

Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 57 (1965)
Heft: 10

Artikel: Fernmessung von Durchfluss und Fernzählung der Totalwassermenge
Autor: Reyss-Brion, D.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-921042>

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: 16.04.2026

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

halten und gegenüber Wetter und Wind beständig sein. Es liegen keine Angaben über Schäden vor, die auf solche Ursachen zurückzuführen wären.

Es wurden wenig Erfahrungen darüber gesammelt, wie eine Asphaltdecke den Einwirkungen von Eis widersteht. In Deutschland beobachtete man, dass die Eisdecke nicht nennenswert am Asphalt festfriert, selbst wenn das Reservoir mit Eis bedeckt war, oder dass offenes Wasser zwischen Eis und Asphaltdecke vorhanden war. Dies kann damit erklärt werden, dass die Temperatur der Decke auf der Höhe des Eises infolge des Wärmereservoirs im Damm und im tiefer liegenden Wasser über dem Gefrierpunkt bleibt.

Auch wenn das Eis nicht festfriert, so wäre denkbar, dass es während des Hinuntergleitens beim Absinken des Wasserspiegels trotzdem Schaden anrichten könnte. Schäden solcher Art wurden von keinem Damm gemeldet, und aus der Schweiz wird berichtet, dass das Eis sehr leicht und ohne schädliche Einwirkungen über die Decke hinuntergleitet (J.-C. Ott, 1960). Auch beim Montgomery-Damm wurde die Decke durch das Eis nicht beschädigt. Laborversuche mit festgefrorenem Eis zeigten, dass das Eis bis zum Bruch belastet werden konnte, ohne dass die Decke beschädigt wurde (Vanderlip, Scheidenhelm und Snethlage, 1958).

Die Frage der Dauerhaftigkeit von Asphaltbeton kann nicht beantwortet werden, ohne dass gleichzeitig die erwartete Lebensdauer angegeben wird. Man verfügt über Erfahrungen mit Dämmen, deren ältester ca. 25 Jahre alt ist, die meisten sind aber nicht mehr als zehn Jahre alt. Immerhin hat man Grund, anzunehmen, dass Asphaltbeton als Dichtungsdecke zumindest gleich dauerhaft ist wie Zementbeton.

Man kommt also zum Schluss, dass Asphaltbeton als Dichtungsbelag auf einem geschütteten Damm eine vertretbare Lösung darstellt, solange sie wirtschaftlich konkurrenzfähig ist. Allerdings muss betont werden, dass nur eine richtige Projektierung und eine sorgfältige Ausführung ein zufriedenstellendes Resultat geben.

LITERATUR

- ASBECK, W. F. VAN / DEMPWOLFF, R.: Bitumen im Wasserbau; ein Nachschlagwerk. — London, Shell Petroleum Co. Ltd. 1955; 160 S.
- ASBECK, W. F. VAN: The use of asphaltic bitumen for sealing earth and rock-fill dams. — International Congress on Large Dams, Transactions, Question 27, R. 5, Roma 1961; 17 S.
- CARLOS, A. DA P. / SANCHES, DA S.: Aims and conditions of the utilization of bituminous products in some Portuguese dams. — International Congress on Large Dams, Transactions, Question 27, R. 105, Roma 1961, 19 S.
- CARUSO, B. / PANCINI, M.: La diga di Maria al Lago; sbarramento secondario in materiale sciolto del serbatoio della Fedaià — Geotecnica, Bd. 4, Nr. 5, 1957; S. 221–238.

KEHRLI, W.: Die Ausgleichbecken Wanna und Safien-Platz der Kraftwerksgruppe Zervreila — Hoch- und Tiefbau, Nr. 6, 7, 8, 1960; (Schweizerische Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik. Veröffentlichungen, 23). 10 S.

KJÆRNSLI, B.: Deformasjoner av fyllingsdammer. — Teknisk ukeblad, (NGI, Publ. 48), Bd. 109, Nr. 11, 1962, S. 249–258.

LAUTERWALL, R. / ENDER, R.: Die Wasserversorgung des Kreises Mondschau — Gesundheits-Ingenieur, Bd. 77, Nr. 15/17, 1956; S. 243–250.

OTT, J.-C.: La construction du barrage de Bou-Hanifia «Algérie» — Bulletin technique de la Suisse Romande, Febr., 1944; 22 S.

OTT, J.-C.: Expériences faites au cours de la construction des bassins de compensation d'Éggen «Energie Electrique du Simplon» et du Bergli «Simmenthaler Kraftwerke A.-G.» — Schweizerische Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik. Veröffentlichungen, 23, S. 1–16.

POSCH, E. VON: Die Steindamm-Talsperre am Rotgüldensee — Österreichische Ingenieur-Zeitschrift, Bd. 2, Nr. 2, 1959; S. 64–67.

RÜEGG, W. C.: Asphalt-Dichtungsbeläge für Ausgleichbecken — Schweizerische Bauzeitung, Bd. 78, Nr. 21, 1960; (Schweizerische Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik. Veröffentlichungen, 23) S. 342–345.

SALVA, J.: The Sarno-dam — Travaux, Bd. 39, Nr. 247, supplément, 1955; S. 179–189.

SCHEIDENHELM, F. W. / SNETHLAGE, J. B. / VANDERLIP, A. N.: Montgomery dam; rock fill with asphaltic concrete deck — American Society of Civil Engineers. Proceedings, Bd. 84, Nr. PO 1, paper 1556, 30 S. American Society of Civil Engineers. Transactions, Bd. 125, 2. Teil, 1960, 1958; S. 431–464.

SCHUSTER, R.: Asphaltbeton-Dichtungen im Talsperrenbau — Baumaschine und Bautechnik, Bd. 4, Nr. 4, 1957; S. 111–117.

SCHUSTER, R.: Dammbau und Asphaltbeton-Dichtung der Hennetal-sperre — Bitumen, Bd. 19, Nr. 8/9, 1957; S. 183–189.

Shell Petroleum Co., Ltd. Bitumen Department: Waterproofing the Genkeltal dam, Germany. London — Hydraulic works circular, 1957.

SHERARD, J. L.: A current review of experiences with asphaltic concrete impervious membranes on the upstream slope of earth and rock-fill dams — Symposium on the Use of Asphalt in Hydraulic Structures, Bakersfield, Cal., 1961; 40 S.

THEVENIN, J.: Le barrage du Ghrib — Travaux, Bd. 42, 1958; S. 711–731.

THEVENIN, J.: Barrage du Ghrib «Algérie»; observations et études sur le vieillissement du masque en béton bitumineux — International Congress on Large Dams, 7. 1961. Transactions, Question 27, R. 36, Roma 1961; 28 S.

TOLKE, F.: Entwicklungslinien im Talsperrenbau unter besonderer Berücksichtigung der Steindämme und Beton-Steinmauern — Wasserwirtschaft, Bd. 42, Nr. 4, 1952, S. 89–120.

VANDERLIP, A. N. SCHEIDENHELM, F. W. / SNETHLAGE, J. B.: Laboratory investigation of asphaltic concrete, Montgomery dam, Colorado — New York 1958; 78 S.

VERCON, M. / MARKOVIC, M.: Masque d'étanchéité en béton bitumineux du barrage de Radoïna — International Congress on Large Dams, 7. Transactions, Question 27, R. 44, Roma 1961; 14 S.

VORMERINGER, R.: Constitution d'un masque souple et raccordement aux ouvrages rigides. «Barrage de l'Irtil Emda sur l'Oued Agrioun». — International Congress on Large Dams, 5. Transactions, Bd. 4, Paris 1955; S. 951–988.

FERNMESSUNG VON DURCHFLUSS UND FERNZÄHLUNG DER TOTALWASSERMENGE

D. Reyss-Brion (Paris)

DK 532.57

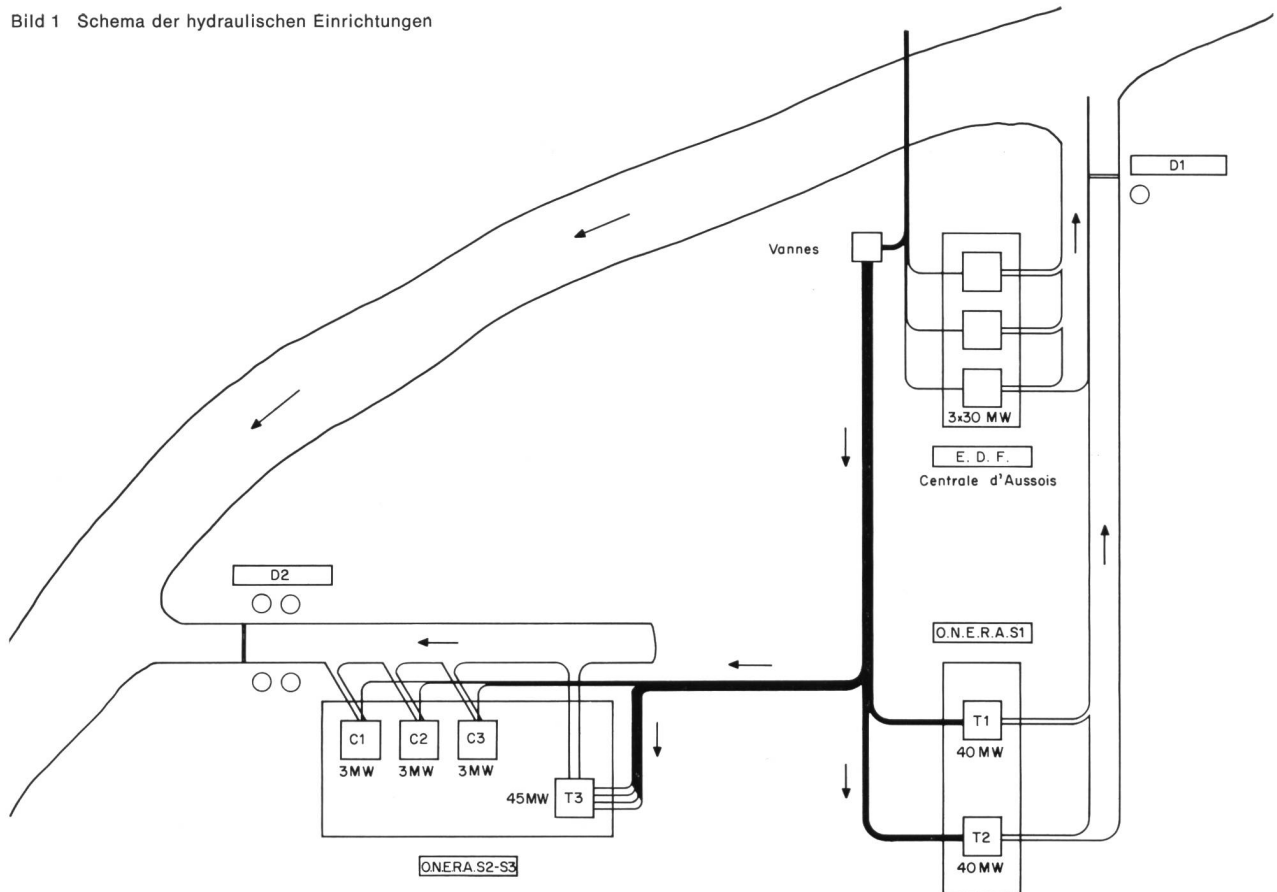
Es wird eine im Jahre 1964 in Frankreich in Betrieb genommene Anlage beschrieben, die den Durchfluss und die Menge von Wasser misst und registriert und die von Windkanalantrieben verbrauchte hydraulische Energie für Verrechnungszwecke zählt.

Das staatliche Bureau für Raumfahrtstudien und -Forschung ONERA (Office National d'Études et de Recherches Aérospatiales) hat bei Modane ein Forschungszentrum errichtet, das mit sehr leistungsfähigen Windkanälen für Studien an Modellen von Flugkörpern ausgerüstet ist. Die Ventilatoren oder Kompressoren der Windkanäle werden von

Pelton-turbinen angetrieben. Zur Zeit sind drei Windkanäle in Betrieb (siehe Bild 1):

1. Der Windkanal im Schallbereich S1 — MA für Dauerbetrieb ist ausgerüstet mit zwei gegenläufigen koaxialen Ventilatoren, die von zwei Turbinen T1, T2 von je 40 MW angetrieben werden. Der Durchfluss dieser Turbinen variiert von 0...12 m³/s. Der Abwasserkanal ist mit einer Ueberfall-Mess-einrichtung D1 ausgestattet — mit separaten Mess-Schächten am Ufer —, welche die Messung des Wasserniveaus gestattet.

Bild 1 Schema der hydraulischen Einrichtungen



2. Der Ueberschallwindkanal S2 — MA für Dauerbetrieb wird durch eine Peltonturbine von 45 MW mit einem Durchfluss von 0...8,5 m³/s angetrieben.

3. Der Ueberschallwindkanal für Stossbetrieb S3 — MA wird von drei Kompressoren gespeist:

- Kompressor mit Abgabe in die Luft
- Kompressor mit Abgabe in Behälter
- Vakuumpumpe für Behälter

Diese Kompressoren werden von Peltonturbinen (C1, C2, C3) angetrieben, deren Durchfluss pro Turbine zwischen 0,24 bis 0,45 m³/s variiert.

Die Turbinen der Windkanäle S2 — MA und S3 — MA haben einen gemeinsamen Abwasserkanal, der an seinem Ende eine Ueberfallmesseinrichtung D2 mit vier seitlichen Messrohren aufweist.

Die Electricité de France (E. d. F.) besitzt die Exklusivwasserrechte der Gegend; sie nutzt sie normalerweise zur Erzeugung von Spitzenenergie. Die Installationen der ONERA liegen tiefer als jene der E. d. F. und sind mit den Anlagen der E. d. F. durch eine Druckleitung verbunden, welche an die Hauptleitung der E. d. F. mit Schiebern angeschlossen ist. Die von der E. d. F. gelieferte hydraulische Energie entspricht einer bestimmten elektrischen Energie, die der ONERA nach den in Frankreich gültigen Tarifen verrechnet wird.

Landis & Gyr hatte die Aufgabe, eine einfache, aber genaue Mess- und Summiereinrichtung vorzusehen für die Zählung im Dreifachtarif und die Registrierung des Momentanwertes des Durchflusses und zusätzliche Signalisierungen und Anzeigen.

MESS- UND ZÄHLSYSTEM

Ursprünglich bestand die Messeinrichtung in einer Kontroll-einrichtung im Abwasserkanal des Windkanals S1 — MA

mit Uebertragung des Wasserstandes in die Gebäude der ONERA sowie in die Zentrale Aussois der E. d. F. Beim Bau der Windkanäle S2 — MA und S3 — MA im Jahre 1959 wurde eine Messeinrichtung am Ueberfall D2 des gemeinsamen Abwasserkanals dieser beiden Windkanäle eingebaut.

Da diese Einrichtungen sehr kleine Durchflüsse (stossweise Durchflüsse) des Windkanals S3 — MA nicht erfassen können, wurde 1961 von der ONERA und der E. d. F. entschieden, für alle Windkanäle geeignete Anlagen anzuschaffen. Diese Anlagen wurden bei der Landis & Gyr AG bestellt und 1963/64 eingebaut.

Die Durchflussmessung wird durch eine Bestimmung der Ueberfallhöhe am Wasserüberfall durchgeführt. Es besteht zwischen Durchfluss und Ueberfallhöhe die Beziehung:

$$Q = kh^{3/2}$$

Dabei bedeuten:

Q = Durchfluss in m³/s,

h = Ueberfallhöhe,

$$k = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g}$$

(Konstante, abhängig von der Form des Ueberfalls)

hierin sind:

$$\mu = 0,605 + \frac{1}{1000 h} + 0,08 \frac{h}{t}$$

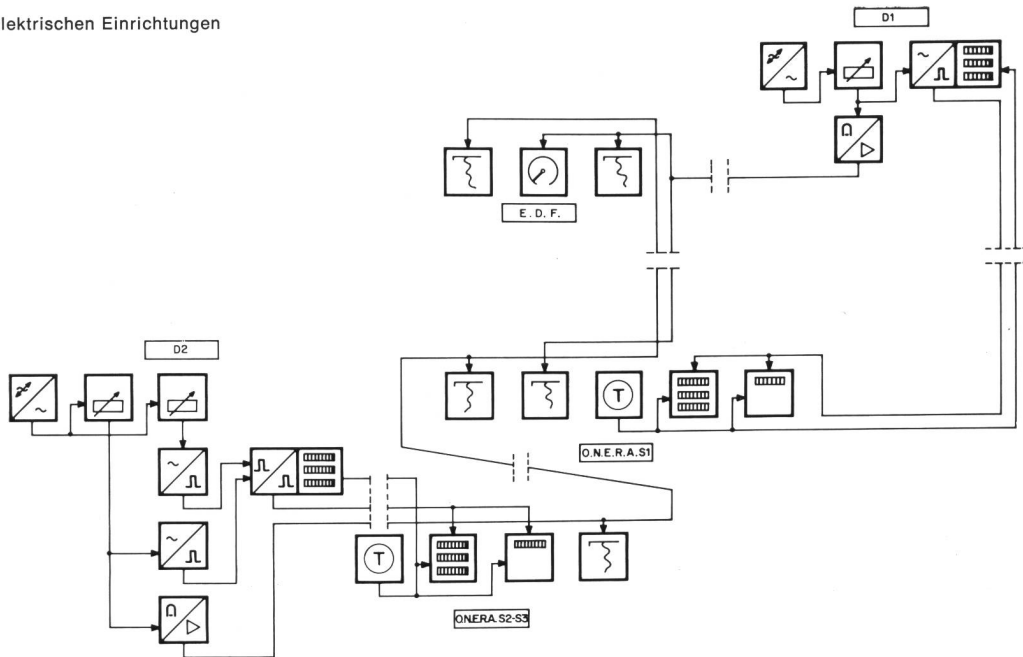
t = Höhe der Ueberfallkante,

b = Breite des Ueberfalls in m,

g = Erdbeschleunigung in m/s².

Die Resultate von Kontrollmessungen an den Ueberfallstellen wurden für die Eichung des Stellungsgebers verwendet, der das Wasserniveau des Ueberfalls misst. Dieser Stellungsgeber besteht aus einem Potentiometer, dessen Achse mit einem von einem Schwimmer bewegten Stiftenrad ver-

Bild 2 Blockschema der elektrischen Einrichtungen



bunden ist. Der Schwimmer ist in einem separaten Messschacht untergebracht und so vor den turbulenten Strömungen geschützt. Die lineare Änderung des Widerstandes wird mit passend gewählten Shunts in eine nichtlineare umgewandelt, um dadurch eine Widerstandsänderung in Funktion der Drehbewegung des Potentiometerschleifers nach dem gleichen Gesetz zu erhalten, nach dem sich der Durchfluss in Funktion des Wasserstandes ändert. Der Stellungsgeber wird von einer stabilisierten Spannungsquelle gespeist, wodurch zwischen dem Potentiometerschleifer und einem Ende des Potentiometers eine der Widerstandsänderung und damit deren Durchfluss proportionale Spannung entsteht. Diese Spannung (oder genauer ein proportionaler Strom) wird mit einem Kompensations-Messumformer gemessen, der als Verstärker mit grossem Eingangswiderstand arbeitet und den Zweck hat, die Messinstrumente ohne Belastung der Spannungsquelle zu speisen (die Quelle besteht aus dem Stabilisator und dem Potentiometer des Stellungsgebers). Auf diese Weise werden die Durchflussmengen nicht verfälscht.

Die Ausgangsspannung (Durchfluss-Momentanwert) wird mit Registrier- und Anzeigeeinstrumenten, deren Skalen in m^3/s eingeteilt sind, gemessen. Die Ausgangsspannung speist unter anderem einen Messumformer: Spannung/Impulse. Die Impulszahl pro Zeiteinheit, also die Impulsfrequenz, ist der Eingangsspannung proportional, das heisst dem momentanen Durchfluss. Die Zählung dieser Impulse über eine bestimmte Zeitperiode führt zur Integration des Durchflusses, und zwar wird der Mittelwert des Durchflusses während einer bestimmten Zeitperiode gebildet. Dieser Wert wird verwendet einmal zur Erfassung der Menge des durch die Turbinen geflossenen Wassers, andererseits zur Mengenbestimmung während gewissen Zeitperioden. Die erste Aufgabe wird mit Fernzähler mit Einfachtarifzählwerk mit sechs Ziffern und Angabe in 1000 m^3 gelöst, die zweite durch Summenzähler mit Dreifachtarifzählwerk à sechs Ziffern, wobei die Anzeige ebenfalls in 1000 m^3 erfolgt.

Die Zählwerke der Summenzähler sind durch Schaltuhren gesteuert. Die Zählimpulse werden dadurch auf das eine oder das andere Zählwerk des Summenzählers übertragen, entsprechend den Tages- oder Nachtstunden oder den Wochentagen, was der E. d. F. die Rechnungsstellung ermöglicht mit der Beziehung: $\text{m}^3 \text{ Wasser}/\text{kWh}$.

Die Messwertübertragung geschieht über im Boden verlegte Signalkabel mit proportionalem Gleichstrom für die Fernmessung und mit Wechselstromimpulsen für die Fernzählung.

Bild 2 stellt das Prinzipschema der Anlage dar.

ERHÖHUNG DER GENAUIGKEIT

Der Abwasserkanal der Windkanäle S2 — MA und S3 — MA weist einen extrem veränderlichen Durchfluss auf, so dass die Ueberfallhöhen zwischen 0 und 110 cm schwanken.

Mit nur einem Stellungsgeber, geeicht für 0...110 cm, wäre die Genauigkeit im Bereich 0...30 cm zu klein geworden. Man hat daher zwei Fälle unterschieden und zwei Stellungsgeber vorgesehen: der eine entspricht einem Wasserniveau 0...30 cm, für den der Messfehler auf $\pm 1\%$, das heisst $\pm 3 \text{ mm}$, begrenzt ist; der andere entspricht 0...110 cm, wird aber nur im oberen Teil der Skala benützt. Der zweite Stellungsgeber enthält einen Signalkontakt auf seiner Achse, der auf ein Niveau von 30 cm eingestellt ist. Jeder dieser Stellungsgeber arbeitet mit einem Impulsgeber zusammen. Die von den beiden Impulsgebern kommenden Impulse werden von einem Summenzähler summiert, der mit einem Weitergabekontakt für die Summe bestückt ist. Der weitere Ablauf entspricht dem oben beschriebenen Messvorgang. Der Signalkontakt des zweiten Stellungsgebers schaltet den einen oder andern Impulsgeber auf die Zählanlage entsprechend der Höhe des Wasserniveaus.

Für die Registrierung des Durchflusses der Windkanäle S2 — MA, S3 — MA ist nur ein Messumformer nach dem Kompensationssystem vorgesehen, der allein und ständig mit dem Stellungsgeber 0...110 cm zusammenarbeitet. Die Genauigkeit im unteren Bereich ist trotzdem genügend, da der Fehler (herrührend von der Ablesung und Registrierung) grösser ist, als der Messfehler des Stellungsgebers.

Abschliessend ist zu sagen, dass die von der E. d. F. im Juli 1964 durchgeführten Prüfungen die den Messeinrichtungen zugeschriebenen Messgenauigkeiten ergeben haben und diese Resultate für die Verrechnung verwendet werden.

LITERATUR

- ¹ Stellungsgeber FFA. Landis & Gyr — Druckschrift 1 1622-D.3.10
- ² Der Landis & Gyr-Stellungsgeber Type FFA . . . als Durchfluss- und Mengenmesser. Sonderdruck aus Landis & Gyr-Mitteilungen 1/65.