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

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 65 (1974)

Heft: 6

Artikel: Messmethoden und Genauigkeit von Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen

Autor: Seiler, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-915378

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 11.07.2025

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

Messmethoden und Genauigkeit von Temperatur- und Feuchtigkeitsmessungen

Von P. Seiler

536.5 : 533.275

Es werden Temperatur-Messmethoden und deren Genauigkeit erläutert, die insbesondere für die Überwachung und Kontrolle der Abwärme von Kernkraftwerken an die Umwelt eingesetzt werden. Praktische Erfahrungen und Beispiele werden angeführt.

Des méthodes de mesure de température et leur précision sont expliquées, notamment celles employées pour la surveillance et le contrôle de la chaleur répandue par des centrales nucléaires dans l'environnement. Des expériences pratiques et des exemples sont décrits.

Das Klima einer Region wird weitgehend durch die herrschende Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit sowie durch die Gewässertemperatur bestimmt. Bei der Projektierung von Kernkraftwerken hat man auf Grund dieser Tatsachen schon früh erkannt, dass diese Daten sowohl vor wie auch nach dem Bau der Werke exakt erfasst werden müssen. Während beim flusswassergekühlten Kraftwerk hauptsächlich die Wassertemperatur interessiert, rückt bei luftgekühlten Systemen mit Kühltürmen die Luftmessung in den Vordergrund. Bei beiden Kühlsystemen werden schon mehrere Jahre vor dem Bau der Kraftwerke meteorologische und hydrologische Statistiken geführt, die zum Bestand einer Standorts- und Betriebsbewilligung gehören. Alle Arbeiten erfolgen in enger Zusammenarbeit mit Wissenschaftern der Bundesbehörden.

Die Messungen selbst sollen mit einer angestrebten Genauigkeit von 0,1 °C durchgeführt werden. Dies stellt grosse Ansprüche an die Stabilität und Zuverlässigkeit der Einrichtungen. Diese Aspekte stehen deshalb im Vordergrund nachfolgender Ausführungen.

1. Wahl der Messwertgeber

Es kommt nur ein genauer, stabiler und möglichst linearer Fühler in Betracht. Als solcher hat sich allgemein der Platin-Widerstandsfühler bewährt. Die Normalausführung Pt 100 (Pt = Platin) hat 100 Ω bei 0 °C und einen Temperaturkoeffizienten (TK) $\alpha = 0{,}39\ \Omega/^{0}C$ im Bereich der Umwelttemperaturen. Verschiedene Hersteller garantieren in diesem Bereich eine Genauigkeit von 0,1 °C, wobei die Eichung nach DIN 43760 erfolgt.

2. Messmethoden

Angesichts dieser vorerwähnten Bedingungen ist die Forderung nach einer Genauigkeit von 0,1 °C allein schon durch die Toleranz des Fühlers gegeben. Man muss deshalb an die Messeinrichtung höchste Anforderungen stellen, damit der zusätzliche Fehler möglichst klein bleibt. Als Messinstrument eignet sich nur ein genaues und stabiles Digitalvoltmeter (DVM). Auf dem Markt findet man spezielle Temperaturmess-Anlagen, die meistens auf einer der im folgenden beschriebenen Grundschaltungen beruhen. Die Wahl von fertigen Anlagen oder die Zusammenstellung von universell verwendbaren Geräten richtet sich nach den Möglichkeiten und Absichten des Anwenders. Liefertermine, Referenzen und Koordinationsbestrebungen können die Wahl der Fabrikate und der Anordnung ebenfalls beeinflussen.

Als Grundschaltung wird in der Regel die klassische Brükkenmethode angewendet. Sie hat den Vorteil, dass sie bei richtiger Dimensionierung den Temperaturwert direkt anzeigt; sie benötigt aber bei grösseren Messbereichen eine Linearisierung der Brückenspannung. Der mit steigender Temperatur leicht sinkende TK des Platins kann hier vernachlässigt werden. Der Zuleitungswiderstand zu den Fühlern ist hingegen nicht immer ohne Einfluss auf die Genauigkeit. Man unterscheidet deshalb die Zwei-, Drei- und Vierleiter-Methode.

2.1 Zweileitermethode

Aus Fig. 1 ist ersichtlich, dass der Zuleitungswiderstand direkt in den Fühlerwiderstand eingeht. Die Brücke ist infolgedessen oft auf einen festen Vorwiderstand, z. B. 10 Ω, geeicht. Die Differenz zum Leitungswiderstand wird im Betrieb mit einem Abgleichwiderstand ergänzt. Es verbleibt schliesslich noch der TK des Zuleitungskabels zu berücksichtigen, welcher z. B. bei 5 Ω Leitungswiderstand bei einer Änderung um 20 °C einen Fehler von rund 1 °C verursacht. Diese Schaltung ist aus diesem Grunde für die hier betrachteten Zwecke weniger geeignet, es sei denn, man verwendet ganz kurze, dicke Leitungen oder notfalls ein Kompensations-Aderpaar im Gegenzweig der Brücke.

2.2 Dreileitermethode

Bei der Dreileitermethode (Fig. 2) ist ein Fühleranschluss doppelt geführt. Man sieht, dass sich die Spannungsabfälle über die Zuleitung bei $I_1 = I_2$ kompensieren. Aber daraus entsteht die Bedingung, dass die Zuleitungswiderstände der Adern 1 und 2 immer gleich gross sein müssen. Für die Einstellung muss anstelle des Fühlers zuerst ein Eichwiderstand angebracht werden. Danach wird der Ausgleich mittels Zusatzwiderstand in einer Ader hergestellt. Problematisch wird die Angelegenheit allerdings bei ungleicher Veränderung der Leiterwiderstände, wie beispielsweise bei einseitiger Sonnenbestrahlung des Kabels. Bei 2 Ω Aderwiderstand und 5 °C Temperaturdifferenz der Adern 1 und 2 resultiert bereits ein Messfehler von ca. 0,1 °C.

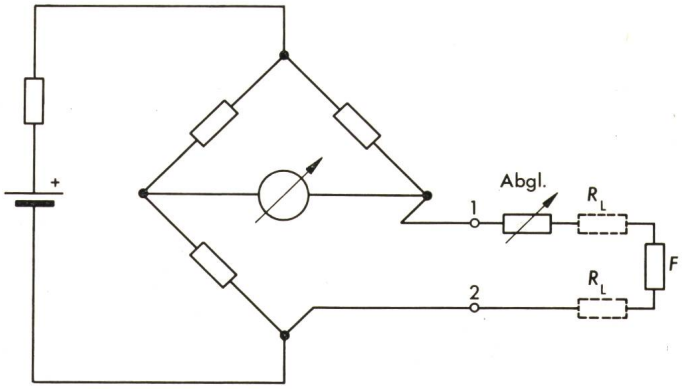

Fig. 1 Zweileiter-Brückenschaltung

R_L Zuleitungswiderstände
F Platin-Widerstandsfühler
Abgl. Ergänzungs-Abgleichwiderstand

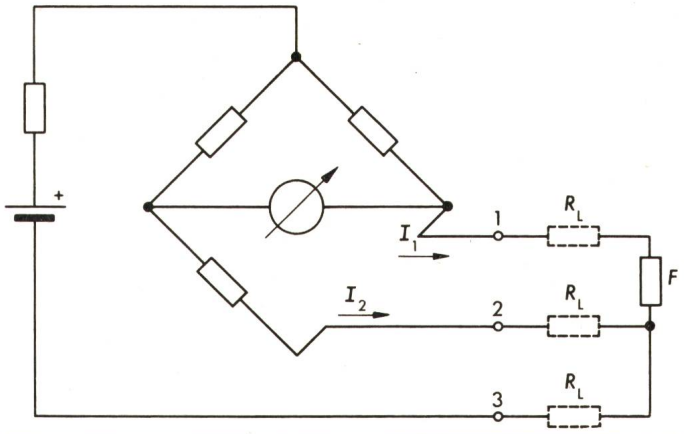

Fig. 2 Dreileiter-Brückenschaltung
I_1, I_2 Brückenströme
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

2.3 Vierleiter-Brückenschaltung

Die Nachteile der Dreileitermethode (Fig. 3) sind bei der Vierleiter-Brückenschaltung weitgehend eliminiert, da die Adern A–B und C–D für den Spannungsvergleich praktisch keinen Strom führen. Die eingezeichneten Widerstandswerte ergeben 1 mV/°C bei Pt 100, so dass ein Digitalvoltmeter (DVM) mit dem Bereich ± 199,9 mV eine direkte Ablesung der Temperatur gestattet. Wie bei allen Brückenschaltungen müssen sehr stabile Widerstände und hochwertige Abgleichpotentiometer verwendet werden. Die Stabilität der Speisespannung fällt erst bei den Extremwerten des Messbereiches stärker ins Gewicht. Die hohe Brückenspannung mit entsprechend hohen Widerständen in der unteren Gabel bietet insofern Vorteile, weil der Strom bei Änderungen des Pt-Fühlerwiderstandes in beiden Ästen praktisch konstant bleibt. Das Messinstrument sollte in allen Brücken mit Schutzdioden gegen Überspannung (z. B. bei offenem Fühleranschluss) geschützt werden.

2.4 Vierleiter-Serieschaltung

Bei der Registrierung auf Lochstreifen und anschliessender Auswertung durch einen Rechner kann darauf verzichtet werden, die Ausgabe des Digitalvoltmeters direkt in °C zu eichen. Da in solchen Fällen meistens auch mehrere Temperaturen zu erfassen sind, wird mit Vorteil eine Datenfassungsanlage (Data-Logger) eingesetzt, die gleichzeitig auch die Zeitangabe liefert. Die Schaltung benötigt zudem nur zwei Kontakte pro Fühler für die Durchschaltung (Scanner) zum Digitalvoltmeter. Die weiteren Adern der Vierleiter-Fühler sind extern in Serie geschaltet und werden von einem sehr stabilen Konstantstrom-Netzgerät gespeist. Es wird nur der Spannungsabfall U_F jedes Fühlers in festen Zeitfolgen mittels eines Digitalvoltmeters gemessen, codiert und eingelocht. Im Stromzweig liegt noch ein temperaturstabiler Präzisionswiderstand mit einer Toleranz $\leq 0{,}01\,\%$. Dessen Wert entspricht genau dem Widerstand eines Fühlers bei 0 °C. Der Spannungsabfall U_R an diesem Referenz-Widerstand wird wie an einem Fühler gemessen. Die Abtastung erfolgt praktisch leistungslos und damit unabhängig vom Leitungswiderstand.

Der Temperaturwert errechnet sich nun aus:

$$\frac{U_F\,[\mathrm{mV}] - U_R\,[\mathrm{mV}]}{K}$$

wobei $K = I\,[\mathrm{mA}] \cdot \alpha\,[\Omega/{}^0\mathrm{C}]$

Die Anordnung bietet den Vorteil, dass sich Fehler durch die Drift des Stromes oder des Messinstrumentes nach der Rechnung innert weiten Grenzen kompensieren und kein Vorzeichen berücksichtigt werden muss. Das Vorzeichen erscheint erst im Protokoll. Ferner fällt jede Abgleicharbeit weg. Es wird nur der Strom für die Referenzspannung U_R erstmalig eingestellt. Die Stabilitätsanforderungen an die DVM sind weniger hoch als bei Brückenschaltungen. Die Konzeption hat sich, verbunden mit Datenerfassungsanlagen, in mehreren Ausführungen durch ihre Einfachheit, Stabilität und Zuverlässigkeit bewährt. Die elektrische Subtraktion $U_F - U_R$ mit einer festen Gegenspannung im DVM-Eingang kann nicht empfohlen werden, weil die Drift einer Speisung einen direkten Messfehler erzeugt. Die Methode ist nur dann sinnvoll, wenn mit der beschriebenen Vierleiter-Serieschaltung eine direkte Anzeige bei weniger hohen Ansprüchen erwünscht ist.

2.5 Driftkompensierte Brückenschaltungen

Das Prinzip der Referenzbildung kann auch bei allen Brükkenschaltungen angewendet werden, indem man zusätzlich eine Messung an einem genauen 0°-Referenzwiderstand vornimmt. Der darüber angezeigte Wert kann direkt als Korrektur dienen. Diese Referenz kompensiert allerdings nur eine allfällige Drift der Messeinrichtung und berücksichtigt keine Leitungs-Einflüsse. In Datenerfassungsanlagen müssen die Scannerkontakte bei Verwendung einer gemeinsamen Brücke überlappend weiterschalten, da das Messgerät bei offener Brücke überlastet würde.

3. Weitere Massnahmen

Weitere Massnahmen, die bei allen Temperaturmessanlagen zur Erhöhung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit beitragen, sind die folgenden:

Niedrige Zuleitungswiderstände und gute Isolation. Jede Nahtstelle (z. B. Klemmen, Schalter und Stecker) in der Zuleitung soll nach Möglichkeit eliminiert werden. Kontaktstellen, die gelötet sind, bringen am wenigsten Schwierigkeiten. Bei unvermeidbaren Steck- oder Schraubkontakten dürfen nur vernachlässigbare galvanische und thermische EMKs entstehen.

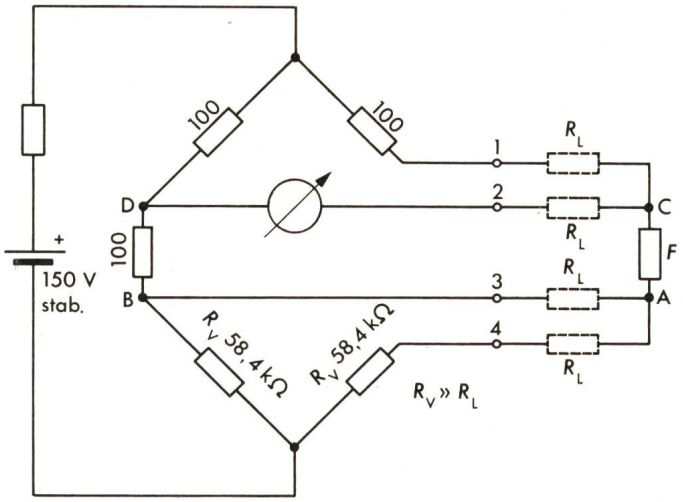

Fig. 3 Vierleiter-Brückenschaltung
A, B, C, D Vierleiter-Anschlüsse
R_V hochohmige Brückenwiderstände
Weitere Bezeichnungen siehe Fig. 1

Fühler auf Messtürmen sind statischen Entladungen ausgesetzt. Blitzschutzsicherungen sollen in lötbaren Ausführungen verwendet werden. Eine gute Erdung aller Geber-Halterungen und Glimmstrecken-Ableiter an jeder Ader vor dem Eintritt zu den Geräten kann unter Umständen grösseren Schaden abwenden.

Hohe Parallel- oder Serie-Einstreuungen auf den Zuleitungs-Aderpaaren können die Messgenauigkeit des DVM beeinträchtigen oder sogar die Funktion eines Loggers stören. Erdsymmetrische und abgeschirmte Zuleitungen sind sehr empfehlenswert. Es ist zudem günstig, zusätzlich alle Fühleradern vor dem Eintritt in die Geräte einzeln durch hochwertige Kondensatoren sowohl gegen Erde wie auch Ader gegen Ader abzublocken. (Richtwerte: 0,1 µF gegen Erde, 2...10 µF Ader gegen Ader.) Wird die Filterung nur am DVM-Eingang vorgenommen, so muss eine genügend lange Integrationszeit angenommen werden, damit sich das DVM nach jeder Umschaltung auf einen neuen Messwert sicher auf den Endwert einstellen kann. Dies bedingt allerdings eine wesentlich langsamere Abtastgeschwindigkeit der verschiedenen Meßstellen. Im DVM bereits eingebaute Eingangsfilter müssen im Zusammenhang mit Data-Loggers unter Umständen ausgeschaltet werden.

500- oder 1000-Ω-Pt-Fühler erzeugen gegenüber Pt 100 eine 5- bzw. 10fache Meßspannung bei gleichem Fühlerstrom. Allfällig noch vorhandene Fremdeinflüsse werden um den gleichen Faktor vermindert. Solche Fühler sind ebenfalls nach DIN 43 760 mit einer Toleranz von ± 0,1 °C im Umwelttemperaturbereich herstellbar. Bei einem Fühlerstrom von 2,56 mA erreicht man mit Pt 1000 eine Spannungsänderung von 10 mV/°C. Bei einer Digitalvoltmeter-Auflösung von 1 mV ergibt dies eine Ablesung auf 0,1 °C. Der Eingangswiderstand des DVM sollte mindestens den 10^4fachen Wert des Fühlerwiderstandes aufweisen.

Der Fühlerstrom verursacht eine Eigenerwärmung des Pt-Drahtes, was einer Verschiebung des Nullpunktes gleichkommt. Der Einfluss beträgt ca. 0,02 °C/mW und hängt noch von der Wärmeableitung des Pt-Drahtes ab. Wird in den Schaltungen nach Fig. 1..3 ein Loggersystem und eine gemeinsame Brücke verwendet, so fällt die Eigenerwärmung des Fühlers weniger ins Gewicht, da kurz nach dessen Anschaltung ein Messwert geholt wird. Diese Faktoren sind in der Eichvorschrift für den Hersteller zu berücksichtigen.

Sind alle obengenannten schädlichen Einflüsse auf die Messgenauigkeit so weit als möglich eliminiert, so bleibt noch der *Fehler des Fühlers und gegebenenfalls des Referenzwiderstandes* übrig. Man muss sich fragen, ob eine weitere Erhöhung der Genauigkeit oder Auflösung wie sie z. B. mit Quarzthermometern erreicht wird, sinnvoll und preislich tragbar ist. Genaue Messungen in bewegten Flüssigkeiten, z. B. in Flüssen, lassen sich ohne zusätzliche Einflüsse gut verwirklichen. Problematisch wird die Messung in der Luft, weil die Strahlung, Strömungsgeschwindigkeit, Zeitkonstante, Niederschläge und Luftverschmutzung die Messung verfälschen können. Der Versuch einer genauen Eichung der Messanlage mit Vergleichs-Hg-Eichthermometern kann an obgenannten Beeinflussungen scheitern und kann deshalb in einem gemeinsamen Bad mit bewegter Flüssigkeit bessere Resultate ergeben. Durch verschiedene Massnahmen versucht man die Streuungen in der Luft auf ein Minimum zu verringern. Dies geschieht mittels doppelwandigen, glanzverchromten Schutzrohren gegen Strahlung und Konvektion und durch künstliche Ventilation mit möglichst konstanter Strömungsgeschwindigkeit. Für die Luft scheint eine Messgenauigkeit von ± 0,2 °C die obere Grenze darzustellen. Meist ist aber der absolute Wert der Temperatur weniger wichtig als die Übereinstimmung der einzelnen Messfühler eines Messnetzes, weil die Temperaturdifferenzen für die Bestimmung von Gradienten und der Feuchtigkeit oft sehr klein sein können und sich dann ein Fehler stark auswirkt. Ein gegenseitiger Abgleich auf ± 0,1 °C ist hier möglich. Dabei sind gemeinsame Messglieder (Brücke, DVM) Voraussetzung, damit sich deren Drift nach der Differenzrechnung aufhebt.

Bei psychrometrischen Messungen mit je einem trockenen und einem feuchten Geber muss für eine konstante Befeuchtung des einen Fühlers gesorgt werden. Es hat sich gezeigt, dass die hierzu verwendeten Docht-Strümpfe pro Monat 1...2 Mal erneuert werden müssen, da die korrekte Befeuchtung und Verdunstung infolge Luftverschmutzung mit der Zeit nachlässt. Bessere Resultate bei kleinerem Unterhalt und bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers ergibt das LiCl-Verfahren, das als Messwertgeber ebenfalls Pt-Fühler benützt. Bei solchen indirekten Methoden mit mehreren nichtlinearen Parametern zeigt sich der Vorteil der digitalen Aufzeichnung sehr deutlich, da der Computer in der Lage ist, nebst den Temperaturen auch deren Differenzen, den Taupunkt und die relative Feuchtigkeit direkt zu protokollieren, wogegen die analoge Registrierung (Schreiber) mühsame, ja geradezu unbezahlbare Auswertarbeit verlangt.

Fig. 5 zeigt eine schwimmende Messanordnung (Methode nach Fig. 4, Baujahr 1968), mit 4 Meßstellen Pt 1000 über die Flussbreite verteilt. Die Fühler befinden sich bei jedem Wasserstand dauernd 60...80 cm unter der Wasseroberfläche. Man erhält auf diese Weise ein gutes Bild über die Durchmischung des Kühlwassers mit dem Fluss. Fig. 6 zeigt eine temporäre Anordnung für psychrometrische und LiCl-Feuchtigkeitsmessung im Zusammenhang mit der Standortuntersuchung für ein Kernkraftwerk mit Kühltürmen (Ausführung nach Methode

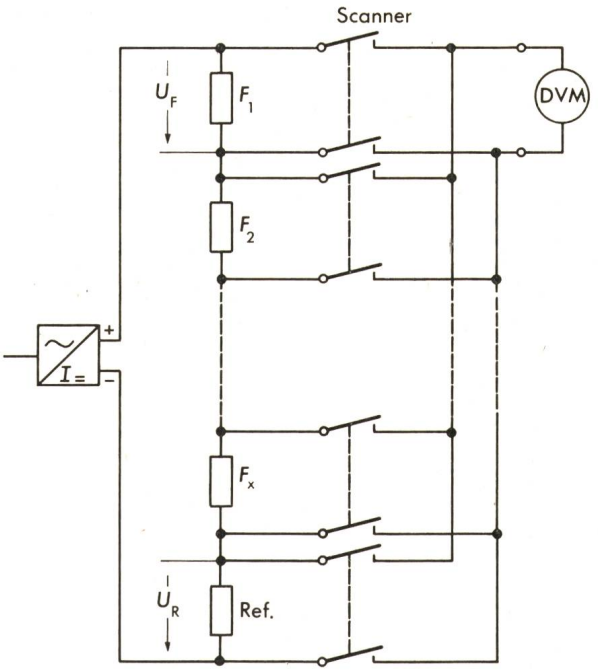

Fig. 4 Vierleiter-Serieschaltung
U_F Spannungsabfall über Fühler
U_R Spannungsabfall über Referenzwiderstand *Ref.*
DVM Digitalvoltmeter

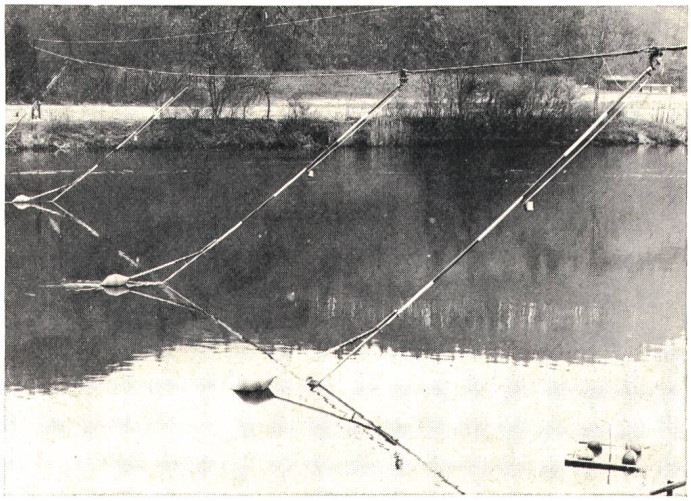

Fig. 5 Flusswasser-Temperaturerfassung

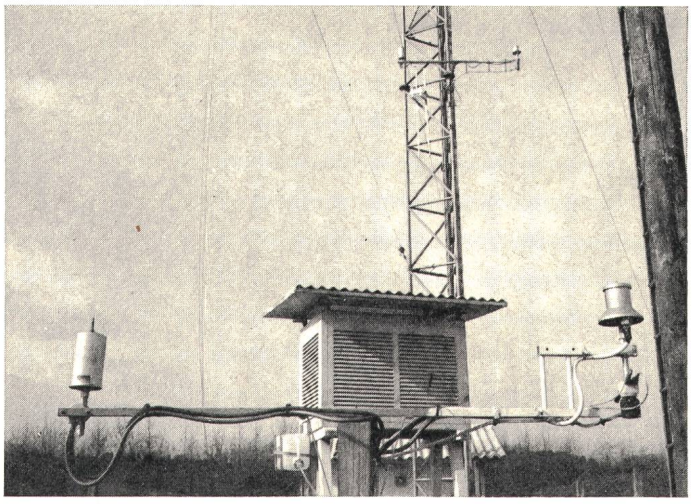

Fig. 6 Luft-, Temperatur- und Feuchtigkeitsmessung

Fig. 3 und Data-Logger-Anschluss). Solche Einrichtungen sind an Messtürmen auf verschiedenen Höhen angebracht und erlauben die Bestimmung von Temperaturgradienten und Luftfeuchtigkeiten. Die meist parallel dazu verlaufenden Wind-, Regen- und Sonnenscheindauermessungen sind weitere Bestandteile solcher Untersuchungen. Alle Geber arbeiten oft unter harten Umweltbedingungen und ohne ständige Überwachung. Ein einwandfreier Betrieb verlangt neben guter Wartung periodische Eichkontrollen mit Vergleichsthermometern und Referenzwiderständen. Der Mehrpreis durch den Einsatz höchster Qualität an Material und Arbeit kann durch den verringerten Unterhalt und den höheren Prozentsatz an brauchbaren Resultaten bald aufgewogen sein.

Literatur

[1] *T. G. Claggett* and *R. W. Worrall:* Temperature measurement and sensor selection. Part 2. Honeywell Instrumentation 21(1968)1, p. 6...10.

[2] *T. Gray* and *D. I. Finch:* How accurately can temperature be measured? Physics Today 24(1971)9, p. 32...40.

[3] *G. Hofmann:* Meteorologisches Instrumentenpraktikum. Wissenschaftliche Mitteilungen. Meteorologisches Institut. Universität München Nr. 5, 1960.

[4] *J. F. Swindells:* Precision measurement and calibration. Selected NBS papers on temperature. NBS Special Publication 300, Volume 2. Washington, Superintendent of Documents, US Government Printing Office, 1968.

[5] *H.-P. Zwicky:* Temperaturmessung mit Widerstandsthermometern. Chemische Rundschau 25(1972)49, S. 1675...1677.

Adresse des Autors:

P. Seiler, Ingenieur, Bernische Kraftwerke AG, Dr.-Schneider-Strasse 14, 2560 Nidau.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzung der SC 12C, Matériel d'émission radioélectrique, vom 26. bis 28. September 1973 in Berlin

Unter dem Vorsitz von C. Beurtheret trat das SC 12C vom 26. bis 28. September 1973 in Berlin zusammen. An den Sitzungen nahmen 19 Abgeordnete aus 9 Ländern teil sowie je ein Beobachter vom CIRM und vom Central Office, während die EBU durch 2 Abgeordnete vom U. K. vertreten war. Seit der letzten Sitzung vom September 1972 in Budapest ist die Publikation 244-3B, Méthodes de mesure applicables aux émetteurs radioélectriques, Troisième partie: Modulation parasite, der CEI erschienen. Die Publikation 244-4, Quatrième partie: Caractéristiques Amplitude/Fréquence et Distorsion de non-linéarité, ist noch im Druck. Ebenso die verschiedenen Modifikationen zu 244-1, 244-1A, 244-2 und 244-2A. Ausserdem sind verschiedene Dokumente zu den Publikationen 244-5 (Télévision) und 244-6 (Rayonnement des structures) international akzeptiert worden, so dass ihr Druck vorbereitet werden kann.

Das Dokument *12A/12C(Bureau Central)71/87,* Méthodes de mesure applicables au matériel radioélectrique utilisé dans les services mobiles, ist von 18 Ländern angenommen und von 2 abgelehnt worden. Da das SC 12F, an welches die Arbeiten über «Services mobiles» abgetreten worden sind, seinerseits ein Dokument *12F(Secrétariat)8* über die gleiche Materie herausgegeben hat, wird der Entscheid des Präsidenten des SC 12F abgewartet. Ähnlich liegen die Verhältnisse beim Dokument *12C(Bureau Central)101.* SC 12F hat ein anderes Konzept aufgezogen.

Die pièce de résistance bildete das Dokument *12C(Secrétariat)117,* Revision de la Publication 215 de la CEI, Règles de sécurité applicables aux matériels d'émission radioélectrique. Mit dem Ziel, die unübersichtliche Publikation 215 besser lesbar zu gestalten, war sie im Dokument neu geordnet und die Messmethoden mit den Anforderungen vereinigt worden. Es zeigte sich aber, dass von verschiedenen Seiten jetzt auch Wünsche geäussert wurden, die erhebliche technische Änderungen zur Folge haben. Die GT 1 wurde deshalb gebeten, sich nochmals mit einer Neubearbeitung zu befassen, und man gab ihr auf Grund der vorliegenden Kommentare Weisung in den wesentlichsten Punkten: Die Reizschwelle von 0,7 mA peak soll als Grenze für ungefährliche Ströme beibehalten werden. Aus Konsequenzgründen werden damit die 72 V peak als Spannungsgrenze in Frage gestellt. Sie können (und sollen) beibehalten werden, wobei für die Feststellung – damit implicite als Anforderung an die innere Quellenimpedanz – 100 kohm Seriewiderstand (statt 2000 Ohm) angewendet werden sollen. Die Zeit, innerhalb welcher auf mittlere Spannungen geladene Kondensatoren sich entladen sollen, war erneut Gegenstand von Diskussionen. Die GT 1 muss einen neuen Vorschlag ausarbeiten. Die Forderung, dass Kopfhörer für 1000 V isoliert sein sollen, wurde fallengelassen. Dagegen dürfen sie nur mit ungefährlichen Quellen verbunden oder ein Pol muss geerdet sein. Bei Vorschriften über Bauelemente soll auf die bestehenden Publikationen verwiesen werden, ohne sie in extenso wiederzugeben. Die Sicherheitsgrenze für nichtionisierende Strahlung soll auf 100 W/m² festgelegt werden ohne Zeitangabe, da sich das Dokument auf Material und nicht auf Dienstbetrieb bezieht.

Die folgenden Dokumente betreffen alle die Rayonnement des structures et tensions perturbatrices aux bornes des matériels, Chapitre II: Rayonnement des structures aux fréquences comprises entre 30 MHz et 1 GHz. Das erste Dokument *12C(Secrétariat)116,* Emetteurs moyens, méthode de substitution, wird von