

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

**Band:** 46 (1955)

**Heft:** 19

**Artikel:** Die Entwicklung der Messinstrumente in der Nachkriegszeit

**Autor:** Induni, G.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060948>

### 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:** 04.02.2026

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

# BULLETIN

## DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEM VEREINS

GEMEINSAMES PUBLIKATIONSORGAN  
 DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEM VEREINS (SEV) UND  
 DES VERBANDES SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (VSE)

### Die Entwicklung der Messinstrumente in der Nachkriegszeit

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung des SEV am 2. Juni 1955 in Zürich,  
 von G. Induni, Zürich

621.317.7

*Auf Grund von Überlegungen aus der Informationstheorie wird der Informationsgehalt einer Instrumentenablesung behandelt und gezeigt, dass die neuen Instrumente mit 250°-Skalen und andere Entwicklungen diesen Theorien entsprechen. Darüber hinaus werden vom Autor neue Signalskalen mit einheitlichem maximalem Informationsgehalt und neue Wege der elektrischen Messtechnik zur Diskussion gestellt.*

*L'auteur examine la capacité d'information d'un instrument de mesure du point de vue de la cybernétique et montre que les instruments 250° et les tendances actuelles de développement sont en accord avec les postulats de la cybernétique. Ensuite l'auteur propose des échelles de signalisation unifiées avec un maximum de pouvoir d'information et mentionne de nouvelles possibilités de développements ultérieurs des instruments de mesure en accord avec les postulats cybernétiques.*

Jeder Weltkrieg bringt umwälzende Änderungen im Leben und in der Technik. Nach dem zweiten Weltkrieg sind Raum und Zeit sozusagen zusammengezrumpft. Die elektrischen Messinstrumente als Vermittler von Vorgängen in Raum und Zeit sind in ihrer Gestaltung von diesem Ereignis auch beeinflusst worden. Die Kriegsproduktion hat den Bedarf an Messinstrumenten enorm gesteigert. Die Atombombenstadt Oakridge allein soll 1946 schon 200000 Instrumente in Betrieb gehabt haben und die Schalttafelänge für diese soll 17 km betragen! Auch in den Kraftwerken, wo die installierte Leistung oft 1000 MW und mehr beträgt, ist die Anzahl der Instrumente im Zunehmen begriffen, der Platz dafür im Abnehmen.

Es ist daher kein Zufall, wenn die Nachkriegsentwicklung sich fast unbewusst an die Forderungen einer Theorie der Information und des Signals angepasst hat. Schlussendlich ist die Aufgabe eines Messinstrumentes, mit einem Signal (Zeigerstellung, Diagramm) eine Information zu geben. Die Theorie der Information und des Signals, die «Cybernetic», umfasst verschiedene Wissenschaftsbereiche und stellt sich die Klärung und Lösung von vielen Problemen zur Aufgabe. Ihr Schema ist etwa das folgende:

Ereignis: Information, Rückwirkung,  
 Ereignis: Information, Rückwirkung, usw.

Je schneller diese Kette funktioniert, um so grösser ist der Wirkungsbereich des Menschen im neuen verdichteten Energie-Raum-Zeit-Komplex. Die Cybernetic umfasst also auch alle Regel- und Steuerprobleme, vornehmlich die der Fernmelde-technik.

Bei den Messinstrumenten interessiert uns nur jener Teil, der Signal und Information betrifft.

Das menschliche Auge ist der Empfänger des Signals. Es besitzt drei Raumsichtwinkel:

1. Einen sehr breiten Wahrnehmungswinkel (fast 180°);
2. Einen Raumwinkel der gleichzeitig wahrnehmbaren Sehscharte von wenigen Graden (ca. 2°);
3. Einen schmalen Kegel der höchsten Auflösung von ca. 1'.

Die drei Sehkegel sind meistens genau koaxial (Fig. 1). Diese Tatsache gibt uns schon eine Richtlinie, wie der Übermittlungskanal des Sehens optimal

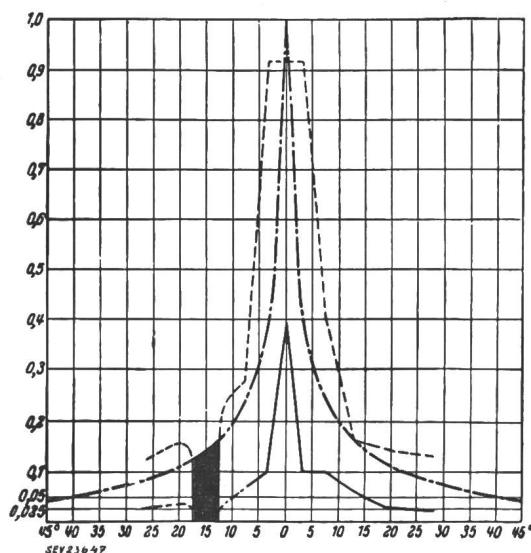


Fig. 1

Abhängigkeit der Sehschärfe vom Sehwinkel  
 Die Abhängigkeit der Sehschärfe (----) und des Bewegungs-erkennens (---) im Hellen und im Dunkeln (—) vom Netzhautort.

Ordinate: Sehschärfe; Abszisse: Netzhautort in Graden von der Mitte der Fovea centralis (0) aus gemessen. Als schwarzer Block ist der blinde Fleck eingezeichnet. Von der Mitte der Fovea centralis gegen die Peripherie der Netzhaut nimmt die Sehschärfe sehr rasch ab. Im Dunkeln ist die Gesamtsehschärfe erheblich vermindert und eigentlich im Punkte 0° genau null (nach König).

ausgenützt werden kann. W. D. Laurie [1]<sup>1)</sup> hat schon 1954 in diesem Zusammenhang vorgeschlagen, die Skalenlänge  $L$  eines Instrumentes (in Sehwinkel gerechnet) ungefähr 100mal aufzulösen, d. h.

$$L_s = 100 \times 1' = 100' \approx 2^\circ$$

Die Auflösungsgrenze ist bedingt durch die anatomische Struktur der aus Sehzellen bestehenden Netzhaut [2], bei einem mittleren Abstand von 0,005 mm (Fig. 2). Damit zwei getrennte Objekte noch als solche wahrgenommen werden können, muss deren Abbildung auf der Netzhaut so geschehen, dass mindestens zwischen ihnen eine unbeanspruchte Sehzelle liegt. Diese Forderung in Verbindung mit der mittleren Brennweite des Auges von 25 mm ergibt die oben erwähnte Auflösung von ca. 1'.

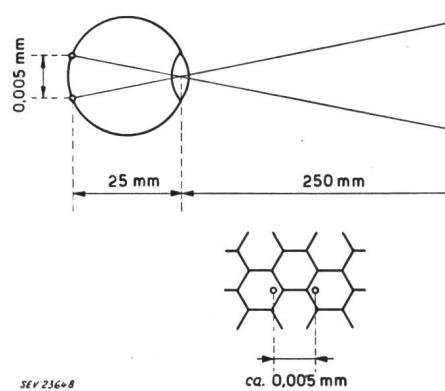


Fig. 2  
Auflösungsvermögen des Auges

Damit wäre nach W. D. Laurie für jede Distanz  $D$  die kritische kleinste zulässige Skalenlänge leicht zu berechnen. Da  $1$  Winkelgrad = 17,45 Milliradian ist, so entspricht dem Bogen von  $2^\circ$  auf einen Meter Distanz eine Länge von ca. 35 mm. Als sehr gute Faustregel gilt: Was ein Daumen bei ausgestrecktem Arm verdeckt, ist angenähert das, was der Sehraumwinkel der gleichzeitigen Sehschärfe aufnehmen kann und ist somit die Skalenlänge beliebiger Distanz.

Es ist auch kein Zufall, wenn die Natur es so eingerichtet hat, dass die Auflösung ca. 1% des Sehwinkels beträgt. Bei voller Ausnutzung des Raumwinkels bedeutet dies nämlich die Aufnahme von rund  $100 \times 100 = 10000$  Bildpunkten, was bei richtiger Anwendung an Informationsmaterial für einen Blick genügen sollte. Man könnte nun meinen, dass es nach diesem einfachen Rezept möglich wäre, mit drei Skalenlängen für alle Fälle auszukommen, was auch im Interesse von Benutzer und Lieferant wäre, wie z. B.:

1. Apparate-Instrumente  
(sog. Kleininstrumente) Distanz 1 m, Skala 35... 50 mm;
2. Schaltpultinstrumente Distanz 2 m, Skala 70...100 mm;
3. Schalttafelinstrumente Distanz 4 m, Skala 140...200 mm.

Mit dem Raumwinkel ist aber die Instrumentengröße noch nicht bestimmt. Bei den bisher bekannten Skalen auf einem Bogen von  $90^\circ$  oder bei den sog. Profilskalen ist der Sehraumwinkel des Auges nicht voll ausgenutzt und zwar bei  $90^\circ$  um  $\frac{1}{4}$  des

Raumwinkels und bei Profilskalen um eine Schnittebene des Raumkegels durch seine Achse. Wir sind weit entfernt von der Ausnutzung der im Empfänger «Auge» zur Verfügung stehenden 10000 Bildpunkte.

Es schien daher naheliegend, die Kreisskalen mit etwa  $250^\circ$  Zeigerausschlagwinkel anzulegen [3]. (Der Zeiger und seine Winkel sind nämlich auch Bestandteile der Information.) Aus diesem Bestreben heraus sind die sog. Centrax-Longscale-Cirscale-Ringskalen-Instrumente entstanden (Fig. 3). Aus

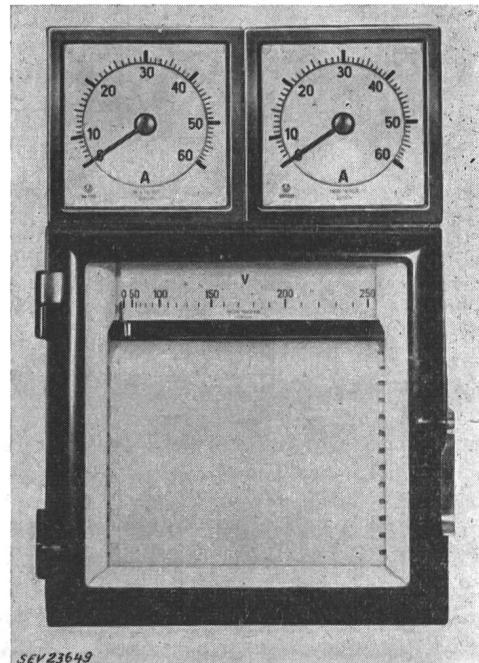


Fig. 3  
Longscale-Instrumente und raumsparendes Registrierinstrument

einfachen Überlegungen schien zunächst klar, dass bei kleinerer Instrumentenfläche eine längere Skala erzielt wurde. Das wäre aber ein trivialer Grund. Diese Anordnung bietet noch viel mehr Vorteile. Das neue Moment bei diesen Instrumenten ist zunächst, dass der Zeiger sich in vier verschiedenen, unter sich unverwechselbaren Quadranten befinden kann. Sobald die Ablesedistanz über die oben erwähnte kritische Distanz hinausgeht, kommt die Theorie des Signals in Funktion. Man beginnt zu schätzen und zu raten. Nach der Theorie des Signals wird die Information um so genauer, je mehr die Struktur des Signals sich einem Schema von unverwechselbaren, homogenen Elementen, welche den Sinn von Alternativen haben, nähert, z. B. 1 oder 0, ja oder nein, schwarz oder weiß, stromführend oder stromlos usw. Die Sache wird noch frappanter, wenn aus Distanz mehrere Instrumente eine Gruppe von Informatoren bilden, welche in den Sehraumwinkel der gleichzeitigen Sehschärfe rücken (Fig. 4). Die Cybernetic kann uns hier sehr wertvolle Angaben machen. Nach Norbert Wiener [4] ist die Information

$$J \approx \log 2 n$$

wenn dieser z. B. eine Skala von  $n$  Teilstichen mit

<sup>1)</sup> siehe Literaturverzeichnis am Schluss der Arbeit.

einer Genauigkeit von  $\pm 1$  Teilstreich entnommen werden kann.

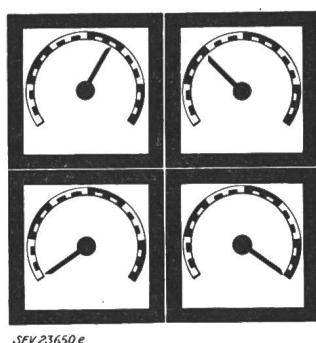
Man sieht sofort, dass wegen des Logarithmus eine Vergrösserung der Teilstrichzahlen die Information nur schwach steigert. Man sieht aber ohne weiteres, dass die Information ein Maximum erreicht, wenn der Sprung von  $n = 0$  (kein Signal) auf  $n = 1$  (irgend ein Signal) erfolgt, denn dann ist  $\log 0 = -\infty$  und  $\log 1 = 0$ . Das heisst aber, dass das Signal den Charakter von Alternativen von 0 oder 1 hat. (Bei Longscale-Instrumenten aus grosser Distanz z. B. links oder rechts.) Dies ist besonders frappant bei den sog. Centrax-Instrumenten, wo auf die Darstellung eines Winkels das Hauptgewicht

und

$$e^x - 1 = x e^x$$

Das ist aber nur möglich, wenn:

$$x = 0 \text{ und } N = \infty$$



SEV 23650 e

gelegt wird und die hohe Empfindlichkeit oder besser gesagt das hohe Unterscheidungsvermögen des Auges für Winkel ausgenutzt wird. Sind aber mehrere Werte gleichzeitig als Information zu übertragen (Skalen), so muss das Problem nach der Informationstheorie untersucht werden. Man kann nach N. Wiener fragen nach dem Aufwand für dieses Informationspaket. Wenn die Information einer Skala von  $n$  Teilstrecken entnommen wird, wird der Aufwand:

$$(1^J - 1) k$$

Wenn die Information auf zwei Skalen verteilt wird, so wird der Aufwand:

$$2(2^{\frac{J}{2}} - 1) k$$

und wenn die Information auf  $N$  Skalen verteilt wird, so ist der Aufwand:

$$N(2^{\frac{J}{N}} - 1) k$$

Dieser Aufwand wird ein Minimum sein, wenn

$$\frac{\partial f(N)}{\partial N} = 0$$

d. h. wenn

$$2^{\frac{J}{N}} - 1 = \frac{J}{N} \cdot 2^{\frac{J}{N}} \cdot \log 2$$

Nennt man:

$$\frac{J}{N} \log 2 = x$$

dann ist

$$2^{\frac{J}{N}} = e^x$$

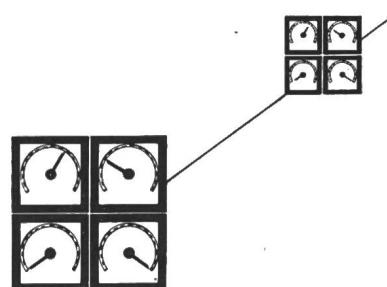


Fig. 4  
Longscale-Instrument aus verschiedenen, jedesmal verdoppelten Distanzen gesehen

dann wird

$$\frac{J}{2^N} = 1$$

was aber weniger interessiert. Der bessere nächste Wert ist 2

$$\frac{J}{2^N} = 2$$

Das heisst, die Information wird auf eine Anzahl Skalen verteilt, welche nur aus zwei unverwechselbaren Teilen bestehen, oder auf einer Skala, welche nur aus Paaren von unverwechselbaren Alternativen besteht.

Der einfachste Fall liegt vor beim sog. Schattenpfeilinstrument. Die Geodäsie als die exakteste Messtechnik hat auch von jeher ihre Messlatten nach diesem heute theoretisch einwandfreien Prinzip gestaltet. Die cybernetisch richtige Teilung der Messlatten ist nach folgendem Schlüssel sehr leicht zu lesen:

- Alle ungeraden angebrochenen Einheiten sind weiss.
- Alle geraden angebrochenen Einheiten sind schwarz.
- Alle Gruppen von 5 sind weiss zusammengefasst.
- Alle Gruppen von 5...10 sind schwarz.

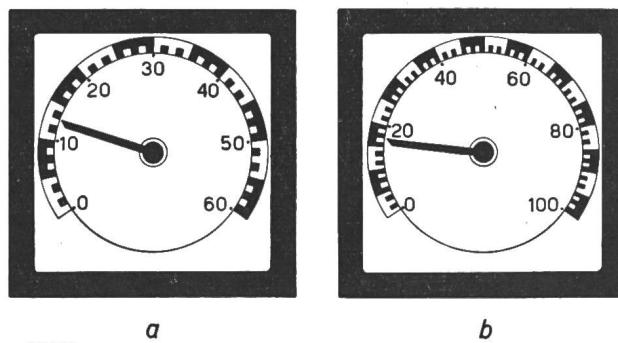


Fig. 5  
Signalskalen (a und b) von Longscale-Instrumenten  
Man vergleiche die 60teilige Skala mit der Skala von Fig. 3

Wenn wir diese Erkenntnis auf Longscale-Instrumente sinngemäss anwenden, so kommen wir zu den einzigen richtigen Signalskalen, welche von

nah und fern in Bezug auf Information leistungsfähig bleiben (Fig. 5).

Wir wollen hier noch eine kleine Betrachtung in Bezug auf die bisherigen Teilstrichskalen und Zeiger einfügen. Die Messkoinzidenz der Teilstrichskalen wird erreicht durch Gegenüberstellen von Strich und Zeiger. Die Ablesegenauigkeit wird um so grösser, je feiner Strich und Zeiger sind, aber um so rascher degeneriert dann die Information, wenn der Strich als einzige Signalgrösse verschwindet, gegenüber dem Intervall, das nicht signaltheoretisch verwertet wird. Ein Balkenzeiger hilft uns nicht, es sei denn, er diene als Darstellung eines Winkels. Viel genauer wird die Sache, wenn der Balkenzeiger als Schneide gegen die Grenze des cybernetischen Signalblocks angelegt wird. Eine Grenze zwischen zwei Gebieten, beispielsweise weiss und schwarz, kann theoretisch unendlich scharf sein, was aber nicht der Fall für die Mitte eines Teilstriches sein kann. Für die parallaxfreien Signalskalen wird der Ablesefehler, welcher bei Teilstrichskalen sehr undefiniert ist, theoretisch vollständig vermieden. In diesem Fall ist die Anzeige von nah und fern immer voll wirksam. Man muss nur den einfachen Signalschlüssel vor Augen haben:

weisse Blöcke	= ungerade Einheiten
schwarze Blöcke	= gerade Einheiten
weisse, grosse Blöcke	= angebrochene, gerade 10er
schwarze, grosse Blöcke	= angebrochene, ungerade 5er

Mit diesen Signalskalen werden die unbequemen und unleserlichen 2er-Teilungen überflüssig und man kann alles in 1er-Teilung darstellen.

Wenn man, wie in den USA, auf Prozentskalen übergehen könnte, dann gäbe es noch eine weitere grosse Vereinfachung und Vereinheitlichung bei maximaler Ablesbarkeit. Man könnte in diesem Fall sogar die Bezifferung ersparen. Informationstheoretisch ist die Angabe der Messgrösse in Prozenten ausserordentlich interessant. Man vergleiche z. B. folgende Angaben: Eine Firma X verteilt 50000 Franken Dividende. Dies sagt wenig aus. Wenn es aber heisst, die Dividende betrug 8%, dann weiss man viel mehr.

Die ganze Aerodynamik rechnet mit dimensionslosen Grössen. Dies kann auf die konsequente Einführung der Ähnlichkeitsmechanik zurückgeführt werden. In diesem Zusammenhang wäre noch hervorzuheben, dass durch die Einführung der Machschen Zahl durch Prof. Ackeret die Gasdynamik universeller interpretierbar wurde. Die enorme Anzahl Dimensionen der Elektrotechnik ist z. T. der Grund, warum die Messtechnik auch nicht so klar und übersichtlich gestaltet werden konnte.

Auf diese Weise könnte man noch eine ganze Reihe von verschiedenen Entwicklungen betrachten; das Wesentliche ist, diese neuen Gedanken und seine vom Autor gezogenen Konsequenzen zur Diskussion zu stellen.

Eine weitere wichtige Gruppe von Messinstrumenten im Kraftwerkbetrieb sind die schreibenden Messinstrumente. Vor Jahren hat man immer grössere schreibende Instrumente gewünscht. Die Schreibfläche war nie breit und die sichtbare Papierlänge nie lang genug. Man wollte an Ort und Stelle

möglichst viel von der Vergangenheit erfahren. Heute ist die Zeit des Augenblicks der Messung oder dessen unmittelbarer Nähe wertvoll. Die Aufgabe dieser Instrumente ist mehr die eines Gedächtnisses geworden. Ein Gedächtnis ist wertvoll, wenn es viele Schubladen hat. Was in diesen Schubladen liegt, muss nicht sehr genau (abgesehen von Spezialfällen), aber sehr wesentlich sein. Man hat aber zuerst mehr gefühlsmässig erkannt, dass es wichtig ist, möglichst viele Informationen zu speichern, wenn auch weniger genaue, und hat sich durchgerungen zu den sog. *raumsparenden Geräten* und den sog. *Kleinschreibern*. Bei den ersten hat man die Bauhöhe und die Länge des sichtbaren Diagramms verkürzt, bei den zweiten die Breite. Informationstheoretisch sind die ersten wirkungsvoll, wenn zwei Messwerke nebeneinander schreiben. Die zweiten fangen an interessant zu werden, wenn auch die Papierlänge gekürzt wird. Tatsächlich waren an der Hannoveraner Messe schon Punktschreiber zu sehen mit Aussenmassen von  $144 \times 144$  mm. Im Vergleich zu den USA, wo noch heute Bogenordinaten und Kreisscheibenschreiber sehr viel in Gebrauch sind, kann sich Europa mit den heutigen schreibenden Messinstrumenten als fortschrittlich bezeichnen. Jedenfalls gilt auch hier:

$$\text{Wert des Gedächtnisses} = \log \text{Information}$$

oder

$$\frac{\text{Zunahme des Wertes}}{\text{Information}} = \frac{\text{Zunahme der Information}}{\text{Information}}$$

Diese Beziehung erinnert stark an die Fernmeldetechnik (Dezibel, Neper) und es ist logisch, dass sie auch verwandt sind. Anstatt Kataloge von Registrierinstrumenten durchzubesprechen, interessierten uns nur die technische Entwicklung bzw. die Entwicklungsmöglichkeiten. Wir greifen absichtlich ein extremes Beispiel heraus und zwar vorerst unabhängig von seiner Ausführbarkeit. Es sei dies der sog. Sweep-Balance Recorder oder Keinath-Recorder [5]. Sein Prinzip, wie der Erfinder sagt, ist dem Fernsehen verwandt, und Fernsehen ist das klassische Beispiel, wie man auf einem Kanal enorm viel Information durch Schwarz-Weiss-Signale übertragen kann (mit der heutigen Norm von 25 Bildern/s sind pro 625 Zeilen von je 500 Zeichen  $\approx 8 \cdot 10^6$  Signale/s übertragbar). Mit dem amerikanischen Registrierverfahren Ultrafax, das dem Fernsehen ähnlich ist, kann ein Buch von 1000 Seiten in 2 min übertragen und registriert werden. Das Sweep-balance geht von folgenden neuen Grundideen aus: Man soll nicht die Messgrösse einstellen oder kompensieren durch Einstellung, sondern abtasten. Das Messorgan soll nicht die Messgrösse abbilden, sondern die Messgrösse geht am Messorgan vorbei, daher der Name Sweep-balance. Damit fallen alle dynamischen Einstellprobleme dahin. Der Vorgang ist nach Fig. 6 folgender: Die Zeit verläuft quer und nicht wie üblich längs des Diagramms. Eine Spindel bewegt ein Schreiborgan quer zum Papier, z. B. 24 h lang. Das Papier ist endlos und rollt ständig. Synchron mit dem Papier rotiert eine Schleifbürste eines Potentiometers und macht  $L/n$  ganze Umdrehungen ( $L$  = Papierlänge,  $n$  = Anzahl Diagramme).

Somit trägt das Papier  $n$  Diagramme, welche  $L/n$  lang sind. Ein sehr knapp eingestelltes Null-Relais hat nur zwei Anschlagstellen. In einer Stellung ladet man über den Kontakt einen Kondensator, in der anderen wird dieser über eine Markiervorrichtung entladen.

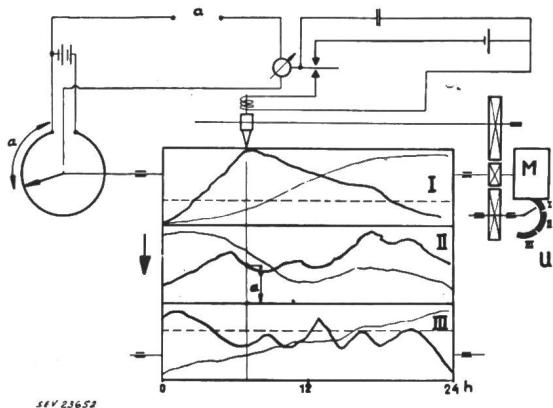


Fig. 6

Prinzipschema des Sweepbalance-Schreibers nach Keinath  
Erklärungen siehe im Text

Wenn die Ordinate der Messgrösse «hinwegfegt» über den Abgleichpunkt  $a$ , gibt es eine Markierung am vorbeilaufenden Papier. Ein Umschalter  $U$  schaltet bei jedem neuen Diagrammfeld auch die entsprechende Messgrösse um. Die Leistungen einer solchen Sweep-balance-Registrierung sind enorm. Eine Sweepregistrierung braucht 0,1 ms; wenn dies als 1 % zulässige Messunsicherheit voll gerechnet wird, so braucht man für die Vollordinate des Diagramms 10 ms, d. h. alle 10 ms kann eine Messung erfolgen, das sind 100 Werte/s, also 100mal schneller als die schnellsten Registrierapparate oder 1000mal schneller als Fallbügelschreiber. Das sind zwar schon ganz grosse Informationsmöglichkeiten, aber noch keineswegs die Grenzen.

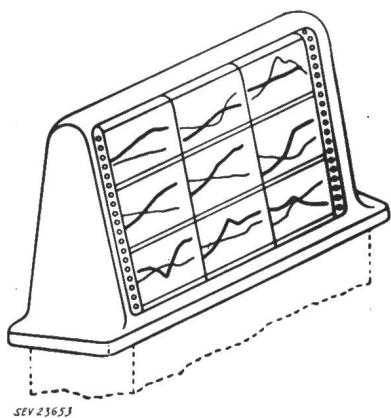


Fig. 7  
Das Memorizing-Multimeter nach Keinath

Für den Kraftwerkbetrieb schlägt Keinath das sog. Memorizing-Multimeter vor (Fig. 7). Dieses liefert 90 Diagramme gleichzeitig in Postkartengrösse vom Inhalt je eines Tages, welche über folgende Messwerte Auskunft geben:

1. Momentanwert (ähnlich unseren heutigen Schreibinstrumenten);
2. Tendenz der Grösse;
3. Änderungsgeschwindigkeit.

Das Diagramm wird täglich wie ein Bogen Papier in eine Schreibmaschine eingespannt und herausgenommen. Für weitere Details soll auf die einschlägige Literatur verwiesen werden. Etwas müssen wir aber bei dieser Art von Registrierung beachten, auf was meines Wissens noch nie hingewiesen wurde und doch etwas ganz Neuartiges darstellt: Die Messgrösse  $a$  ist in eine Zeit verwandelt worden, d.h. auf eine Uhr zurückgeführt. Cybernetisch gesprochen ist das Signal ein Zeitereignis geworden, wie etwa die Frequenzmodulation. Damit sind Summierungen von Grössen gleichzeitig sehr leicht durchführbar. Überhaupt können alle weiteren Operationen, welche mit der Messgrösse gemacht werden können, in dieser Form sehr leicht von Elektronengehirnen ausgeführt werden. Daraus kann u. a. eine ganz neue Messtechnik entstehen. Dieses Beispiel wurde absichtlich gewählt, um die Richtung der Entwicklung nach dem Krieg zu zeigen, und darauf hinzuweisen, dass man sich auch im Kraftwerkbetrieb der Elektronik widmen muss. Es ist vielleicht verfrüht, schon heute solche Geräte einführen zu wollen, weil vorerst noch verschiedene Voraussetzungen erfüllt werden müssen, welche in voller Entwicklung begriffen sind.

Das beschriebene Sweep-Balance-System und ähnliche Systeme arbeiten am besten mit nur einer Signalart. Auch der Platzmangel verbietet die Anwendung zu vieler Leitungen, zu vieler Klemmen pro Instrument usw. Ein Summenwattmeter für 4 ungleich belastete Leistungen im Drehstromnetz benötigt z. B. 16 Strom- und 12 Spannungsklemmen bzw. Leitungen. Es ist klar, dass ein solches Instrument niemals in Schalttafelgrösse von  $96 \times 96$  mm eingebaut werden kann. Die Entwicklung nach dem Zweiten Weltkrieg tendiert also nach Messwertumformern.

Ich greife daher als drittes Beispiel die statischen Messwertumformer der Leistung heraus, speziell die Hallgeneratoren [6]. Da aber inzwischen über dieses Thema bereits ausführlich berichtet wurde [7], soll auf eine Wiederholung verzichtet werden. Es soll lediglich erwähnt werden, dass die Hallgeneratoren, welche eine Wechselstromleistung in eine Gleichspannung umformen können, auch in der Schweiz, am Institut für höhere Elektrotechnik der ETH, intensiv untersucht werden, und zwar speziell in messtechnischer und schaltungstechnischer Hinsicht. Der Zweck dieser Untersuchungen ist nicht nur die Erreichung einer einfachen Reduktion des Temperaturfehlers bei grossen Hallkonstanten, sondern hauptsächlich, passende Summenschaltungen für die Messung der Leistung zu finden. Hallgeneratoren eignen sich ausgezeichnet zur Messung sehr kurzzeitiger Leistungen, wie sie etwa bei Schaltvorgängen vorkommen. Bis all diese Erkenntnisse Allgemeingut sein werden, wird noch eine gewisse Zeit verstreichen müssen.

Eine interessante Neuentwicklung eines sehr alten Messgerätes möchte ich trotzdem noch kurz erwähnen. Es sind dies die Ferraris-Messwerke, welche sehr gute aber auch sehr schlechte Eigenschaften hatten. Ausschlaggebend für diese Neuentwicklung waren die thermomagnetischen Stoffe,

welche erst nach dem Krieg in gleichmässiger Qualität erhältlich waren und Gewähr für eine gute Fabrikation boten. Mit diesen Materialien ist es dann gelungen, den mittleren Temperaturfehler dieser Messwerke auf ca. 0,5 % per 10°C zwischen 0 und 40°C zu bringen. Dadurch erhalten diese Messwerke erneut grösseres Interesse, weil so die guten Eigenschaften voll ausgenutzt werden können. Darunter sollen erwähnt werden:

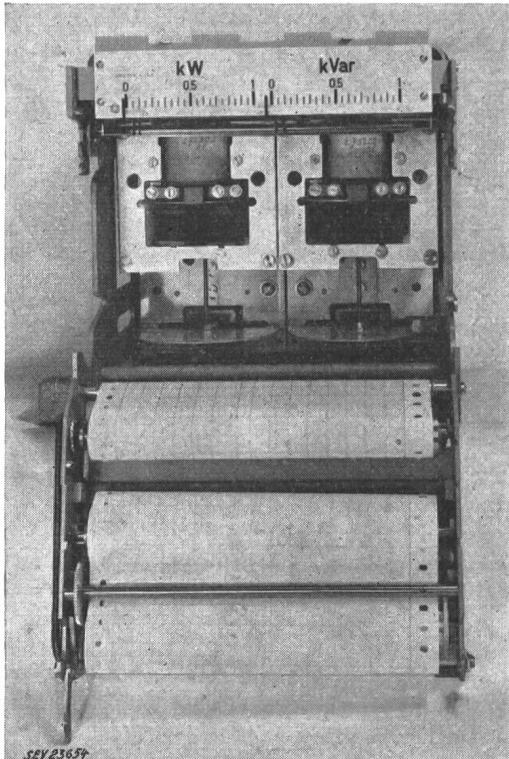


Fig. 8  
Doppelwattmeter-Schreiber mit neuem Ferraris-Messwerk

1. Robustheit und Stoßsicherheit;
2. Die beweglichen Teile sind nicht stromführend;
3. Die Instrumente enthalten nur Stanz- und Drehteile;
4. Die Skala ist völlig proportional (Korrektur durch Scheibenform);
5. Die Instrumente sind in den Zählerwerkstätten leicht zu reparieren, weil fast alle gleiche Systeme haben;
6. Bemerkenswert sind die hohen Drehmomente.

Diese Messwerke werden sowohl als Registrierer (Fig. 8) wie auch als Schalttafelinstrumente (Fig. 9) gebaut. Dass bei dieser Entwicklung Rücksicht auf

die neuen raumsparenden Gehäuseformen genommen wird, braucht nicht speziell erwähnt zu werden.

Es ist selbstverständlich nicht möglich, in einem so engen Rahmen alle Neuerungen der Messinstrumente von Kraftwerken, welche nach dem Krieg gebaut wurden und noch gebaut werden, zu erwähnen. Durch diese — wie man sagt — ausge-

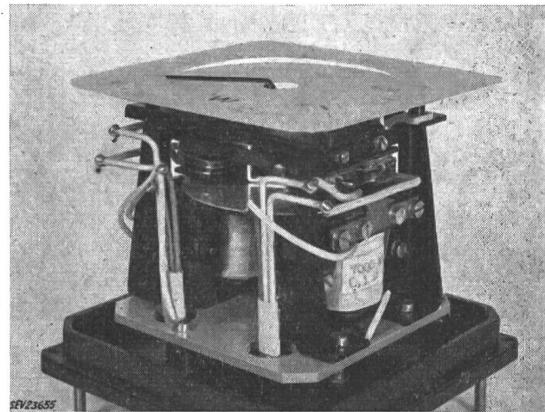


Fig. 9  
Longscale-Schalttafelwattmeter mit 2 Triebwerken

wählten Kapitel wollte ich Ihnen nur zeigen, dass neue Prinzipien und neue Ideen die Zeichen der Zeit und wert zum Diskutieren sind, und dass alte Prinzipien zeitgemäß gestaltet, noch viel Interessantes enthalten können.

#### Literatur

- [1] Laurie, W. D.: On the Design of Scales for Gauges and Instruments. Instrum. Pract. Bd. 8(1954), Nr. 5, S. 410...413.
- [2] Rein, Hermann: Physiologie des Menschen. S. 535 ff. Berlin: Springer 1949.
- [3] Blamberg, E.: Zuschrift an die Redaktion zu dem Artikel «Bauformen moderner Schalttafelinstrumente und Gesichtspunkte zu ihrer Beurteilung.» Von A. von Weiss, Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 16, S. 686...687.
- [4] Wiener, Norbert: Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Machine. New York: Wiley, Paris: Hermann 1948.
- [5] Keinath, George: Der Keinath-Recorder. Grundprinzip. ATM Liefg. 163(August 1949), Bl. J 031-15, S. T. 67...68.  
Keinath, George: Vielfach-Messung und -Registrierung zur Betriebsüberwachung. ATM Liefg. 200 (September 1952), Bl. J 032-4, S. 199...200.  
Keinath, George: Multiple X-Y Recorder for Testing Quartz Crystals. Electronics Bd. 18(1945), Nr. 1, S. 106...111.
- [6] Kuhrt, Friedrich: Eigenschaften der Hallgeneratoren. Siemens Z. Bd. 28(1954), Nr. 8, S. 370...376.  
Hartel, Walter: Anwendung der Hallgeneratoren. Siemens Z. Bd. 28(1954), Nr. 8, S. 376...384.
- [7] Barlow, H. E. M.: The Application of the Hall Effect in a Semi-Conductor to the Measurement of Power in an Electromagnetic Field. Proc. Instn. Electr. Engrs. Part. B, Bd. 102(1955), Nr. 2, S. 179...185.

#### Adresse des Autors:

G. Induni, Vizedirektor, Trüb, Täuber & Co. A.-G., Ampèrestrasse 3, Zürich 10/37.

## Zum Einfluss der Alterung des Leiterseiles auf die Koronaverluste bei Regen

Von E. Seylaz, Lausanne, und O. E. Gerber, Zürich

621.317.384 : 621.3.015.532 : 621.315.145

### 1. Einleitung

Bei den heute üblichen Übertragungsspannungen für Fernleitungen sind die Koronaverluste ein wichtiger Faktor geworden. Ihre Vorausbestimmung war jedoch bis vor wenigen Jahren recht heikel, da noch relativ wenig übereinstimmende Unterlagen über ihren Charakter und ihre Einsatz-

spannung vorhanden waren. Die starke Wittringsabhängigkeit der Koronaverluste wurde jedoch schon sehr früh festgestellt.

Auf Grund der von Potthoff nachgewiesenen Möglichkeit der Umrechnung von Koronaverlusten einer bestimmten Leiteranordnung auf eine andere Leiteranordnung, können heute die nötigen Pro-