

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 47 (1956)
Heft: 8

Artikel: Leitsätze "Nomenklatur der Regelungstechnik" - "Leitsätze für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen"
Autor: Profos, P. / Oertli, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1060087>

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: 03.04.2025

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)

Leitsätze „Nomenklatur der Regelungstechnik“ — „Leitsätze für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen“

Von P. Profos, Winterthur (ZH) und H. Oertli, Bern

621.316.72

Die Autoren berichten kurz über die von der Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände des SEV und deren Unterkommission «Nomenklatur» bis heute veröffentlichten Arbeiten. Sie tun dies insbesondere als Begleittext zum Entwurf der Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik», der in der vorliegenden Nummer des Bulletins²⁾ erstmals publiziert wird. In diesem Zusammenhang hat die in Tabelle I des Artikels zusammengefasste Gegenüberstellung korrespondierender englischer, amerikanischer und italienischer Bezeichnungen besondere Bedeutung.

Les auteurs rappellent brièvement les travaux qui ont été publiés jusqu'ici par la Commission d'études de l'ASE pour le réglage des grands réseaux et sa Sous-commission de Terminologie. Ils le font notamment à titre de commentaire du projet de «Recommandations pour une Terminologie en matière de réglage», publié pour la première fois dans le présent numéro du Bulletin de l'ASE²⁾. Le tableau I de cet article, qui indique les expressions correspondantes en anglais, américain et italien, est particulièrement intéressant à ce sujet.

I. Einleitung

An der Diskussionsversammlung über die Regelung grosser Netzverbände, die vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein am 3. April 1952 in Lausanne veranstaltet wurde, berichtete die im Jahre 1947 gegründete Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände des SEV über ihr Arbeitsprogramm und über ihre bisherige Tätigkeit¹⁾. D. Gaden erwähnte in seinem Referat «Travaux abordés par la Commission d'étude pour le réglage des grands réseaux et programme pour les travaux et essais ultérieurs» die damals teilweise bereits entworfenen Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik» und Leitsätze für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen.

Seither sind diese Arbeiten weitergeführt worden und zu einem gewissen Abschluss gelangt. Von den Leitsätzen «Nomenklatur der Regelungstechnik» sind in der vorliegenden Nummer des Bulletins des SEV die ersten 3 Kapitel als Entwurf veröffentlicht²⁾. Die «Leitsätze für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen» liegen bereits in bereinigter Fassung vor.

Die beiden Publikationen sind zwar zunächst für den Gebrauch in der schweizerischen Industrie bestimmt, doch kommt ihnen angesichts der Verknüpfung des Wirtschaftslebens und der technischen Wissenschaften mit dem Ausland natürlich eine über die schweizerischen Grenzen hinausgehende Bedeutung zu. Bei ihrer Abfassung bestand denn auch das Bestreben des möglichst guten Anschlusses an entsprechende ausländische Normungsarbeiten, und es wurde auch laufend Kontakt mit den in Frage kommenden ausländischen Institutio-

nen unterhalten. Eine über unsere Landesgrenzen hinausreichende Bedeutung kommt diesen «Leitsätzen» wohl auch deshalb zu, weil sie erstmalig auf diesem Gebiet in zwei Sprachen abgefasst sind (deutsch und französisch).

Andererseits ist die Abfassung der «Leitsätze» mindestens zum Teil durch die aus den besonderen schweizerischen Verhältnissen gegebene Zielsetzung bestimmt worden, und es haben sich hieraus vereinzelt Abweichungen von den entsprechenden ausländischen Normvorschlägen ergeben, die womöglich noch bereinigt werden sollen.

II. Leitsätze

«Nomenklatur der Regelungstechnik»

Die Anregung für die Schaffung einer einheitlichen Nomenklatur der Regelungstechnik kam einerseits aus der Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände selbst und andererseits sowohl von der Seite der Wissenschaft als auch besonders gebieterisch aus der Praxis. Dabei trat sofort aus der Mehrsprachigkeit der Schweiz das Bedürfnis zutage, eine solche Nomenklatur zugleich in deutscher und französischer Fassung zu schaffen.

Da in der Schweiz auf engem Raum die verschiedensten technischen Richtungen, in welchen die Regelungstechnik eine Rolle spielt, bearbeitet werden, und enge Zusammenarbeit gebieterische Notwendigkeit ist, war eine weitere grundsätzliche Forderung die, bei der Ausarbeitung der Nomenklatur möglichst universell anwendbare Begriffe und Bezeichnungen zu prägen. Es sollte auf jeden Fall vermieden werden, eine zunächst nur für den Hausgebrauch in einem bestimmten Anwendungsgebiet, beispielsweise bei den Herstellern gewisser Reglerbauarten usw., gedachte Terminologie zu

¹⁾ siehe Bull. SEV Bd. 43(1952), Nr. 13, S. 537...582.

²⁾ siehe Seite 372...388.

schaffen. Vielmehr war beabsichtigt, von Anfang an diese Nomenklatur so auszugestalten, dass sie sowohl für den Grossmaschinenbau (hydraulische und thermische Kraftwerke), für den Reglerbau für allgemeine Prozesszwecke, als auch für die Regelungstechnik auf den Gebieten des Werkzeugmaschinenbaues, der Fertigung, der militärischen Anwendungen usw. praktisch brauchbar sein sollte. Selbstverständlich war dabei zu verlangen, dass diese breite Gültigkeit durch entsprechend allgemein gefasste Formulierungen der Begriffsbestimmungen erreicht und dass nicht etwa eine erzwungene Übereinstimmung durch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus unsaubere Kompromisse herbeigeführt werden sollte.

Dieser Richtlinie, der ganz besondere Bedeutung beigemessen worden ist und die zu einem guten Teil das relativ langsame Voranschreiten der Arbeit bedingt hat, wurde denn auch bei der Konstituierung der Unterkommission «Nomenklatur» der Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände Rechnung getragen, als diese im Jahre 1950 mit der Ausarbeitung einer Nomenklatur betraut wurde. Die Unterkommission setzt sich aus mindestens je einem Vertreter der folgenden Fachgebiete zusammen: Bau von Dampferzeugern und Dampfanlagen, Turbinenbau, Bau elektrischer Grossmaschinen, Bau von Reglern für allgemeine Prozessregelung (speziell elektrische und pneumatische Regler), Kraftwerkbetrieb. Andererseits sind in dieser Arbeitsgruppe neben der Industrie auch die schweizerischen technischen Hochschulen (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne) durch je einen Dozenten des betreffenden Lehrgebietes vertreten.

Der bis jetzt publizierte Teil der Leitsätze «Nomenklatur der Regelungstechnik» umfasst 3 Abschnitte. In einem ersten werden allgemeine Begriffe und Bezeichnungen behandelt. Ein zweites Kapitel befasst sich mit dem Aufbau des Regelkreises aus seinen einzelnen Elementen, und im dritten Abschnitt werden die für die Untersuchung des dynamischen Verhaltens des Regelkreises und seiner Elemente nötigen Begriffe und Bezeichnungen erörtert. Der für die Auswahl, Auslegung und Beurteilung von Regelungen besonders wichtige dritte Abschnitt wurde bewusst ziemlich ausführlich gehalten. Es wurde unter anderem speziell der grossen Bedeutung der Frequenzgangdarstellung für die Praxis Rechnung getragen. Als Unterlagen für die Formulierung von Garantiebestimmungen wurden ausserdem auch die wichtigsten zur Charakterisierung der Regelgüte benötigten Begriffe behandelt. — Die für die Praxis bedeutsame Einteilung der Regler ist Gegenstand eines noch in Bearbeitung befindlichen vierten Kapitels.

Wie bereits angedeutet, wurde angestrebt, die gewählten Bezeichnungen und Definitionen nach Möglichkeit mit den entsprechenden ausländischen Normvorschlägen in Einklang zu bringen, vorab mit den deutschen Normen nach DIN 19226. Dies hat denn auch zu einem gegenseitigen Angleichen und schliesslich zu einer weitgehenden Überein-

stimmung mindestens der Bezeichnungen in den beiden deutschsprachigen Normvorschlägen geführt, wie die Gegenüberstellung in Tab. I zeigt. Auf die wenigen noch bestehenden wesentlichen Abweichungen wird später kurz eingegangen. In Tab. I sind auch — soweit genormt — die korrespondierenden englischen, amerikanischen und italienischen Bezeichnungen eingetragen. Beim Vergleich dieser Bezeichnungen ist allerdings zu beachten, dass in vielen Fällen der Begriffsinhalt nicht genau derselbe ist.

Die wichtigsten Unterschiede in den deutschsprachigen Bezeichnungen nach dem schweizerischen Normvorschlag einerseits und nach DIN 19226 andererseits sind die folgenden:

Nach den «Leitsätzen» wird der am Regler einzustellende Wert der Regelgrösse als «Einstellwert» benannt, während das deutsche Normblatt hierfür «Sollwert» vorsieht. Andererseits wird im Schweizer Entwurf die Bezeichnung «Sollwert» dem Begriffsinhalt zugeordnet, welchem nach DIN 19226 die Bezeichnung «Aufgabenwert» entspricht. Solange der in Frage kommende Regler keine erwünschte bleibende Statik aufweist, kommt dieser unterschiedlichen Bezeichnung keine Bedeutung zu, da alsdann «Einstellwert» und «Sollwert» bzw. «Sollwert» und «Aufgabenwert» gleichbedeutend werden. Für den wichtigen Fall der Drehzahlregelung aller Antriebe von Wechselstromgeneratoren zum Beispiel ist die bleibende Statik jedoch aus der Regelung im engeren Sinne nicht berührenden Gründen notwendig und deshalb als erwünscht anzusehen. Die schweizerischen Fachleute stellten sich daher auf den Standpunkt, dass für diesen Fall der «Sollwert» der Wert der Regelgrösse sei, den der Regler unter *Berücksichtigung einer verlangten Statik einregeln soll*. Wenn unter Einschluss des wichtigen Falles der erwünschten Statik der Bezeichnung «Sollwert» ein allgemein gültiger Begriff zugeordnet werden soll, so führt dies zwangsläufig auf die im schweizerischen Entwurf gewählte Festlegung. Andererseits wurde die Bezeichnung «Einstellwert» für das, *was am Regler eingestellt wird*, als sprechender empfunden. Schliesslich entsprechen auch die amerikanische und die italienische Terminologie weitgehend der schweizerischen Auffassung, indem hier für «Einstellwert» die Ausdrücke «reference input» bzw. «set point» sowie «valore predeterminato» verwendet werden, während für «Sollwert» (nach schweizerischer Definition) die Ausdrücke «desired value of controlled variable» bzw. «control point» sowie «valore prescritto» festgelegt sind.

Zu beachten ist ferner, dass der Bezeichnung «Stellgrösse» in den beiden Nomenklaturen ein unterschiedlicher Begriffsinhalt gegeben ist. Während die schweizerische Nomenklatur den Trennstrich zwischen Regler und Regelstrecke — um mit einem Beispiel zu sprechen — zwischen Regelventil und Durchflussmenge verlegt, wird nach der deutschen Auffassung diese Trennung zwischen Stellmotor und Regelventil gemacht. Nach schweizerischer Auffassung wird also das Ventil noch als zur Regeleinrichtung zugehörig betrachtet, während es

*Nomenklatur der Regelungstechnik
Gegenüberstellung von Bezeichnungen in verschiedenen Sprachen und Ländern*

Tabelle I

Schweiz SEV-Entwurf (deutsch) vom 14. 4. 1956	Schweiz SEV-Entwurf (franz.) vom 14. 4. 1956	Deutschland DIN 19226	Amerika ASME, AIEE	England Brit. Standards	Italien CTI-Entwurf vom Sept. 1954
Regelung	réglage	Regelung	automatic control	automatic control	regolazione
Regeleinrichtung	équipement de régulation	Regler	controlling means	control system	regolatore
Regler	régulateur	Regler	controller	automatic controller	regolatore
Geregelte Anlage, (Regelstrecke)	installation réglée	Regelstrecke	process, controlled system	plant, controlled member	zona di regolazione
Regelkreis	circuit de régulation	Regelkreis	control system	automatic control system closed loop	circuito di regolazione
Regelgrösse	grandeur réglée	Regelgrösse	controlled variable	controlled condition	grandezza regolata
Stellgrösse	grandeur de réglage	Stellgrösse	manipulated variable	—	grandezza regolante
Leitgrösse	grandeur de référence	Führungsgrösse	reference input, command variable	—	—
Störgrösse	grandeur perturbatrice	Störgrösse	disturbance	disturbance	grandezza perturbante
Istwert	valeur instantanée	Istwert	—	actual value	valore istantaneo
Einstellwert	valeur de consigne	Sollwert	setpoint, reference input	desired value	valore predeterminato
Einstellbereich	domaine d'ajustement	Sollwertbereich	—	—	intervallo della grandezza regolata
Sollwert	valeur prescrite	Aufgabenwert	desired value of controlled variable	—	valore prescritto
Idealwert	valeur de régime	—	—	—	—
Regelabweichung	écart de réglage	Regelabweichung	deviation	deviation	scostamento
wirksame Regelabweichung	écart actif de réglage	—	actuating signal	—	—
Messort	lieu de mesure	Messort	—	—	luogo di misura
Stellort	lieu de réglage	Stellort	—	—	luogo di regolazione
Messorgan	organe de mesure	—	measuring means	measuring unit	organo rivelatore
Verstärkerorgan	amplificateur	—	—	amplifier element	amplificatore
Servomotor, Stellmotor	servomoteur	Stellmotor	motor operator	servomotor	servomotore
Stellorgan	organe de réglage	Stellglied	final control element	regulating unit	organo regolante
Korrekturorgan	organe correcteur	—	—	—	elementi piloti (prov.) (organi di tempo etc.)
Eingangsrösse	grandeur d'entrée	Eingangsrösse	input	input signal	—
Ausgangsrösse	grandeur de sortie	Ausgangsrösse	output	output signal	(grandezza di uscita)
Übertragungsverhalten	comportement au transfert	Übertragungsverhalten, Zeitverhalten	—	—	—
Übergangsfunktion	réponse indicielle	Übergangsfunktion	transient response	step function response bzw. step function response diagram	curva di risposta
Frequenzgang	réponse harmonique	Frequenzgang	frequency response	harmonic response	—
Zeitkonstante	constante de temps	—	—	—	costante di tempo
Totzeit	retard	Totzeit	dead time	distance velocity lag dead time	tempo morto
Übertragungsfaktor	facteur de transfert statique	Übertragungsfaktor	proportional control factor	steady state gain	—
Regelvorgang	processus du réglage	—	—	—	—
Regelablauf	déroulement du réglage	—	—	—	—
Stabilität	stabilité	—	stability	stability	stabilità
Dämpfung	amortissement	—	—	damping	smorzamento
Regelgüte	qualité du réglage	—	—	—	—
Regelunempfindlichkeit	insensibilité du réglage	—	dead band	dead zone	—
Regelfehler	erreur de réglage	—	—	—	—
Regelzeit	durée du réglage	—	—	—	—

nach der deutschen Festlegung bereits ein Teil der Regelstrecke ist. Demgemäss ist beim erwähnten Beispiel die Stellgrösse nach schweizerischer Auffassung der hydraulisch wirksame Ventilquerschnitt, nach deutscher Definition ist darunter der Hub der Ventilschnecke zu verstehen. Die schweizerische Auffassung, das Stellorgan noch als zur Regelung gehörig zu betrachten, begründet sich aus der Überlegung, dass seine spezielle Ausbildung zum Stellorgan im wesentlichen nicht durch prozesstechnische, sondern durch *regeltechnische Gesichtspunkte* bestimmt wird, und es gerade aus diesem Grunde in der Grosszahl der Fälle Bestandteil der Reglerlieferung ist.

Die übrigen Abweichungen in den deutschsprachigen Bezeichnungen sind nur noch geringfügig und jedenfalls von untergeordneter Bedeutung.

III. Leitsätze für die Drehzahlregelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen

Der Entwurf dieser Leitsätze wurde 1954 im Bulletin des SEV publiziert³⁾. Die Vorschläge, die auf diese Veröffentlichung hin von Mitgliedern des SEV eingereicht wurden, veranlassten die Studienkommission für die Regelung grosser Netzverbände zu einigen Änderungen; diese wurden im Jahre 1955 in Gegenüberstellung des deutschen und des französischen Textes wiederum im Bulletin ausgeschrieben⁴⁾. Die bereinigte Fassung der Leitsätze dürfte in deutscher und in französischer Sprache im Laufe des Jahres 1956 als Publikation Nr. 205 des SEV erscheinen.

Über den Zweck der Leitsätze sagt ihre Einleitung folgendes: «Hauptzweck dieser Leitsätze ist, zur Zusammenarbeit zwischen den Kraftwerken und den Lieferfirmen anzuregen, um die Probleme zu lösen, welche die Regelung von Wasserturbine-Generator-Gruppen stellt. Diese Zusammenarbeit muss sich sowohl auf Elektrofirmer wie auch auf Maschinenfabriken erstrecken; die Leitsätze zeigen die hauptsächlichsten Fragen auf, welche zu studieren sind, und machen die Kraftwerke auf die Punkte aufmerksam, die bei der Beschaffung der elektromechanischen Ausrüstung ihrer Anlagen beachtet werden müssen. Endlich erlauben sie, sich Rechenschaft zu geben über wünschbare Weiterentwicklungen zu bessern Lösungen der Regelprobleme und damit zu einer bessern Wirtschaftlichkeit des Netzbetriebes.»

Der Inhalt der auf die Einleitung folgenden acht Kapitel betrifft die folgenden Themata:

Im Kapitel *Antrieb oder Speisung des Reglers* werden die beiden Arten beschrieben, die nach dem heutigen Stand der Technik in Betracht kommen, und es wird auf die Vorteile und auf die Nachteile hingewiesen, die Antrieb oder Speisung von der Turbinenwelle aus, und Antrieb oder Speisung durch den Hauptgenerator haben.

Nach dem Kapitel *Drehzahl- oder Leistungseinstellvorrichtung* soll der Einstellwert der Leerlaufdrehzahl durch die Drehzahl- oder Leistungseinstellvorrichtung im Bereiche von $\pm 8\%$ der Nenndrehzahl verändert werden können. Es wird gezeigt, innert welchen Frequenz-Grenzwerten das Parallelschalten bzw. die Vollastabgabe möglich ist.

Das Kapitel *Statik* hat die Unterabschnitte «Totale Statik» und «Lokale Statik für eine bestimmte Leistung». Die zugehörige Figur zeigt die Bedeutung der lokalen Statik, aus der sich leicht die für den Parallelbetrieb wichtige Regelleistungs-Konstante berechnen lässt, die der betreffenden Leistung der Gruppe entspricht.

Im Kapitel *Drehzahlanstiege* sind besonders auch die Zusätze zu beachten, die nach dem ersten Entwurf beigelegt wurden. Die Höhe der Drehzahlanstiege, die der Besteller zulässt, kann die Grösse des nötigen Schwungmomentes GD^2 wesentlich beeinflussen.

Das Kapitel *Stabilität der Regelung* behandelt die Stabilität der Regelung einer oder mehrerer Gruppen im Einzelbetrieb. Es werden eine Reihe von Angaben genannt, die der Besteller dem Lieferanten des Drehzahlregulators machen muss, damit der Lieferant das nötige GD^2 bestimmen kann. Sodann wird noch beschrieben, wie die Stabilität durch Versuche kontrolliert werden soll.

Das Kapitel *Unempfindlichkeit der Regelung und Ungenauigkeit der Drehzahl* war bereits im ersten veröffentlichten Entwurf das umfangreichste. Es wurde dann umgearbeitet und erweitert. Bei der Behandlung dieses Kapitels zeigte sich besonders die Notwendigkeit einer Nomenklatur der Regelungstechnik und zwar in deutscher und in französischer Sprache. Die «Unempfindlichkeit der Drehzahl-Regelung», die «maximale Ungenauigkeit der Drehzahl» und ihre «statische Ungenauigkeit» und «dynamische Ungenauigkeit» werden definiert, beschrieben und in Figuren (Frequenzstreifen und Tachogrammen) erläutert. Das Kapitel enthält auch Anleitungen zur Messung der Unempfindlichkeit und der Ungenauigkeiten.

Das Kapitel *Parallelbetrieb* behandelt im ersten Abschnitt das grundsätzlich verschiedene Verhalten von Synchron- und Asynchrongeneratoren und die Schwingungen eines auf ein grosses Netz geschalteten Synchrongenerators. Der zweite Abschnitt betrifft die Schwingungen unter dem Einfluss der Drehzahlregelung, die elektrische, hydraulische oder mechanische Ursachen haben können. Es wird beschrieben, wie die Verhältnisse geprüft, beurteilt und verbessert werden können.

Das letzte Kapitel ist der *Regelzeit bei Parallelbetrieb* gewidmet. Dabei wird gewünscht, dass die Regelzeit die Verstellzeit der Leistungseinstellvorrichtung so wenig wie möglich überschreiten soll.

Adressen der Autoren:

Privatdozent Dr. P. Profos, Gebr. Sulzer A.-G., Winterthur (ZH).
Oberingenieur Dr. H. Oertli, Bernische Kraftwerke A.-G., Bern.

³⁾ siehe Bull. SEV Bd. 45(1954), Nr. 10, S. 374...380.

⁴⁾ siehe Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 26, S. 1286...1292.