

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 56 (1965)

Heft: 24

Artikel: Normungsfragen des Weltfernsehens

Autor: Gerber, W.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-916426>

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: 08.01.2026

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

BULLETIN

DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

Gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV)
und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)

Normungsfragen des Weltfernsehens¹⁾

Von W. Gerber, Bern

621.397 : 389.6

Öffentliches Fernsehen ist international veranlagt. Sprachgrenzen gibt es nicht; man möchte in die Ferne sehen. Mehr und mehr entwickelt sich das Massenmedium zum kulturellen Politikum. Alle Länder sind am internationalen Fernsehen interessiert. Mit Rücksicht auf den Programmaustausch, die Netzgestaltung, sowie die industrielle Fertigung ist eine einheitliche Normung erwünscht.

Die gegenwärtige Vielgestalt der Normen ist geschichtlich bedingt. Jeweiliger Stand der Technik und von Land zu Land verschiedene Gegebenheiten bestimmten die Entwicklung. In der Folge wurden Normenwandler notwendig, als Notlösung.

Zunächst handelt es sich darum, die verschiedenen Normen möglichst zu koordinieren. Zwei Dominanten zeichnen sich ab: das 525-Zeilenbild, mit 60 Halbbildern/Sekunde, und das 625-Zeilenbild, mit 50 Halbbildern/Sekunde. Beide sind unter sich schon weitgehend kompatibel. Eine weitergehende Angleichung drängt sich auf. Nach wie vor aber scheint die mehr allgemeine technische Entwicklung keineswegs abgeschlossen, wenn man bedenkt, wie grundverschieden die heutige Videotechnik und ihr physiologisches Vorbild immer noch sind.

Das öffentliche Fernsehen ist ein weltweites Massenmedium geworden und noch ist die Entwicklung keineswegs abgeschlossen. Wie aus der Fig. 1 hervorgeht sind heute 160 Millionen Empfangsstellen vorhanden; die monatliche Zuwachsrate beträgt bald 2 Millionen. Dieses öffentliche

La télévision publique a un caractère international. Il n'y a pas de frontières linguistiques et l'on aimeraît regarder également dans le lointain. La télévision est de plus en plus appréciée par le public cultivé. Tous les pays sont donc intéressés à la télévision internationale. Pour permettre l'échange de programmes, l'aménagement des réseaux, ainsi que la fabrication industrielle, une normalisation mondiale est désirable.

La multiplicité actuelle des normes est de nature historique. L'état momentané de la technique et les circonstances qui diffèrent d'un pays à l'autre en détermineront l'évolution. Par la suite, il a fallu prévoir des convertisseurs de normes, faute de mieux.

Il importe surtout de coordonner le mieux possible les différentes normes, dont deux paraissent maintenant prédominer: l'image à 525 lignes avec 60 demi-images par seconde et l'image à 625 lignes avec 50 demi-images par seconde. Ces deux normes sont déjà bien compatibles, mais il conviendrait de les rapprocher encore plus. Comme par le passé, le développement général est loin d'être achevé, si l'on songe aux différences fondamentales qui existent encore entre la technique de la vision et son modèle physiologique.

noch zu bemerken wäre, dass der ständig zunehmende Programmaustausch in mehr lokalen Bereichen sowie der periodische Austausch von Tagesneuigkeiten über feste Videooverbindungen nicht unter den Begriff der Eurovision fallen. Und schliesslich enthält Fig. 3 einige erste Angaben über die jährliche Anzahl der interkontinentalen Programmübertragungen über Nachrichtensatelliten. Anlässlich des neulichen Abschusses der Gemini-Kapsel waren bereits über hundert Millionen Menschen am Bildschirm versammelt!

Natürlich sind die örtlichen Unterschiede der Lokalzeiten nicht ganz ohne Bedeutung. Unter Umständen ist es zweckmäßig, das Programm vorerst zu konservieren und erst später, zu einer günstigeren Lokalzeit, öffentlich auszustrahlen. Je grösser aber die Zeitdifferenz wird, umso mehr verliert besonders die Aktualität an Wert. Europäische Tagesneuigkeiten sind beispielsweise in den USA mehr gefragt als die amerikanischen in Europa. Immerhin besteht eine grundsätzliche Möglichkeit, die gesamte Menschheit gleichzeitig vor dem Bildschirm zu erreichen. Dies ist jeweils dann der Fall, wenn über dem pazifischen Raum die zweite Nachhälfte liegt [1]²⁾ (vgl. Figur 4).

Alle Völker möchten sich am internationalen Programmaustausch beteiligen können. Dazu sind aber möglichst einheitliche Normen eine der wesentlichsten Voraussetzungen. Auch die Netzplanung ist darauf angewiesen. Und nicht

¹⁾ Deutsche Fassung eines Übersichtsvortrages, gehalten am 4. Internationalen Fernseh-Symposium, Montreux 1965.

²⁾ Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes

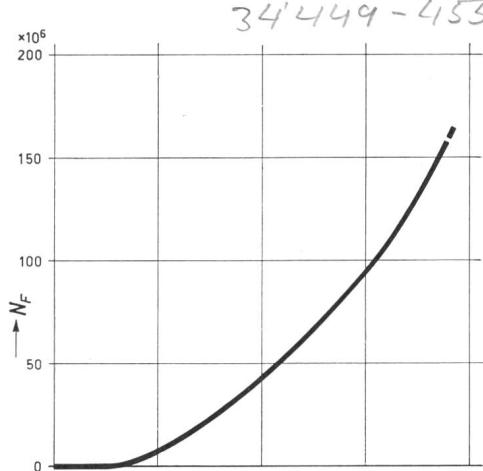
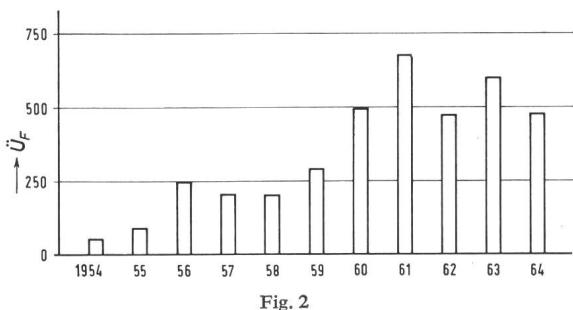


Fig. 1
Anzahl der Empfangsstellen N_F

Fernsehen ist von internationaler Bedeutung. Grenzen, irgendwelcher Art, gibt es nicht und man möchte doch in die «Ferne sehen». Unter anderem bestätigt sich dies in der Entwicklung der Eurovision. In Fig. 2 ist beispielsweise die jährliche Anzahl der Übertragungen angegeben — wobei



zuletzt sollte die industrielle Fertigung an der einheitlichen Normung interessiert sein.

In diesen Zusammenhang gehört auch die im Entwurf vorliegende CCIR-Question 306 XI: «Direct broadcasting from satellites (sound and television)».

Physiologische Grundlagen der heutigen Normen

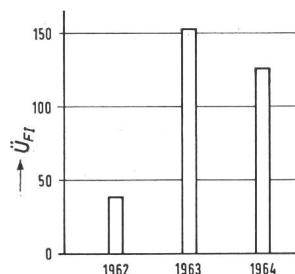
Die Fernsehtechnik verlängert das Sehvermögen des Menschen, indem sie eine beliebig entfernte Bildvorlage mit elektrischen Mitteln zugänglich macht. Die physiologischen Gegebenheiten sind dabei von entscheidender Bedeutung.

Von den Photozellen der Retina führen rund eine Million Verbindungen nach den Nervenzellen im menschlichen Hirn. Mit der heutigen Technik jedoch wäre eine derart hohe Anzahl von Verbindungen nicht zu verwirklichen. Die Bildvorlage wird deshalb in zeitlicher Folge punktweise, Zeile um Zeile abgetastet, wobei, mit Rücksicht auf den erforderlichen Geräuschabstand, ein elektrischer Bildspeicher zwischen Vorlage und Abtaster verwendet wird.

Ein erstes, wichtiges Kriterium ist die *Bildschärfe*. Bekanntlich verfügt das menschliche Auge über ein optimales Auflösungsvermögen von einer bis zwei Winkelminuten. In Fig. 5 sind die technischen und physiologischen Tatsachen einander gegenüber gestellt [2]. Danach also wäre unser heutiges 625-Zeilensystem, mit 5 MHz Bandbreite, den Bedürfnissen des Heimfernsehens einigermaßen angepasst.

Weiter besteht die Frage nach der *Bildinformation*. Das Auge sollte über eine gewisse Auswahl verfügen können. Mit 16 Graustufen berechnet sich die Bildinformation des erwähnten, monochromen Fernsehens auf anderthalb Millionen bit. Das Auge anderseits hat eine Kapazität von $700 \cdot 10^6$ bit [3]; also wesentlich mehr. Die Regie, die gewöhnlich über mehrere Kameras verfügt, muss bei der Auswahl des Bildausschnittes mithelfen.

Der Bildinhalt ist meistens nicht ruhend, sondern bewegt. Wie in der Kinotechnik werden deshalb zeitlich aufeinander folgende Teilbilder des Bewegungsablaufes übertragen, eines nach dem andern. Die *stroboskopische Mindestfrequenz der Bewegungsverschmelzung* beträgt ungefähr 16 Bilder/Sekunde. Könnte man die Einzelbilder kontinuierlich überblenden, wie dies mit dem *Mechau-Projektor* der Fall ist, würden sogar 12 Bilder/Sekunde ausreichen.



kunde genügen [4]. Ebenso wären dadurch die Helligkeitsstöße gemildert, wie dies Fig. 6 andeutet.

Aus bekannten Gründen musste seinerzeit im öffentlichen Fernsehen die Bildwechselzahl mit dem Starkstromnetz in Beziehung gesetzt werden und es sollte empfangsseitig auch *kein störendes Flimmern* auftreten, weshalb schliesslich die Werte 25 und 30 Hz gewählt wurden, wobei das einzelne Bild aus zwei zeilenvermaschten Halbbildern besteht.

Grundsätzlich ist das Flimmern durch die intermittierende Leuchtdichte des einzelnen Bildpunktes bedingt. Der Leuchtstoff blitzt nur kurzzeitig auf, mit der Bildwechselzahl n , wie in Fig. 7 skizziert. Durch Vergrössern des Nachleuchtens kann die kritische Leuchtdichte noch wesentlich erhöht werden, ohne bewegte Bilder zu verschmieren [5]. Ideal wäre natürlich ein Verlauf, wie in der erwähnten Fig. 7 gestrichelt angedeutet. Vielleicht lässt sich einmal eine solche Kennlinie mit einem geeigneten Speicherrohr verwirklichen.

Praktisch wird ein Gemisch von Leuchtstoffen verwendet, wobei das Nachleuchten der einzelnen Komponenten aufeinander abgeglichen ist. Dieses Nachleuchten wird nicht stärker gewählt, als gerade notwendig, um störendes Flimmern zu vermeiden.

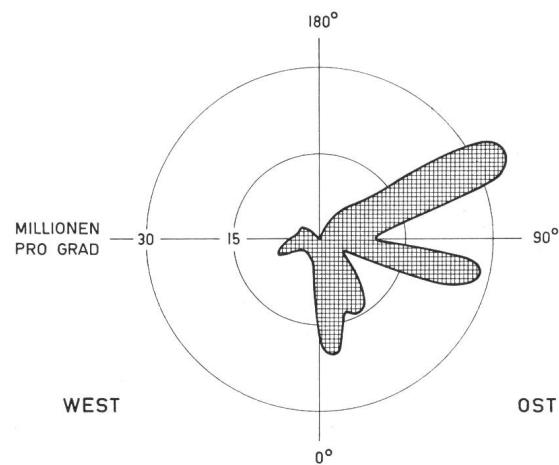


Fig. 4
Geographische Verteilung der Erdbevölkerung

In neuerer Zeit ist es gelungen, die Lichtausbeute merklich zu verbessern, besonders im Bereich des Farbfernsehens [6]. Zusammenfassend konnte *George H. Brown* anlässlich des Symposiums erklären:

“For many years after the emergence of commercial color TV in the United States, we were troubled by the limited performance of the red zinc phosphate and green willemite phosphors we were forced to use. In 1961, RCA was finally able to ameliorate this situation somewhat with the introduction of red and green zinc-cadmium sulfide phosphors which increased the brightness of the kinescope display by 50 percent. Now, with the introduction of a europium-doped yttrium-vanadate phosphor by Sylvania to replace the red zinc-cadmium sulfide, a further increase of 40 percent in brightness of the color kinescope has been realized. RCA is now including such a red phosphor in all its new color tubes. This battle for brightness is not yet ended, however. You may expect to hear of still more spectacular improvements in the months ahead.”

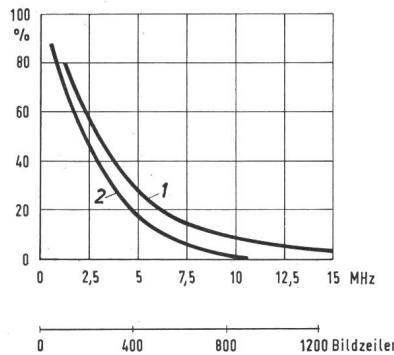


Fig. 5
Frequenzgang der Fernsehübertragung [2]
1 bis und mit Bildschirm;
2 bis und mit Teilnehmer,
im Abstand $6 \times$ Bildhöhe

Die Kanalkapazität unseres monochromen 625-Zeilensystems beträgt — für 16 Graustufen — $35 \cdot 10^6$ bit/s,

diejenige des Auges ungefähr 10^{10} bit/s [3] und diejenige des menschlichen Informationskanals, als Ganzes betrachtet, nur 15...25 bit/s [7]. Mit diesen Tatsachen sind natürlich eine Reihe von Fragen verbunden, die noch der weiteren Abklärung bedürfen. In diesem Sinne ist denn auch der CCIR-Report 315: «Reduction of the channel capacity required for a television signal» zu verstehen.

Soweit die Grundlagen. Weitere Tatsachen und Fragen — wie etwa das Zwischenzeilenflimmern, stroboskopische Effekte, Physiologie und Technik des Farbfernsehens, optimaler Sehkomfort, usw. — sind im vorliegenden Zusammenhang eher von sekundärer Bedeutung. Es soll deshalb hier nicht näher darauf eingetreten werden.

Normenwandler

Die Politik verschiedenster Interessen und aber auch die natürliche technische Entwicklung haben es im Laufe der vergangenen zwei Jahrzehnte mit sich gebracht, dass heute im öffentlichen Fernsehen zum Teil sehr unterschiedliche Normen verwendet werden. Einige der wichtigsten dieser Normen sind durch folgende Parameter gekennzeichnet:

Zeilenzahl	Bilder pro Sekunde	Videoband in MHz
405	25	3
525	30	4,2
625	25	5/5,5/6
819	25	10

Um den Bedürfnissen des internationalen Programmaustausches genügen zu können, wurden Normenwandler notwendig.

In der klassischen Ausführung, wie sie heute noch allgemein verwendet wird, erfolgt die Wandlung mit elektro-optischen Mitteln. Das Videosignal der ersten Norm erzeugt ein Schirmbild, das gemäß der zweiten Norm aufgenommen und übertragen wird. Sind nur die Zeilenzahlen verschieden, dann genügt das Nachleuchten des Bildschirms; sind aber die Bildwechselzahlen unterschiedlich, dann ist es zweckmäßig, die Verstärkung des Wandlers zu steuern, so dass kein 10-Hz-Flimmern auftreten kann. Natürlich liesse sich das optische Zwischenbild durch ein elektrisches

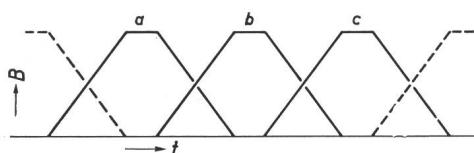


Fig. 6
Überblenden der Teilbilder a, b, c...
B Leuchtdichte; t Zeit

ersetzen. So spricht man denn ganz allgemein im Englischen von der «image-transfer method».

Die neuere Entwicklung tendiert dahin, die Videosignale unmittelbar umzuwandeln [8]. Mit einem solchen Vorgehen können der bildmässige Umweg und die damit verbundenen Verzerrungen vermieden werden.

In Anlehnung an die Computer-Technik wurde in England zunächst ein «line-store converter» entwickelt, der vollautomatisch und annähernd verzerrungsfrei arbeitet. Ferner ist ein vollelektronischer «field-store converter» in Vorbereitung.

Aus Japan anderseits wurden Vorschläge bekannt, wonach der Zeilenwechsel mit Hilfe magnetischer Aufzeichnung und Wiedergabe des Videosignales verwirklicht werden kann. Ferner wurde dort ein Gerät zur magnetischen Aufzeichnung und Wiedergabe entwickelt, das gestatten soll, die Bildwechselzahl von 50 Hz auf 60 Hz und umgekehrt zu ändern, und es scheint auch beabsichtigt zu sein,

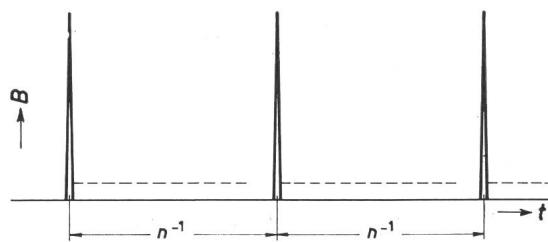


Fig. 7
Intermittierende Leuchtdichte B des einzelnen Bildpunktes
t Zeit

das Gerät später einmal im Farbfernsehen zu verwenden [9].

Die Normwandlung ist aber schliesslich nicht ein rein technisches Problem. *Bildinformation und Regie sind untrennbar aufeinander abgestimmt*. Vom Standpunkt des Programmgestalters aus gesehen, ist deshalb jedwelche Normwandlung unerwünscht. Dass dem so ist, zeigt die internationale Erfahrung.

Weltweite Koordination

Die neuere Entwicklung des öffentlichen Fernsehens tendiert zu einer Reduktion der Anzahl althergebrachter Normen. Mehr und mehr zeichnen sich zwei Gruppen ab: das 625-Zeilensystem, mit 50 Halbbildern pro Sekunde, und das 525-Zeilensystem, mit 60 Halbbildern pro Sekunde. Damit stellt sich zunächst die Frage, inwieweit sich die beiden koordinieren lassen?

Der Ursprung der vorhandenen Diskrepanz ist die direkte Folge des Unterschiedes der Netzfrequenzen Europas und der Vereinigten Staaten. Heute, nach achtzig Jahren, dürften sich die Netzfrequenzen kaum mehr ändern lassen. Zudem ist das Fernsehen von der Netzfrequenz unabhängiger geworden, wie beispielsweise die Empfangsverhältnisse in Tokio zeigen, wo nebeneinander Netzfrequenzen von 50 Hz und 60 Hz verwendet werden. Im Laufe der weiteren Betrachtungen darf deshalb die Frage der Netzfrequenz in erster Näherung weggelassen werden.

Für die Normwandlung wäre es zweifellos erwünscht, die Zeilenfrequenzen gleichzulegen. Diese sind nämlich an sich schon annähernd gleich. Der Gedanke geht bereits auf

das Jahr 1950 zurück. Neuere Vorschläge der Philips AG möchten entweder die Bildwechselzahl oder die Zeilenzahl des 625-Zeilensystems etwas erhöhen. Weitere Studien und Anregungen betreffen die geeignete Wahl des Chrominanzhilfsträgers des 625-Zeilensystems [10].

Auch der Gedanke des «dual-standard receivers» ist wieder aktuell geworden — das heißtt: es könnte ein Empfängertyp entwickelt werden, der für beide Normvarianten brauchbar wäre.

Natürlich könnte man unter der erwähnten Koordination auch ein gänzliches Verschwinden der einen oder andern Normvariante verstehen. In diesem Falle müsste gegen die ältere der beiden Normvarianten — das 525-Zeilensystem, mit 60 Halbbildern pro Sekunde — sofort eingewendet werden, dass die um 20 % grössere Bildwechselzahl schliesslich auf Kosten der Bildinformation geht. Wohl zeigt sich das Flimmerproblem zunächst in etwas milderer Form, doch haben Flimmern und Frequenzbandbreite an sich nichts Gemeinsames.

Soweit die augenblickliche Situation. Mit der zunehmenden Bedeutung interkontinentaler Übertragungen über Erd-satelliten sind zunächst weitere Anstrengungen zur Reduktion der Frequenzbandbreite zu erwarten. Das Produkt der beiden Kostenfaktoren: benötigte Bandbreite und Belegungszeit, ist von entscheidender Bedeutung. Anderseits wären zusätzliche Aufwendungen für die Endausrüstungen der Satellitenübertragung weniger wichtig. Bereits zeigen sich erste Ansätze in dieser Richtung [11] und es wäre durchaus denkbar, dass sich hieraus einmal eine Weltnorm ergeben könnte.

Ganz allgemein besteht das Fernziel des weiteren Vor gehens darin, eine bessere Übereinstimmung der Videotechnik mit den physiologischen Gegebenheiten zu errei-

chen. Deshalb sind vorerst weitere Untersuchungen notwendig, bevor irgendwelche Eingriffe zur Schaffung einer eigentlichen Weltnorm zu verantworten wären. In diesem Sinne wird sich denn auch das *Comité Consultatif International des Radiocommunications* (CCIR) weiterhin mit der Aufgabe zu befassen haben.

Literatur

- [1] *W. Gerber*: Probleme des Weltfernsehens. Techn. Mitt. PTT 40(1962)11, S. 395...402.
- [2] *Comité Consultatif International des Radiocommunications*: CCIR-Document XI/31 de la période 1963...1966.
- [3] *H. Zemanek*: Elementare Informationstechnik. Oldenbourg München 1959, S. 63.
- [4] *F. Schröter*: Die Bedeutung des Bildausgleichprojektors als Fernsehgeber. Probleme des Fernsehens. Vorträge und Diskussionsberichte an der 1. internationalen Fernsehtagung in Zürich 19. bis 21. September 1938. Schweiz. Arch. angew. Wiss. Techn. Sonderheft 1938, S. 78...82.
- [5] *J. Haantjes* and *W.F. de Vrijer*: Flicker in Television Pictures. Wirel. Engr. 28(1951)2, S. 40...42.
- [6] *A. Bril*, *W.L. Wanmaker* and *C.D.J.C. de Laat*: Fluorescent Properties of Red-Emitting Europium-Activated Phosphors with Cathode Ray Excitation. J. Electrochemical Soc. 112(1965)1, S. 111...112.
- [7] *H. Zemanek*: Elementare Informationstechnik. Oldenbourg München 1959, S. 64.
- [8] *A.V. Lord* and *E.R. Rout*: A Review of Television Standards Conversion. BBC-Monograph No. 55, London 1964.
- [9] *T. Nomura*: TV Standard Conversion System: 1. Internationales Fernseh-Symposium in Montréal 17. bis 21. Mai 1961.
- [10] *BBC-Research Department*: Techn. Mem. T-1049, Report T-110 (1963/25), Techn. Mem. T-1059/2.
- [11] *K. Suzuki*: Advanced Technical Problems in Japan. Report of the NHK Technical Research Laboratories, 8th April 1965, Tokyo.

Adresse des Autors:

Dr. *W. Gerber*, Elfenauweg 64, 3000 Bern.

Automatisierung der Turbinenanlage im Kraftwerk Gösgen

Von *R. Markwalder*, Olten

62-52 : 621.224 : 621.311.21(494.221.1)

Die Automatisierung des Betriebes ist bei Kraftwerken älteren Bau datums von besonderem Interesse, da diese Anlagen auf Grund ihrer ursprünglichen Disposition eine grössere Anzahl von Bedienungspersonal im 3-Schichtenbetrieb erfordern. Der vorliegende Aufsatz befasst sich mit den getroffenen Massnahmen zur Modernisierung und Automatisierung der Turbinenanlage im Kraftwerk Gösgen der Aare-Tessin AG, Olten. Die für jede Maschinengruppe vorgesehene automatische Steuerung umfasst hauptsächlich ein Wahlschaltwerk zur Bestimmung des gewünschten Programms sowie die entsprechenden Schrittschaltwerke für die Ausgabe der Funktionsbefehle. Grundsätzlich arbeitet die Einrichtung als Kaskadensteuerung, wobei die ordnungsgemäss Ausführung eines Befehles jeweils für die Erteilung des nächsten erforderlich ist. Die automatische Turbinenregulierung ist heute bei drei der sieben Drehstrommaschinen des Kraftwerkes Gösgen in Betrieb, bei den übrigen Gruppen in Ausführung. Nach Abschluss dieser Arbeiten ist als nächster Schritt in der Automatisierung der Einbau eines Steuergerätes vorgesehen, das die Maschinen abhängig von der Wasserführung der Aare zu- und abschaltet sowie gemäss den Wirkungsgradkurven auf dem günstigsten Arbeitspunkt betreibt.

L'automatisation de la marche des centrales électriques anciennes offre un intérêt particulier, du fait que ces centrales exigent, en raison de leur conception, un personnel d'exploitation assez important, formant trois équipes en rotation. L'article présente traite des mesures prises pour moderniser et automatiser l'équipement des turbines de la centrale de Gösgen, appartenant à la société ATEL, Olten. La commande automatique prévue pour chaque groupe générateur comprend essentiellement un équipement sélecteur, pour la fixation du programme désiré, et des équipements à couplage progressif, qui émettent les ordres correspondants. Le système fonctionne en cascade, de sorte qu'aucun ordre ne peut être donné sans que l'ordre précédent ait été exécuté. La régulation automatique des turbines est déjà en service pour trois des sept machines à courant triphasé de l'usine de Gösgen et les équipements des autres machines sont en cours d'exécution. La prochaine étape de l'automatisation consistera à installer un dispositif qui mettra les machines en ou hors service selon le débit de l'Aar, en les faisant travailler toujours dans la zone du meilleur rendement.

1. Allgemeines über das Kraftwerk Gösgen

Das Kraftwerk Gösgen der Aare-Tessin AG wurde in den Kriegsjahren 1914—1917 gebaut und war damals mit über 40 MW installierter Leistung eine der grössten Anlagen

seiner Art. Von den 8 vorgesehenen Maschinensätzen waren bei der Inbetriebnahme im November 1917 deren 6 eingebaut. Eine siebente Gruppe konnte anfangs der 20er Jahre in Dienst gestellt werden. Es handelt sich bei den Turbinen