

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 32 (1941)  
**Heft:** 26

**Artikel:** Anwendungen der Fernmessung nach dem induktionsdynamometrischen Prinzip  
**Autor:** Täuber-Greter, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057682>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

liegen solcher Verhältnisse ist es nicht mehr möglich, von einem eindeutigen Zusammenhang zwischen der Reglerstellung und der Messgröße zu sprechen, weil die beiden Werte nicht mehr wie beim gewöhnlichen Regelproblem am gleichen Ort, bzw. an der gleichen Maschine erfasst werden können. Es ist hier so, dass bei einer Veränderung der Messgröße gleichzeitig durch den Netzbetrieb rein zufällig die Netzverhältnisse derart geändert werden können, dass die Regler, um dem Regelprogramm Genüge leisten zu können, jederzeit auf solche Veränderungen ebenfalls Rücksicht nehmen müssen. Es hat sich hierbei gezeigt, dass im allgemeinen nur solche Regler den erschwerten Bedingungen gerecht werden, bei welchen die Regulierbefehle in Abhängigkeit zum Ausmass der Abweichungen gebracht werden und welche unmittelbar auf die Verstellorgane der Maschinen ein-

wirken. Ob auch die Erfassung der Aenderungsgeschwindigkeit einer oder mehrerer Messgrößen Erfolg verspricht, ist bisher noch nicht restlos abgeklärt worden. Auf den Unterschied im Verhalten der Regler bei stationärem Betrieb und bei Anfall von Störungen ist besonders zu achten.

Zum Schlusse dieser Uebersicht über die für den Netzbetrieb wichtigen Lösungen des eingangs skizzierten Problems möchte ich noch betonen, dass es auch den besten Regel- und Fernwirkeinrichtungen kaum möglich sein wird, den Netzbetrieb vollkommen allein zu führen, weil er von Natur aus in allen seinen Varianten viel zu veränderlich ist und sich nicht rationalen Gesetzen unterordnet. Man wird daher bei der Einrichtung von Fernwirkanlagen immer dem freien Willen der Betriebsleitung den notwendigen und für sichere Betriebsführung hinreichenden Spielraum lassen wollen.

### Anwendungen der Fernmessung nach dem induktionsdynamometrischen Prinzip.

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 14. Dezember 1940 in Zürich, von A. Täuber-Gretler, Zürich.

621.317.083.7

Nach einem Hinweis auf die Wirkungsweise des Fernmeßsystems von Trüb-Täuber werden Anwendungsbeispiele besprochen, bei denen die weitgehende Anpassungsfähigkeit des behandelten Fernmeßsystems in Erscheinung tritt.

Après avoir indiqué le fonctionnement du système de mesure à distance Trüb-Täuber, l'auteur donne quelques exemples d'applications, qui montrent la grande souplesse de ce système.

Das Induktionsdynamometer ist im Bulletin des SEV<sup>1)</sup> ausführlich beschrieben worden. Es sei daher hier an Hand der Grundschaltung (Fig. 1) der Fernmessung und des für dieselbe geltenden Vektordiagrammes (Fig. 2) nur sein Verhalten als Geber- und Empfangsinstrument unter kurzem Hinweis auf die analytischen Beziehungen für Ausschlagswinkel und Drehmoment zusammengefasst.

Nach Fig. 1 ist mit dem nach einem beliebigen Messprinzip gebauten Instrument ein eisengeschlossenes Elektrodynamometer I mechanisch gekuppelt.

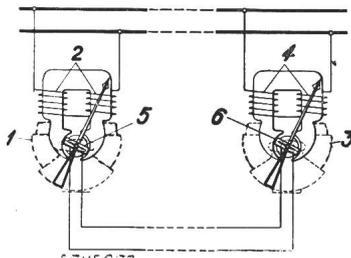


Fig. 1.  
Grundschaltung der Fernmessung.  
1 und 3: Geber bzw. Empf.  
2 und 4: deren Feldwicklg.  
5 und 6: deren Drehspulen.

Ein zweites gleiches Elektrodynamometer 3 ist das Empfangsinstrument. Ihre Feldwicklungen 2 und 4 werden aus derselben Wechselstromquelle gespeist; sie können unter sich in Reihe oder parallel zueinander geschaltet sein. Die beiden Drehspulen 5 und 6 sind durch zwei Leiter zu einem Stromkreis für sich vereinigt.

Das Diagramm Fig. 2 beschreibt die Wirkungsweise der beiden Instrumente, wenn die Drehspule des Gebers um einen Winkel  $\alpha_1$  aus ihrer Mittel-lage abgelenkt ist. Ist  $I_1$  der Strom in der Feld-

wicklung 2, so wird durch dessen Feld in der Drehspule eine EMK  $E_1$  induziert, für welche die Beziehung gilt:

$$E_1 = -j \omega \alpha_1 M_1 I_1 \quad (1)$$

wo  $j = \sqrt{-1}$  die imaginäre Einheit,  $\omega$  die Kreisfrequenz und  $M_1$  der Koeffizient der gegenseitigen Induktion zwischen Feldwicklung und Drehspule, bezogen auf den Ausschlagswinkel  $\alpha_1 = 1$ , bedeuten.

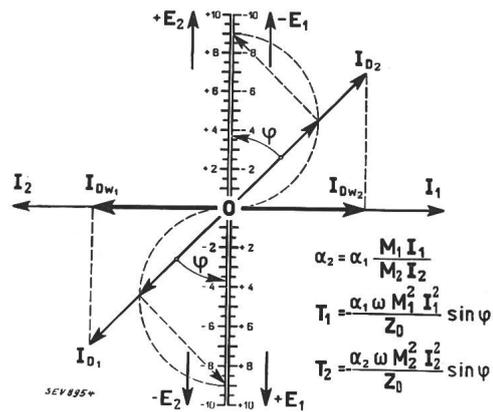


Fig. 2.  
Vektordiagramm zur Grundschaltung nach Fig. 1.

Im Drehspulkreis wird daher ein Strom  $I_{D1}$  fließen, welcher bei induktiver Reaktanz gegen  $E_2$  um den Phasenwinkel  $\varphi$  verzögert ist. Er bildet mit dem Feldstrom  $I_2$  im Empfänger ein Drehmoment, welches dessen Drehspule aus der Mittel-lage ablenkt. Damit wird diese aber selbst der Sitz einer EMK:

<sup>1)</sup> 1926, Nr. 12, S. 545.

$$E_2 = -j \omega a_2 M_2 I_2 \quad (2)$$

welche  $E_1$  entgegenwirkt. Die Drehspule 6 des Empfängers dreht sich daher nur so weit aus ihrer Mittellage, bis  $E_1$  durch  $E_2$  kompensiert ist. Der Drehstromkreis ist stromlos. Jeder Drehung der Drehspule 5 des Gebers folgt die Drehspule 6 des Empfängers kontinuierlich und ohne wesentliche Verzögerung. Dieser selbst erfährt nach vollzogener Bewegung des Gebers keine Rückwirkung. Voraussetzung dafür ist, dass  $I_1$  mit  $I_2$  in gleicher Phase und dass die Drehspule 6 keiner mechanischen Richtkraft unterworfen ist.

Das Ganze stellt somit eine automatische Kompensationseinrichtung dar.

Aus (1) und (2) folgt weiter:

$$a_2 = a_1 \frac{M_1 I_1}{M_2 I_2} \quad (3)$$

Durch passende Wahl von  $M_1$  und  $M_2$ , in erster Linie durch entsprechende Windungszahlen der Drehspulen, kann die Messempfindlichkeit des Empfängers in weiten Grenzen verändert werden.

Von Interesse für die Beurteilung der praktischen Brauchbarkeit ist auch der Ausdruck für das Drehmoment, mit welchem Empfänger und Geber einer mechanischen Ablenkung um den Winkel  $\alpha_1$  bzw.  $\alpha_2$  aus ihrer Gleichgewichtslage entgegenwirken, wenn Geber, bzw. Empfänger, gleichzeitig in ihrer Lage festgehalten werden.

Die Beziehung für das Drehmoment des Gebers, bezogen auf einen Ablenkungswinkel  $\alpha_1$ , lautet:

$$T_1 = \frac{\alpha_1 \omega M_1^2 I_1^2}{Z_D} \sin \varphi \quad (4)$$

und für den Empfänger lautet sie analog:

$$T_2 = \frac{\alpha_2 \omega M_2^2 I_2^2}{Z_D} \sin \varphi \quad (5)$$

wobei  $Z_D$  die Impedanz des Drehspulkreises bedeutet.

Aus (3) ist ersichtlich, dass die Anzeige unbeeinflusst ist von *Betriebsspannung* und *Frequenz*.

An Stelle eines Empfängers lassen sich deren mehrere an einen einzelnen Geber anschliessen. Wie viele Empfänger man gleichzeitig betätigen kann, hängt vom Drehmoment des den Geber steuernden Messinstrumentes ab, denn dieses hat letzten Endes alle Reibungswiderstände zu überwinden. Auch kontinuierlich schreibende Registrierempfänger können mit Gebern mit dem hierfür nötigen Drehmoment zusammen geschaltet werden.

*Die Summenmessung.* Werden die Drehspulen mehrerer Geber derart in Reihe geschaltet, dass zwischen Anfang der ersten und Ende der letzten Drehspule die Summe der induzierten EMK auftritt, so gibt der Empfänger einen dieser Summe proportionalen Ausschlag.

Auf analoge Weise kann statt der Summe die Differenz zweier Werte gemessen werden.

*Die Uebertragungsleitungen.* Die 4 Leiter lassen sich auf 2 reduzieren, indem man für die eine

Drehspulleitung die duplexierten Leitungen der Feldspulen, für die zweite die Erde benützt.

Erfolgt die Uebertragung über Kabel, so macht sich bei grösseren Distanzen deren Kapazität zwischen einzelnen Adern störend bemerkbar; sie wirkt als Belastung und entzieht dem Drehspulkreis einen Ladestrom. Um die dadurch bedingten Messfehler zu korrigieren, werden induktive Widerstände parallel zu den Drehspulen geschaltet und so abgestimmt, dass der *gesamte* dem Drehspulkreis entzogene Strom  $90^\circ$  gegen die Feldspulenströme verschoben ist, also in Phase mit  $E_1$  und  $E_2$  liegt und damit elektrodynamisch wirkungslos bleibt.

Analog geht man vor, wenn die Leitungen mittels Isolierwandler vom übrigen Teil der Messanlage zu trennen sind. Wandler mit Ni-Fe-Kernen sind ihres verschwindenden Eigenverbrauches wegen hiezu besonders geeignet.

Für die Eichung von Fernmessanlagen wird man also die Leitungskonstanten annähernd kennen müssen. Durch geeignete Regulierwiderstände lässt sich ein vollständiger Ausgleich des Leitungseinflusses an Ort und Stelle erzielen.

Es hängt von Widerstand und Kapazität ab, bis zu welcher Entfernung noch ferngemessen werden kann.

Ausgeführt wurden bis heute Anlagen mit Freileitungen (auf dem Gestänge einer 70-kV-Leitung von 30 km). Es bestehen keine Schwierigkeiten, bis zu 50 km zu übertragen. Bei Kabeln wird die grösste Distanz bei etwa 20 km liegen. Die Fernmessung und Summenmessung nach dem induktionsdynamischen Prinzip eignet sich also eher für kurze und mittlere Distanzen. Mit dieser Beschränkung lässt sich das Verfahren aber wegen der kontinuierlichen Uebertragung ohne Kontaktorgane, dem hohen Drehmoment von Geber und Empfänger und schliesslich wegen seiner einfachen Schaltung, wenn es sich um Summen- und Differenzmessungen handelt, den verschiedensten Anforderungen leicht anpassen.

Im folgenden soll an einigen Beispielen ausgeführter Anlagen auf die praktische Bedeutung der einen oder anderen dieser Eigenschaften hingewiesen werden.

Zunächst sei auf die Verwendung als Stellungsfernanzeiger für Flüssigkeitsniveau, Schieber, Drosselklappen und andere Maschinenorgane hingewiesen. Gegenüber den für solche Zwecke ebenfalls verwendbaren elektromagnetischen Schaltwerken hat das induktionsdynamometrische System den Vorteil, kontinuierlich jeder Stellungsänderung des Geberorgans zu folgen. Insbesondere stellt sich der Empfänger auch dann wieder richtig ein, nachdem während eines Unterbruches der Speisespannung eine Stellungsänderung erfolgte, was bei elektromagnetischen Schaltwerken nicht der Fall ist.

Fig. 3 stellt den für diesen Zweck in wasserdichtes Gehäuse eingebauten Geber dar, dessen durch Stopfbüchse abgedichtete Antriebsachse, je nach den jeweils erforderlichen totalen Verdrehungswinkeln entweder direkt oder über ein eingebautes Vorgelege auf die Drehspulachse einwirkt. Bei dem

grossen zur Verfügung stehenden Drehmoment lassen sich die Empfänger den Maschinenorganen, deren Stellung sie anzuzeigen haben, nachbilden, ohne dass infolge der Gewichtszunahme eine unsichere Zeigereinstellung in Kauf genommen werden müsste.

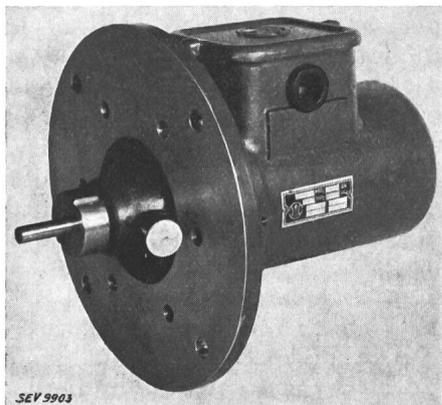


Fig. 3.  
Wasserdichter Geber  
für die Stellungsfernanzeige von Maschinenorganen.

In Fig. 4 ist als Beispiel ein Doppelpfänger dargestellt, bei welchem der Zeiger des einen Instrumentes als Wehrklappe und derjenige des andern als Schieber im Turbineneinlauf ausgebildet ist. Bei Wasserstandsfernmeldern, die in Ausgleichsbecken eingebaut sind und stufenweise elektromagnetisch schalten, verursachen rasch verlaufende Niveauänderungen ein «Aus dem Tritt»-Fallen. Für Messungen dieser Art ist das kontinuierlich anzeigende und schreibende induktionsdynamometrische Prinzip vorzuziehen.

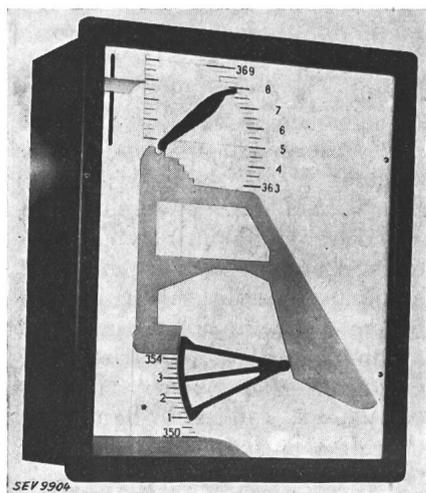


Fig. 4.  
Stellungsfernzeiger  
einer Wehrklappe und eines Schiebers in der Zuleitung  
zu einer Turbine.

Fig. 5 stellt ein im Betrieb aufgenommenes Diagramm eines solchen hydraulischen Vorgangs dar. Die Periode der gedämpften Schwingung, die auf

dem Diagramm deutlich zu verfolgen ist, betrug etwa 10 min.

Auch Instrumente mit schwachem Drehmoment können, mit Induktionsdynamometergebern gekuppelt, zur Fernmessung herangezogen werden. Hier muss besonders auf rückwirkungsfreie Abstimmung

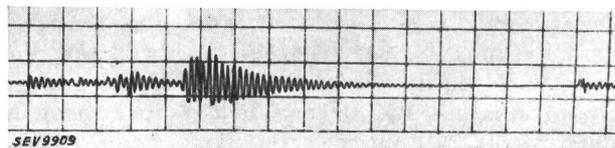


Fig. 5.  
Diagramm eines hydraulischen Ausgleichsvorganges.

geachtet werden. Ausserdem ist eine Verzögerung in der Einstellung des Empfängersystems infolge seiner Trägheit, welche vom Geber überwunden werden muss, in Kauf zu nehmen.

Fig. 6 zeigt den aktiven Teil eines elektrostatischen Voltmeters mit einem Messbereich von 1 Million V, welches neben einer direkten optischen Ablesung einen Geber besitzt, dessen zugehöriger Empfänger als Schalttafelinstrument ausgebildet, in beliebiger Entfernung und von der Hochspannung isoliert aufgestellt werden kann.

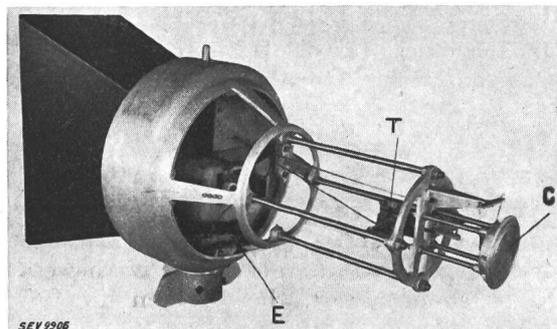


Fig. 6.  
Aktiver Teil eines elektrostatischen Voltmeters  
für eine Million V mit eingebautem induktionsdynamometrischen Geber.  
E Projektionslampe  
T Geber  
C Bewegliche Elektrode  
Maßstab ca. 1:30

Bei elektrischen Messinstrumenten, deren Anzeige übertragen werden soll, wird der Geber entweder direkt auf der Instrumentenachse montiert oder durch ein Bronzeband mit dieser gekuppelt. Das Ganze findet in einem Gehäuse der üblichen Form und Abmessung Platz. Solche Geberinstrumente können also gleichzeitig auch zur Messung an Ort und Stelle dienen.

In Fig. 7 sind zwei Gruppen von Geberwattmetern abgebildet. Jede derselben ist mit einem Teilsummenempfänger in Profilgehäuse zusammengesaltet; die Gesamtsumme wird in einem Registrierinstrument gebildet und ausserdem in einem zweiten Summenempfänger, 9 km entfernt, gemessen.

Zwei grössere Fernmessanlagen sind bei den Elektrizitätswerken der Städte Bern und Zürich seit mehreren Jahren im Betrieb. Die eine, aus ca. 80 Gebern und Empfängern bestehend, wurde für das Elektrizitätswerk der Stadt Bern ausgeführt und ermöglicht, die Ströme, Spannungen und Leistungen der im Unterwerk Engehalde ankommenden und abgehenden Leistungen an der 3 1/2 km entfernten Empfangsstelle zu messen. Daneben besteht eine noch vollständig auszubauende Summenfernmessanlage, welche die Teil- und Totalsummen der einzelnen Kraftwerksleistungen der Stadt registriert. Beide Anlagen werden aus einer besondern Umformergruppe mit 75periodigem Wechselstrom gespeist.

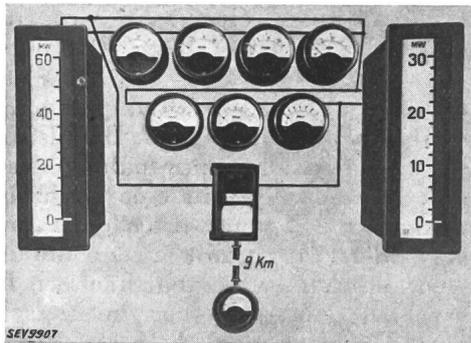


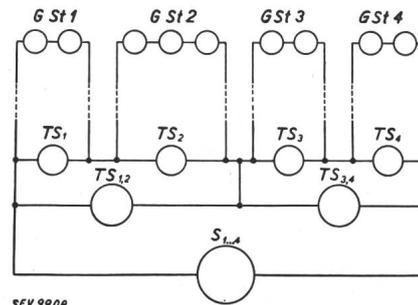
Fig. 7.

Instrumente zu einer Summenfernmessanlage bestehend aus 7 Wattmetergebern, 2 Teilsummen- und 2 Totalsummenempfängern.

Damit wird die Unabhängigkeit von Betriebsstörungen erreicht und induktive Störeinflüsse benachbarter, 50periodigen Wechselstrom führender Leiter ist vermieden. Eine Fernmessanlage ähnlicher Art ist seit einigen Jahren im Elektrizitätswerk der Stadt Zürich installiert. Hier werden die Leistungen der an der Peripherie der Stadt befindlichen Unterwerke, total 17 Summanden, in 5 Teilsummen zusammengefasst, registriert, sowie die totale von der Stadt verbrauchte Leistung in einem Gesamtsummenempfänger gemessen und registriert. Die Teil- und Totalsummenbildung erfolgt im Prinzip nach Schema Fig. 8.

Auch die Geber selbst können als Registrierinstrumente ausgebildet werden. Hat jedoch ein einzelner Geber die Reibungswiderstände der Schreib-

spitzen von zwei oder mehreren Registrierempfängern zu überwinden, so reicht seine Einstellkraft im allgemeinen nicht mehr aus, um alle Einzelheiten im Diagramm voll auszuzeichnen. In solchen



SEV 9908

Fig. 8.

Schema der Teil- und Totalsummenbildung.

G St 1, 2, 3, 4 Geber der Stationen 1...4.

TS 1, 2, 3, 4 Teilsummenempfänger der Geber der einzelnen Stationen.

TS 1,2 und TS 3,4 Teilsummenempfänger der Stationen 1 und 2 bzw. 3 und 4

S 1...4 Totalsummenempfänger

Fällen hilft man sich durch Ueberlagerung eines Stromes anderer Frequenz, welcher die Zeiger in in leichte Vibration versetzt und damit die Reibung aufhebt. Hierzu genügt ein Doppelweggleichrichter, dessen Gleichstromkomponente nichts schadet und dessen Wechselstromgrundwelle 100periodig ist. In Fig. 9 ist das Diagramm eines Registriergebers (a)

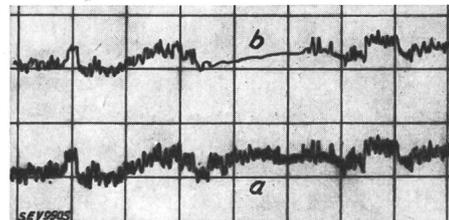


Fig. 9.

Diagramme eines Registriergebers und dazugehörigen Registrierempfängers.

a Geberdiagramm b Empfängerdiagramm

und des zugehörigen Registrierempfängers (b) wiedergegeben. Derjenige Teil des Diagrammes, welcher nahezu geradlinig verläuft, wurde ohne überlagerten Strom aufgenommen. Dessen Wirkung ist am Verlauf des übrigen Teiles des Diagrammes deutlich zu erkennen.

## Fernmessung von Energie-, Leistungsmittel- und -Momentanwerten.

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV vom 14. Dezember 1940 in Zürich, von W. L. Froelich, Kilchberg.

621.317.083.7

Die Aufgaben der Fernmessung und Fernzählung und die Mittel zu deren Lösung werden kurz gekennzeichnet. An Hand typischer Ausführungsbeispiele ist auf die mannigfachen Anwendungsmöglichkeiten solcher Anlagen für die Betriebsführung und zu Tarifzwecken hingewiesen.

Après avoir formulé les problèmes à résoudre par la télé-mesure et le télécomptage, l'auteur décrit brièvement le principe de fonctionnement de telles installations. Il fait ressortir par quelques exemples typiques la grande étendue de leur domaine d'utilisation pour les besoins de l'exploitation autant que pour la tarification.

Das Ziel jeder Fernmessung ist die Sichtbarmachung von Messwerten an einem von der effek-

tiven Meßstelle entfernten Orte. Die Messwerte sind also, dauernd oder zeitweilig, fernzuübertragen.