer möglich die Zeugnisse der Zeit, d.h. Briefe, persönliche Notizen, Schreiben der Staats- und Hochschulbehörden und andere meist nur in Archiven oder Sammlungen vorhandene Schriftstücke, zitiert werden. Da so auch das Detail, das ehemals Vertrauliche, der Alltag zutage kommen, entsteht ein lebendiges Bild von Paschen, seiner Zeit und den darin handelnden Personen. Die Schrift endet 1924 mit dem Weggang Paschens aus Tübingen. Es ist schade, daß die sich anschließende Zeit als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin – seine letzten 10 aktiven Dienstjahre – nicht mehr dokumentiert ist. Das umfangreiche Quellenverzeichnis ist eine Fundgrube für weiterführende Arbeiten.

W. Hauser

Zeitzeichensender – Time Signal Stations. Von *Gerd Klawitter*. 11. neubearb. Auflage. Meckenheim: Siebel Verlag 1988. 126 S., 66 Abb., brosch. DM 16,80. ISBN 3-922221-29-7.

Vf. gibt zunächst einen Überblick über verschiedene Zeitdefinitionen, Zeitskalen und Meßverfahren und bespricht dann eingehend die Wirkungsweise von Atomfrequenznormalen sowie die Methoden der Zeitvergleiche. Im Hauptteil des Buches werden – nach Ländern geordnet – sämtliche Zeitzeichenstationen in aller Welt ausführlich vorgestellt und in allen Einzelheiten beschrieben: Sendeformate und -zeichen, Frequenzen, Ansagen und Stationskennungen, Adressen und Art der Empfangsbestätigung (QSL). Eine zusätzliche Frequenzliste gibt einen schnellen Überblick über sämtliche Zeitzeichenstationen. Im Anhang werden einige der im Handel erhältlichen Funkuhren vorgestellt.

Gegenüber der 10. Auflage von 1983 wurde wegen zahlreicher Änderungen bei den Zeitzeichensendern eine vollständige Neubearbeitung notwendig. Dabei wurden zahlreiche Abbildungen neu eingearbeitet. Gemäß der Internationalität des Themas ist das Buch insgesamt zweisprachig (deutsch und englisch) ausgeführt.

E. Bretnütz

Aktuelles Schrifttum zum Meß- und Eichwesen¹⁾

Ahlers, R.-J. und *B. Oberdorfer*: EMO '89: Meß- und Prüfsysteme. Werkstattstechn. **79**, Nr. 12 (1989), S. 707–708

Bailey, A.E.: URSI Register of National Standards Laboratories for Electromagnetic Metrology. Verl. A. Hilger, Bristol 1990

Bardash, M. und *G.J. Wolga*: Acousto-optic Spectrometer System to Monitor Combustion Processes. Appl. Optics **28**, Nr. 20 (1989), S. 4279–4285

Bartschler, H.: Dynamische Messung von Partikeln mittels Aerosol-Photoemission. Bull. SEV **80**, Nr. 23 (1989), S. 1015–1020

Baumgarten, D.: New Weighing Center at the Office of Weights and Measures for Legal Metrology in West-Berlin. Bull. OIML Nr. 116 (1989), S. 11–20

Baur, K.: Adcock und Interferometer im Interferenzfeld. Frequenz **43**, Nr. 19 (1989), S. 263–265

Birello, G.u.a.: Advance in Density Measurements by means of an Automatic Hydrostatic Weighing System of 100g Capacity. IMEKO J. Measurement **7**, Nr. 4 (1989), S. 157–162

Bonnier, G. und *Y. Hermier*: Intéret de la Nouvelle Echelle de Température (EIT-90). Bull. BNM **21**, Nr. 79 (1990), S. 25–30

Boryu, N.V. u.a.: Bestimmung meßtechnisch wichtiger Parameter von kapazitiven Spannungswandlern (in russisch): Izmerit. Tekhn. **32**, Nr. 2 (1989), S. 22–23

Brinksmeier, E.: State-of-the-art of Non destructive Measurement of Sub-Surface Material Properties and Damages. Precis. Engineer. **11**, Nr. 4 (1989), S. 211–224

Canavaggio, P. und *P. Demany*: Calibration of Tanks by Internal Optical Method. Bull. OIML Nr. 116 (1989), S. 21–29

Cascetta, F. u.a.: A. Coriolis Mass Flowmeter based on a New Type of Elastic Suspension. IMEKO J. Measurement **7**, Nr. 4 (1989), S. 182–190

Chartier, J.M. u.a.: Comparaison des Etalons de Frequence à 473 THz. Bull. BNM **21**, Nr. 79 (1990), S. 39–43

1) Bei der Auswahl sind vorwiegend Publikationen zur wissenschaftlichen und industriellen Präzisionsmetrologie, zur meßtechnischen Qualitätssicherung und zum amtlichen Meß- und Eichwesen berücksichtigt worden. Deutsch-, englisch- und französischsprachige Titel werden in der Originalfassung, anderssprachige Titel in Übersetzung in eine der genannten Sprachen wiedergegeben.

- Chren, I.*: Comparison of Geometric Calibration Methods for Storage Measuring Tanks. Bull. OIML Nr. 116 (1989), S. 35–42
- Collani, E.V.*: Zuverlässigkeit und statistische Qualitätskontrolle in modernen Produktionsanlagen. Nachrichtentechn., Elektron. **39** (1989), S. 348–349
- Crostack, H.-A.* und *U. Haufe*: Ultraschallprüfung zum automatischen Vermessen der Härtetiefe und des Härtegradienten in metallischen Fertigteilen. Techn. Messen **57**, Nr. 3 (1990), S. 128–132
- Faber, G.J.*: L'Institut Néerlandais de Mesures (NMI). Bull. OIML Nr. 116 (1989), S. 30–34
- Fischer, J.* und *H.J. Jung*: Determination of the Thermodynamic Temperatures of the Freezing Points of Silver and Gold by Near-Infrared-Pyrometry. metrologia **26**, Nr. 4 (1989), S. 245–252
- Flämig, E.* u.a.: Korrelationsverfahren für die Mehrphasendurchflußmessung. messen, steuern, regeln **32**, Nr. 9 (1989), S. 394–396
- Geipel, T.*: Automatisiertes Verschleißmeßsystem für rotierende Spindelwerkzeuge. Feingerätetechn. **38**, Nr. 11 (1989), S. 502–503
- Goodman, D.L.*: Two-Dimensional Plasma-Electron Temperature Measurements. Rev. Scient. Instr. **60**, Nr. 9 (1989), S. 2835–2838
- Grønlund, F.*: Synthesis of Feedback Control Unit for Beam Microbalances. J. Phys. E: Scient. Instr. **22**, Nr. 11 (1989), S. 899–902
- Hantke, D.*: Precision Measurement on Position-Sensitive Photodetectors. IMEKO J. Measurement **7**, Nr. 4 (1989), S. 153–156
- Hardalupas, Y.* und *A.M. Taylor*: On the Measurement of Particle Concentration near a Stagnation Point. Experim. Fluids **8**, Nr. 1/2 (1989), S. 113–117
- Hirabayashi, M.*: Precise Measurement of Phase Velocity of Surface Acoustic Waves Using Parallel Comb Filters. Electron. Letters **25**, Nr. 20 (1989), S. 1380–1384
- Hoffmann, K.*: Eine Einführung in die Technik des Messens mit Dehnungsmeßstreifen. Herausg. Hottinger Badwin Messtechnik GmbH. Darmstadt 1987
- Humphreys, D.A.*: Integrated-Optic System for High-Speed Photodetector Bandwidth Measurements. Electron. Letters **25**, Nr. 23 (1989), S. 1555 ff
- Igbal, M.S.* und *F. Rashid*: A Simple System for Low-Temperature Spectral Measurements in the UV-Vis Range. Appl. Spectrosc. **43**, Nr. 7 (1989), S. 1282–1283
- Itakura, K.* u.a.: GaAs Integrated Hall Sensor with Temperature-Stabilized Characteristics up to 300 °C. Electron. Letters **25**, Nr. 22 (1989), S. 1493 ff
- Jackson, G.L.* u.a.: A Method to Measure Magnetic Field Perturbations in Plasma Devices. Rev. Scient. Instr. **60**, Nr. 9 (1989), S. 2883–2887
- Janocha, H., M. Gallmeier, K. Rupprecht*: Ein Vergleich optoelektronischer Triangulationssensoren für Aufgaben der Qualitätssicherung. Qualität u. Zuverlässigk. **35**, Nr. 4 (1990), S. 213–217
- Janocha, H.*: Sensorsystem zum Erfassen ebener Weg- und Kraftvektoren. Techn. Messen **56**, Nr. 12 (1989), S. 477–481
- Klasmeier, P.*: Kalibriertechnik für Temperatursensoren. Techn. Messen **56**, Nr. 12 (1989), S. 466–469
- Klawitter, G.*: Zeitzeichensender, 11. Aufl. Siebel-Verl. 1988
- Klimke, H.*: Meßdatenauswertung mit Standardsoftware und PC. Qualität u. Zuverlässigk. **35**, Nr. 3 (1990), S. 151–153
- Kochsiek, M.* und *H. Schneider*: Gravitric Measuring Device for Liquids at Rest in Storage Tanks. Bull. OIML Nr. 116 (1989), S. 3–10
- Labonte, M.*: Achieving Accuracy in Thermal Analysis. Electron. Engineer. **61**, Nr. 756 (1989), S. 35–44
- Liu, J.-B.* u.a.: Simultaneous Measurement of Temperature, Density and Velocity in Gas Flows by Modulated Photoluminescence. Experim. Fluids **8**, Nr. 3/4 (1989), S. 199 ff
- Mahmud, S.M.*: High Precision Phase Measurement using Adaptive Sampling. IEEE Transact. **IM 38**, Nr. 5 (1989), S. 954–960
- Maier, R.* und *G. Schmidt*: Integrated Digital Control and Filtering for an Electrodynamically Compensated Weighing Cell. IEEE Transact. **IM 38**, Nr. 5 (1989), S. 998–1003
- Mangum, B.W.*: Determination of the Indium Freezing-Point and Triple-Point Temperatures. metrologia **26**, Nr. 4 (1989), S. 211–218
- Marguet, G., H. Schwendner und M. Steiger*: Messung von Oberschwingungen in Versorgungsnetzen. Elektrotechn. Z. **110**, Nr. 22 (1989), S. 1210–1213
- McLendon, J.*: Die Software des Automatischen Testsystems AMS-970. Z. bits Nr. **54** (1990), S. 12–14
- Mely, B.*: L'Information Scientifique et Technique et L'Instrumentation de Mesure d'Analyse et de Contrôle. Rev. Métrol. Pratique Légale **67**, Nr. 3 (1989), S. 243–249
- Monazam, E.R., D.J. Maloney und L.O. Lawson*: Measurement of Heat Capacities, Temperatures and Absorptivities of Single Particles in an Electrodynamical Balance. Rev. Scient. Instr. **60**, Nr. 11 (1989), S. 3460–3465
- Navone, H.D.* und *G.H. Kaufmann*: Evaluation of an Automated Fringe Measurement Method for Analysis of Speckle Photography Data. Opt. Engineer. **28**, Nr. 8 (1989), S. 1009–1013
- Neumann, A.*: Die Meßtechnik auf dem Weg in die flexible Fertigung. Werkst. u. Betrieb **122**, Nr. 12 (1989), S. 1070–1073
- Pace, C.F.*: Non-Catastrophic Failure of the Laser Transducer System in an Universal Measuring Machine. Prec. Engineer. **11**, Nr. 4 (1989), S. 239–241
- Petley, B.B.*: The Fundamental Physical Constants and the Frontiers of Measurement. Verl. A. Hilger, Bristol 1989
- Pfeifer, T.* und *A. v. Hemdt*: Berechnung der Basiselemente und die Tasterkompensation in der Koordinatenmeßtechnik. Techn. Messen **57**, Nr. 3 (1990), S. 114–123
- Plank, A.*: Europäische Zertifizierungsverfahren für technische Produkte. Qualität u. Zuverlässigk. **35**, Nr. 3 (1990), S. 131–135
- Primak, W.*: Optical Flatness Standard. Opt. Engineer. **28**, Nr. 8 (1989), S. 934 ff
- Reichl, H.*: Aufbau- und Verbindungstechnik für Sensoren (6 spezielle Publikationen zu diesem Thema im gleichen Heft). Techn. Messen **56**, Nr. 11 (1989), S. 413–452
- Rohrbach, C.* (Herausg.): Handbuch für experimentelle Spannungsanalyse. VDI-Verl., Düsseldorf 1989
- Santic, B., U.V. Desnica und N. Radic*: A Simple Method for Determination of the Hall Constant. J. Phys. E: Scient. Instr. **22**, Nr. 12 (1989), S. 997–999
- Schneider, H.-J.*: Sensorsysteme für die Betriebsmeßtechnik. Automatisierungstechn. Praxis **32**, Nr. 2 (1990), S. 55–69
- Schüßler, H.-H.*: Periodische Überwachung von Koordinatenmeßgeräten mittels kalibrierter Prüfkörper. Techn. Messen **57**, Nr. 3 (1990), S. 103–113
- Selivanov, M.N.*: Zuverlässigkeit von Messungen (in russisch). Izmerit. Tekhn. **32**, Nr. 2 (1989), S. 3–4
- Sellens, R.W.*: A Derivation of the Phase Doppler Measurement for an Arbitrary Geometry. Experim. Fluids **8**, Nr. 3/4 (1989), S. 165–168
- Sharp, B.* und *G. Kuhl*: Interferometrie - Neue Möglichkeiten durch Bildverarbeitung. Qualität u. Zuverlässigk. **35**, Nr. 4 (1990), S. 219–222
- SPIE*: Infrared Detectors, Focal Plane Arrays, and Imaging Sensors (25 Beiträge). Proceed. SPIE, Vol. 1107 (1989)
- SPIE*: Test and Evaluation of Infrared Detectors and Arrays (34 Beiträge). Proceed. SPIE, Vol. 1108 (1989)
- Stieler, S.*: Bedienbarkeit mikroprozessorgesteuerter Prozeßanalysengeräte. Automatisierungstechn. Praxis **31**, Nr. 11 (1989), S. 515–518
- Striker, J.*: Error Sources in Deferred Heterodyne Moire Deflectometry: An Analytic Study. Appl. Optics **28**, Nr. 18 (1989), S. 3972–3978
- Suzuki, T., O. Sasaki und T. Maruyama*: Phase Locked Laser Diode Interferometry for Surface Profile Measurement.

Appl. Optics 28, Nr. 20 (1989), S. 4407-4410

Teodorescu, D.: Meßorientierte Bus-systeme und busfähige Meßgeräte. messen, prüfen, automatisieren Nr. 10 (1989), S. 472-480

Torr, G.R. und D.R. Jarvis: A Comparison of National Standards of Sound Pressure. metrologia 26, Nr. 4 (1989), S. 253-256

Vanier, J. und C. Audoin: The Quantum Physics of Atomic Frequency Standards. Verl. A. Hilger, Bristol 1990

Varma, S.P. und J. Singh: Thermistor Sensor and Total Emittance Measurement. Rev. Scient. Instr. 60, Nr. 10 (1989), S. 3310-3314

Vaughan, J.M.: The Fabry-Perot Interferometer. Verl. A. Hilger, Bristol 1989

Weckenmann, A.: Koordinatenmeßtechnik im Umbruch. Techn. Messen 57, Nr. 3 (1990), S. 95-102

Wuich, W.: Geräte für die Ultraschall-Prüftechnik. messen, prüfen, automatisieren Nr. 10 (1989), S. 487-492

Yamaguchi, I. u.a.: Special Issue on Holography and Speckle Metrology (8 Beiträge) Optics a. Lasers in Engineer. 11, Nr. 4 (1989), S. 221-292

Young, M.A., G.E. Smith und G.C. Pimentel: Signal Processing for an Infrared Array Detector. Rev. Scient. Instr. 60, Nr. 9 (1989), S. 2920-2923

Young, M.A. und G.C. Pimentel: Nanosecond Infrared Absorption Spectrometer. Appl. Optics 28, Nr. 20 (1989), S. 4270-4278

Zhu, W.S., J.R. Izatt und B.K. Deka: Pyroelectric Detection of Submicrosecond Laser Pulses between 230 and 530 μm . Appl. Optics 28, Nr. 17 (1989), S. 3647-3651

WaM

Eingesandte Druckschriften

Nachrichten und Neuheiten aus Industrie und Forschung

Echt mobiles Messen mit dem ADDA-E Interface

Für den MS-DOS kompatiblen EPSON PX-16 Hand-Held-Computer hat die Firma CSM in Filderstadt ein kompaktes Meßinterface zur exakten Erfassung analoger und digitaler Signale entwickelt.

Die vollständig in stromsparender CMOS-Technologie aufgebaute Einsteckkarte ADDA-E ist besonders für Akkubetrieb geeignet.

Der Einsatz modernster SMD-Technik macht es möglich, alle Funktionen auf

der Größe eines $9 \times 9 \text{ cm}^2$ Quadrats zu integrieren.

Das ADDA-E Interface kann 8 analoge Kanäle mit 12 Bit Auflösung und 10 kHz Abtastrate messen. Darüberhinaus stehen 3 zusätzliche Timer sowie 48 bidirektionale Portleitungen zur Verfügung. Mit diesen Portleitungen können z.B. BCD-Geräte bis zu 10 Dekaden angesteuert werden.

Die modulare Ausbaufähigkeit des EPSON PX-16 Computers ermöglicht für jede Meßaufgabe eine optimale Konfiguration.

Über eine echtzeitgesteuerte Hintergrundmessung ist das ADDA-E in der Lage, in konstanten Zeitabständen und mit hoher Geschwindigkeit Meßwerte in einen zuvor reservierten Speicherbereich abzulegen.

Um dem Anwender die Benutzung dieses Meßsystems möglichst einfach zu gestalten, ist im Lieferumfang des ADDA-E Interfaces eine umfangreiche Software-Bibliothek enthalten. Diese Software-Bibliothek unterstützt sowohl den GWBASIC-Standard, als auch die Programmiersprachen C und Pascal.

Einfache Probleme können ohne Programmierung anhand der Beispielprogramme gelöst werden.

Der Anschluß des ADDA-E Interfaces an beliebige Sensoren eröffnet diesem Meßsystem ein breites Einsatzgebiet.

Meßvorrichtungen in Labors und Prüffeldern können flexibel bedient werden. Im Umweltbereich können vor Ort netzunabhängig Kenngrößen erfaßt werden. Bei der Qualitätssicherung und statistischen Prüfung kann mit diesem kompakten System direkt an der Maschine eine Auswertung der Meßdaten vorgenommen werden.

Im industriellen Bereich bietet das robuste System ideale Voraussetzungen, um in der Steuer- und Regelungstechnik Zyklusüberwachungen und Prozeßsteuerungen zu realisieren.

Diese Vielseitigkeit macht die Kombination EPSON PX-16 und ADDA-E zu einer attraktiven und kostengünstigen Lösung für individuelle Meßaufgaben.

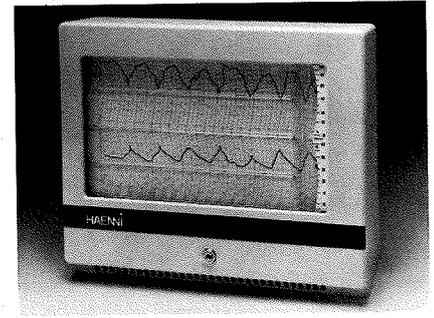
Hersteller: **CSM GmbH**, Mörikestr. 58, 7024-Filderstadt-Plattenhardt, Tel.: (0711) 773071-73

Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung

KRK 501 - quarzgesteuert mit Registrierzeit bis 31 Tage

Der neue HAENNI Thermo-Hygrograph ist ein Panoramascreiber, welcher gleichzeitig die relative Luftfeuchtigkeit (%) und die Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) registriert.

Neu wird das bedienungsfreundliche Gerät quarzgesteuert mit umschaltbaren Registrierzeiten von 1, 7 und 31 Tagen. Verglichen mit dem Uhrwerk (8 Tage), dauert die Gangzeit mit Quarz 1/2 bis 2 Jahre. Es gibt drei Ausführungen mit



Temperaturbereichen von -20 bis $+40$ $^{\circ}\text{C}$, -10 bis $+50$ $^{\circ}\text{C}$ sowie -35 bis $+45$ $^{\circ}\text{C}$. Die Thermo-Hygrographen sind standardmäßig abschließbar; die Gehäuse sind in den Farben beige und dunkelblau erhältlich.

Hersteller: **HAENNI & CIE mbH**, Nauheimer Str. 78-80, 7000 Stuttgart 50, Tel. (0711) 5035-0 Fax (0711) 5035-175 Telex 7254404

Mikroelektronik-Initiativen in Norddeutschland

Die SICAN GmbH i.G. (Gesellschaft für Siliziumanwendungen und CAD/CAT Niedersachsen) hat inzwischen ihre Tätigkeit aufgenommen.

SICAN ist eine zukunftsgerichtete Initiative des Landes Niedersachsen mit Unterstützung des BMFT. Zweck ist die Stimulierung der Mikroelektronik-Anwendungen im norddeutschen Raum und eine Unterstützung des EUREKA-Programmes JESSI.

Die SICAN wird als eine zentrale Aktivität auf dem Gebiet der Siliziumanwendungen und des damit verbundenen CAD/CAT tätig werden.

Ziel ist es, vorhandene Teilaktivitäten im nichtindustriellen Forschungsbereich zu bündeln und mit den entsprechenden Industrieaktivitäten zu verknüpfen.

SICAN ist eine Dienstleistungsgesellschaft, die insbesondere in den Bereichen

- Systementwurf,
- Chipdesign (CAD) und
- Testen (CAT)

tätig sein wird.

Die SICAN hat Anfang April unter Leitung von Dr. Hans Weinerth ihre Planungsaktivitäten aufgenommen. Die weiterführende Stufenplanung soll gemeinsam mit den zukünftigen industriellen Gesellschaften im Verlauf der nächsten Monate durchgeführt werden.

Die SICAN wird sowohl beim Dienstleistungsangebot als auch bei der Zusammensetzung der Gesellschafter die besonderen Interessen des Mittelstandes mit Vorrang berücksichtigen.

SICAN GmbH i.G., Vahrenwalder Str. 7, 3000 Hannover 1, Tel. (0511) 3563-221 Fax (0511) 3563-229

Das neue Mikromanometer für Staurohrmessungen – MEDM 500

setzt die Entwicklungsreihe der praxisorientierten Meßgeräte von AIRFLOW fort. Die Mikroprozessor-Technik erfüllt viele Wünsche des Anwenders im Hinblick auf Meß- und Auswertungskomfort. Bei der Messung der Strömungsgeschwindigkeit mit Staurohren zwecks Ermittlung des Volumenstroms ist nun das MEDM 500 eine sehr komfortable Hilfe.



Die Anzeige erfolgt nicht nur in Druckeinheiten (Pascal), sondern nach Wahl auch direkt in m/s oder m³/s, wobei vorher Korrekturfaktoren, Temperatur- und Kanalquerschnittsfläche eingegeben werden.

Auf Tastendruck werden Meßwerte der einzelnen Meßpunkte automatisch durchnummeriert abgespeichert. Danach kann der Mittelwert abgefragt werden und die Meßwerte einzeln „durchgeblättert“ werden.

Die alphanumerische LCD-Anzeige führt Sie auch mit Hinweisen bei der Eingabe der Korrekturwerte oder bei einem Selbsttestablauf. Die Nullkorrektur erfolgt nach Wahl automatisch oder manuell auf Tastendruck. Der Meßbereich des EDM 500 ist der Staurohrmessung angepaßt. Druck bis 500 Pa, Geschwindigkeit bis 28 m/s, Volumenstrom bis 2886 m³/s.

In einem sinnvoll zusammengestellten Zubehörkoffer mit der Bezeichnung MSK-2 wird auch alles nötige Zubehör für die Staurohrmessung angeboten.

Hersteller: **Airflow Lufttechnik GmbH**, Postfach 1208, 5308 Rheinbach, Tel. (02226) 2081, Telex: 886332, Telefax 7272

Interferometrische Messungen an mechanischen und elektronischen Kraftaufnehmern

An Kraftaufnehmer werden hohe Anforderungen hinsichtlich Empfindlichkeit und Genauigkeit gestellt. Der Meßbereich selbst soll sehr groß und die Umsetzung der gemessenen Kräfte in ein elektrisches Signal streng linear sein.

Die Überprüfung ist deshalb schwierig, da ein moderner Kraftaufnehmer nur

sehr geringe mechanische Auslenkung haben darf. Weiter ist bei sehr empfindlichen Kraftaufnehmern zu bedenken, daß die Meßapparatur, welche die Auslenkung in der Abhängigkeit der einwirkenden Kraft überprüft, selbst einen störenden Einfluß in die Messung einbringt. Abhilfe schafft die elektronische Speckle-Interferometrie. Dies ist eine berührungslose, ganzheitliche Meßmethode. Die Auslenkung eines Kraftaufnehmers unter Last wird ganzheitlich und berührungslos erfaßt. Dies hat den unmittelbaren Vorteil, daß die Messung als solche nicht negativ durch die Meßapparatur beeinflusst wird. Zum anderen läßt sich die Verformung des Kraftaufnehmers bis auf wenige Nanometer hinab auflösen. Außerdem ist mit einem Blick zu ermitteln, ob der Kraftaufnehmer in sich eine homogene Verformung zeigt oder ob es unerwünschte überhöhte Verformungen unter Last gibt.



Wird das Meßsystem HC-4000/HC-7000 von Newport für die elektronische Speckle-Interferometrie eingesetzt, so ist die Überprüfung von Kraftaufnehmern in Serie kein Problem. Das System liefert alle 40 ms ein neues Bild, das elektronisch ausgerechnet und interpretiert wird. Deshalb ist es auch kein Problem, Toleranzüberschreitungen zu erkennen und entsprechende Sortiervorgänge in der Produktion einzuleiten.

Weitere Informationen über interferometrische Messungen an mechanischen und elektronischen Kraftaufnehmern und Hilfe bei der Lösung von speziellen Meßproblemen erhalten Sie bei:

Newport GmbH, Bleichstraße 26
D-6100 Darmstadt
Tel. (06151) 6116
Telex 4 197 182 nrc d
Telefax (06151) 2 26 39

Das Mikroprozessor-Hochleistungs-Konduktometer LF 2000/C

Für anspruchsvolle Leitfähigkeitsmeßaufgaben ist das Konduktometer LF 2000/C auf dem Markt.

Neue, anwenderorientierte Mikroprozessortechnik erlaubt dem Benutzer, mit bisher nicht erreichbarer Genauigkeit Meßprobleme sowohl in der Laborroutine, als auch in Forschung und Wissenschaft zu lösen. Wichtige Basisfunktio-

nen, wie Eingabe von Referenztemperatur, Zellkonstante, linearem Temperaturkorrekturkoeffizienten und Abruf der Meßergebnisse sind über die Fronttastatur bedienbar.

Selbstverständlich überprüft das LF 2000/C seine Funktionstüchtigkeit nach jedem Einschalten (AUTOTEST). Eine Benutzerführung erleichtert die Arbeit (AUTOSTEP). Bei einem Konduktometer dieses Entwicklungsstandes kann es wahlweise der Elektronik überlassen werden, die Stabilität eines Meßwertes zu erkennen und erst dann im Display anzuzeigen (AUTOREAD).

Durch den Extender E 2000 hat der Anwender Zugriff auf sechs spezielle Arbeitsprogramme, wodurch die Verwendungsmöglichkeit des LF 2000/C enorm gesteigert werden. So ist die Eingabe von Grenzwerten vorgesehen, um kontinuierliche Messungen unbeaufsichtigt lassen zu können. Es erfolgt ein optischer und akustischer Alarm bei Über- oder Unterschreitung der gewählten Grenzwerte. Für die Praxis bedeutungsvoll ist die Bestimmung bzw. Kontrolle der Zellkonstanten, wobei auch ihre Dimension gewählt werden kann. Erstmals ist die experimentelle Bestimmung nichtlinearer Temperatur-Leitfähigkeits-Kennlinien bei frei wählbarer Referenztemperatur möglich. Die Koeffizienten können abgerufen oder, wenn bereits bekannt, eingegeben werden.



Die so ermittelten Meßwerte und die jeweilige Meßguttemperatur sind an zwei analogen Schreiberausgängen abgreifbar. Ein IEC 625 Interface mit galvanischer Trennung in der Schnittstelle kann, auch nachträglich, eingebaut werden. Der Systemdrucker P 2000 ist über die gerätespezifische Schnittstelle anschließbar. Damit können zeit- oder ereignisgesteuerte Meßwerte ausgedruckt werden. Auf Tastendruck werden auch Speicherinhalte des LF 2000/C dokumentiert.

WTW verfügt zu dem über ein großes Leitfähigkeitsmeßzellenangebot, das in Qualität und Anwendungsbreite dem Hochleistungs-Konduktometer gerecht wird.

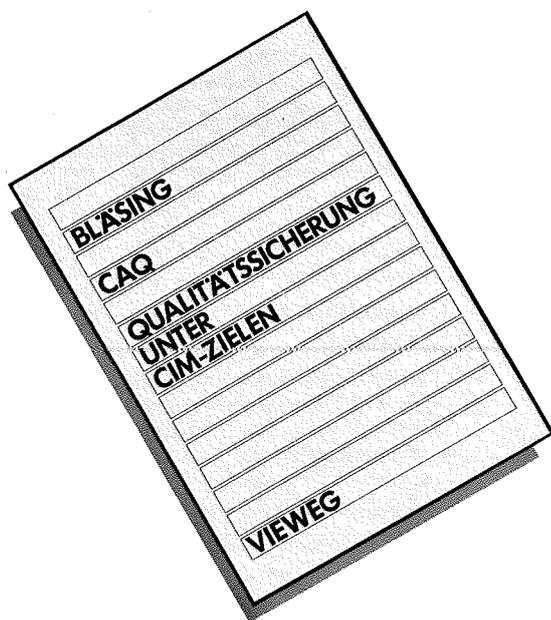
Hersteller: **Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH**, D-8120 Weilheim, Trifhofstr. 57a, Tel. (0881) 183-0, Tlx 881803, Fax (0881) 62539

CAQ

Qualitätssicherung unter CIM-Zielen

von Jürgen P. Bläsing

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



Inhalt: Qualität und Information: Schlüssel für die Zukunft der Fabrik – CAQ-Systeme sind Teil des Qualitätssicherungssystems – CAQ-Konzepte – CAQ-Visionen – CAQ-Entwicklungen im CIM: Ansätze zukünftiger Qualitätssicherung – CAQ-Projekte im Unternehmen.

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



Veranstaltungskalender¹⁾

02.07. bis 05.07.1990

Symp. on High Temperature Superconductors

Triest / Italien

07.07. bis 11.07.1990

EPS Liquid Matter Conf.

Lyon / Frankreich

07.07. bis 12.07.1990

Int. Conf. on the Structure of Surfaces

Milwaukee, WI / USA

07.07. bis 12.07.1990

Arbeitstagung „Angewandte Oberflächenanalytik“

Kaiserslautern / BR Deutschland

08.07. bis 13.07.1990

IUPAC Int. Symp. on Macromolecules

Montreal / Kanada

09.07. bis 12.07.1990

Int. Conf. on the Structure of Surfaces

Shanghai / VR China

11.07. bis 13.07.1990

Int. Conf. on Manufacturing Engineering

Wollongong / Australien

15.07. bis 19.07.1990

Int. CODATA Conf. „Data for Discovery“

Columbus, OH / USA

17.07. bis 19.07.1990

Low Temperature Engineering and Cryogenics Conf.

Southampton / UK

19.07. bis 28.07.1990

Congr. and General Assembly of the Int. Union of Crystallography

Bordeaux / Frankreich

22.07. bis 27.07.1990

Int. Liquid Crystal Conf.

Vancouver / Kanada

23.07. bis 27.07.1990

Int. Conf. on Scanning Tunneling Microscopy / Spectroscopy

Baltimore, MD / USA

29.07. bis 03.08.1990

Int. Field Emission Symp.

Albuquerque, NM / USA

29.07. bis 03.08.1990

Int. Conf. on Atomic Physics
Ann Arbor, MI / USA

30.07. bis 03.08.1990

Int. Conf. on the Physics of Electro-Optic Microstructures and Microdevices
Heraklion, Kreta / Griechenland

30.07. bis 03.08.1990

Int. Conf. on the Physics of Semiconductors

Schwäbisch Hall / BR Deutschland

02.08. bis 04.08.1990

Int. Conf. on Optical Characterization of Semiconductors

Sofia / Bulgarien

05.08. bis 10.08.1990

Congr. „Optics in Complex Systems“

Garmisch-Partenkirchen / BR Deutschland

05.08. bis 11.08.1990

Int. Conf. on X-Ray Absorption Fine Structure

York / UK

06.08. bis 10.08.1990

Int. Conf. on Physics of Semiconductors

Thessaloniki / Griechenland

12.08. bis 15.08.1990

Int. Congr. on Electron Microscopy

Seattle, WA / USA

13.08. bis 15.08.1990

Conf. on Anderson Localisation and Related Phenomena

London / UK

13.08. bis 16.08.1990

Int. Conf. on Superlattices and Microstructures

Berlin / DDR

13.08. bis 17.08.1990

Int. Conf. on Solid Films and Surfaces with Exhibition

Providence, RI / USA

13.08. bis 17.08.1990

IFAC - Weltkongr. zur Meß- und Automatisierungstechnik

Tallinn, Estland / UdSSR

13.08. bis 18.08.1990

Int. Conf. on Coordination Chemistry

Gera / DDR

16.08. bis 22.08.1990

Int. Conf. on Low Temperature Physics

Brighton / UK

20.08. bis 24.08.1990

IEEE Int. Electromagnetic Compatibility Symp.

Washington, DC / USA

22.08. bis 24.08.1990

Int. Conf. on Solid State Devices
Sendai / Japan

26.08. bis 31.08.1990

Symp. on the Discovery of Transuranium Elements

Washington, DC / USA

27.08. bis 31.08.1990

World Congr. on Computational Mechanics

Stuttgart / BR Deutschland

29.08. bis 31.08.1990

IMEKO Conf. on Measurements in Clinical Medicine

Sopron/Ungarn /

WaM

Themenvorschau

Festveranstaltung aus Anlaß der Verleihung des Helmholtz-Preises 1990

Ein Resonanzionisations-Massenspektrometer als analytisches Instrument für die Spurenanalyse

Zündverhalten von Tauchsicherungen

Heterogene Detonation und indirekte Zündvorgänge

Response of Apparent Mass to Thermal Gradients

Entwurf und Optimierung eines planaren Vielfachthermokonverters zur präzisen Rückführung des Effektivwertes von Wechselgrößen auf äquivalente Gleichgrößen

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

Zwei neue Verfahren zur Bestimmung der Kompressibilität von Flüssiggas-aräometern

Gesamtemissionsgrad von zwei neuartigen schwarzen Beschichtungen

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 Kalibrierdienst, über staatlich anerkannte Prüfstellen und zur internationalen Zusammenarbeit im Meß- und Prüfwesen

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

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.

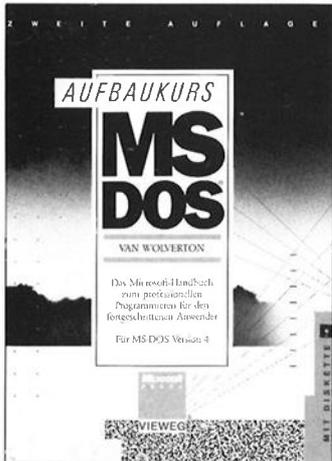
o. Prof. em. Dr.-Ing. *Herbert von Weingraber*, ehem. Direktor des Instituts für Meßtechnik und Austauschbau der Technischen Universität Braunschweig.

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



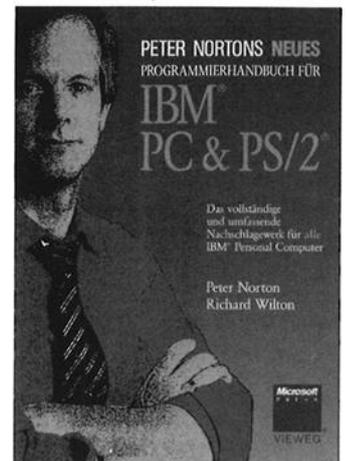
VIEWEG



Van Wolverton
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

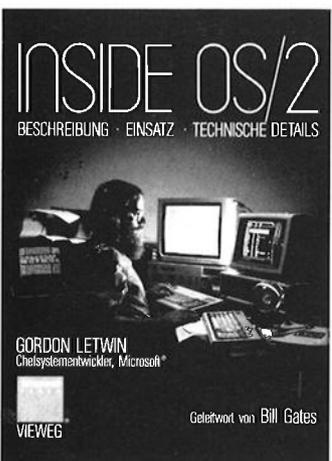


*Diskettenpreise sind empfohlene Preise

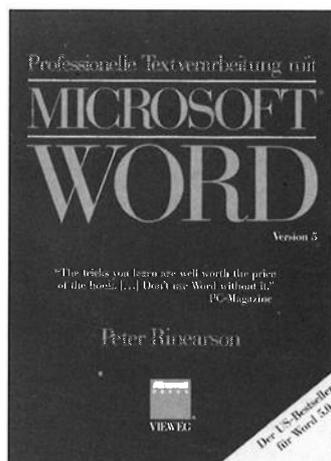


Peter Norton / Richard Wilton
Peter Nortons neues Programmierhandbuch für IBM PC und PS/2
 Das vollständige und umfassende Nachschlagewerk für alle IBM Personal Computer.
 Ein MICROSOFT PRESS / VIEWEG-Buch. 1989. XII, 493 S.
 Geb. DM 98,-
 ISBN 3-528-04704-6

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

