

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 57 (1966)
Heft: 19

Rubrik: Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

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: 01.04.2025

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

Die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit elektrischer Maschinen

Diskussion

DK 621.313 : 004

In Nr. 18|1965 der Seiten des VSE haben wir den Aufsatz von Herrn P. Hauenstein: «Die Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit elektrischer Maschinen» veröffentlicht. Wir erhielten in der Folge einige Zuschriften aus Betriebskreisen, die wir nachstehend mit der Stellungnahme des Verfassers, Herrn Hauenstein, veröffentlichen. Damit möchten wir die Diskussion abschliessen.

Die Redaktion

Kraftwerke Oberhasli AG

Unter diesem Titel behandelt Herr P. Hauenstein in sehr aufschlussreicher Weise die heutigen Konstruktionsmerkmale elektrischer Maschinen, sowie einige Aspekte, die die Betriebsführung und die Lebensdauer derselben betreffen.

Als Benützer solcher Maschinen gestatten wir uns, auf die nachstehenden Punkte hinzuweisen.

Die stärkere Materialausnützung der heutigen Konstruktionen führt zwangsweise zu

- a) höherer Belastung der mech. Teile (Wandstärken, Tourenzahl)
- b) stärkerer Belastung der elektrischen Isolationen
- c) höherer Stromdichte in den elektrischen Leitern, und
- d) höherer Magnetisierung der aktiven Eisenteile.

Die Folgen dieser Massnahmen sind:

- e) eine erwünschte Gewichts- und Platzverminderung konnte erreicht werden,
- f) zufolge der höheren spez. Belastungen machen sich trotz besserer Materialien und trotz verbesserter Kontroll- und Untersuchungsmöglichkeiten, eingeschlichene Material- und Konstruktionsfehler viel drastischer bemerkbar,
- g) Während die höheren mechanischen Belastungen des Materials nur kritisch werden, wenn diese in die Nähe der Dauerfestigkeit ansteigen oder wenn infolge einer allzu leichten Schweisskonstruktion die Maschine zu viel an mech. Stabilität verliert, führt
- h) die höhere elektrische Belastung zu höheren örtlichen Temperaturen, was evtl. trotz besserer Wärmeabfuhr eine schnellere Alterung bedeutet.

Dem wichtigen positiven Punkt e können also drei ebenso wichtige negative Punkte f, g und h gegenüberstehen. Kann für diese negativen Punkte der Fabrikant verantwortlich gemacht werden? Wir sind der Meinung, dass dies nur teilweise der Fall ist. Sicher dann, wenn er mit der Beanspruchung allzu nahe an die kritischen Werte herangeht und wenn er sich in der Materialprüfung und Fabrikationskontrolle etwas zu Schulden kommen lässt. Was aber die natürlichen Folgen der höheren Materialbeanspruchungen anbelangt, wie die schnellere Alterung des Materials, kann wohl dem Konstrukteur keine Schuld zugesprochen werden.

Grundsätzlich kann also eine Maschine leichter und damit kurzlebiger — oder robuster und damit langlebiger gebaut werden. Diese beiden verschiedenen Prinzipien wirken sich natürlich im Gewicht, in den Dimensionen und damit im Preis aus. Sie sollten sich aber noch in etwas anderem auswirken, nämlich in den Garantie- und den Revisionszeiten.

Es wäre sehr interessant, an einem Musterbeispiel, z. B. für einen ganz bestimmten Generator, eine genaue Offerte einmal bei äusserster Materialausnützung und einmal in «währschafter» Ausführung zu vergleichen.

Ausser einer genauen Beschreibung der offerierten Maschine mit Gewichts-, Preis- und Garantiezeitangaben wären auch die jeweils als notwendig erachteten Sicherheitseinrichtungen, die Empfehlung für die anzuschaffenden Reserveteile und die erforderlichen Revisionstermine in die Vergleichs-Offerten einzubeziehen.

Ein erfahrener Kunde würde unter Berücksichtigung der Anforderungen, die er an die Lebensdauer und Betriebssicherheit der Maschine stellen muss und unter Einrechnung der Revisions- und Ausfallkosten wahrscheinlich sehr schnell entscheiden können, welche Ausführung er wählen muss.

Einen weiteren Punkt bilden die *Revisionstermine*. Es hat sich bei uns der folgende Revisionsmodus als vorteilhaft erwiesen:

A. Teilrevisionen

Jede Maschine wird jedes Jahr einer kurzen Revision unterzogen. An dem zur Diskussion stehenden elektrischen Teil der Gruppe beschränken sich die Teilrevisionen nebst einer allgemeinen Kontrolle hauptsächlich auf die Ausführung der folgenden Prüfungen und Arbeiten, soweit sie ohne Demontage grösserer Teile möglich sind:

1. Zustand der Verschmutzung
2. Zustand der Fixierungen der Stator-Wicklungsköpfe
3. Kontrolle des Sitzes der Wicklungskeile an den Aussen-Enden
4. Absuchen der Statorwicklung soweit möglich auf Merkmale von Glimmstellen oder Defekten in der Isolierung
5. Absuchen des Stator-Eisenkörpers soweit möglich auf Stellen mit Reiboxydbildung
6. Zustand der Fixierungen der Polradspulen
7. Messung des Isolationswiderstandes der Statorwicklung mit einer Gleichstromquelle (stabilisiertes Netzgerät) bei 10 kV Meßspannung
8. Prüfung aller Sicherheitseinrichtungen und Kontrolle der Temperaturmesseinrichtung

9. Ausführung verschiedener auf die Revisionszeit auf-schiebbarer Reparaturen.

B. Generalrevision

mit Demontage des Polrades und gründlicher Reinigung und Überholung aller Teile.

Für solche Revisionen wird, je nach Maschinentyp 5 bis 8 Wochen benötigt, wobei unsere normalen Revisionszyklen die folgenden sind:

- a) Bei Generatoren mit Frischluftkühlung 4 Jahre
- b) Bei Generatoren mit Umluftkühlung 10 Jahre

Der Betriebsausfall einer Einheit zur Vornahme einer Generalrevision, zu einer nach Programm mit den Kraftwerks-Partnern festgesetzten Zeit, fällt heute nicht mehr so schwer ins Gewicht, da auch eine grosse Maschine an der Produktion prozentual nicht mehr so hoch beteiligt ist wie früher. Der vorausbestimmte Betriebsausfall, sowie die beträchtlichen Kosten einer Generalrevision sollten heute, wo so viel Wert auf Betriebssicherheit gelegt wird, niemals von der Ausführung einer wirklich nötigen Generalrevision abhalten.

C. Schliesslich wäre noch die umstrittene erste Generalrevision zu erwähnen

Es ist ganz klar, dass aus den von Herrn Hauenstein erwähnten Gründen der erste Revisionstermin wesentlich kürzer ausfallen muss als die späteren. Wir können auch die Forderung von Herrn Hauenstein verstehen, die erste Revision bereits nach 2—3 Jahren auszuführen. Wenn wir bei Generatoren mit Umluftkühlung trotzdem die erste Generalrevision normalerweise erst im 4. bis 5. Betriebsjahr durchführten, so hat das folgende Gründe:

a) Wir legen grossen Wert auf die gewissenhafte Ausführung der jährlichen Teilrevision. Ein gröberer Fehler würde sich sicher bei den unter 1 bis 9 aufgeführten Kontrollen bemerkbar machen. Je nach diesem Befund müsste dann eben die erste Generalrevision doch vor Ablauf der in Aussicht genommenen 4—5 Jahre durchgeführt werden.

b) Eine Generalrevision mit Demontage des Polrades ist immerhin ein schwerer Eingriff in die Maschine, der ausser den positiven Ergebnissen auch einige Risiken in sich birgt und daher nur, wenn sie tatsächlich nötig ist, ausgeführt werden soll.

Abschliessend möchten wir uns zur *Alterung und zur Alterungskontrolle* der elektrischen Maschinen wie folgt äussern:

Wir zweifeln nicht daran, dass die auf Seite 808 ¹⁾ wieder-gegebene Kurve über die jährliche Defektrate in Funktion des Alters der Maschine mindestens dem Charakter nach stimmt. Das heisst, dass nach etwas mehr als 20 Betriebsjahren die Defektwahrscheinlichkeit wieder genau gleich hoch ist wie bei der Inbetriebsetzung und von da an noch rasch ansteigt. Legt man in diesem Zeitpunkt den selben Maßstab an Betriebssicherheit wie am Anfang, so müsste man entweder wieder auf den sehr kurzzeitigen Revisionszyklus zurückgreifen, wie er für die allerersten 2—3 Betriebsjahre erwünscht wäre, und dazu durch gewissenhafte Messungen den Anstieg der Verschlechterung im Bereiche C der Kurve für jede Maschine bestimmen — oder — die Maschine in ihrem am meisten gealterten Teil einer «Verjüngungskur»

¹⁾ Bulletin des SEV, Nr. 18/1965.

unterziehen. Sicher würden es alle Besitzer elektrischer Generatoren begrüßen, wenn der Punkt P der Kurve (Beginn der Verschlechterung) nach rechts verschoben werden könnte. Während dies durch den Einbau von Statorwicklungen mit den neuen bis an das Stabende durchgehend gleichmässigen Glimmer/Kunsthartzisolation möglich sein sollte, ist uns ganz unverständlich, dass es den Generatorfabrikanten noch nicht gelungen ist, einen elastischen Glimmschutz auf die entsprechenden Stabpartien aufzutragen. Nach wie vor wird als Halbleiterbelag ein Karborundumlack verwendet, der nach kurzer Betriebszeit an den bekannten Stellen bricht und einen Glimmherd bildet.

Zu der so wichtigen Bestimmung der Alterung eines Generators gehört ausser der Kontrolle des aktiven Eisens vor allem eine richtige Bewertung des Zustandes der Statorwicklung. Hiefür sind Messungen mit einem Gleichstrom-Hochspannungsgerät nötig, wobei die Interpretation der erhaltenen Messresultate besonders kritisch ist. Ausserdem müssten diese Untersuchungen in periodischen Abständen durchgeführt werden. Da es vielleicht nicht immer möglich sein wird, von den Lieferfirmen Spezial-Personal und Instrumentarium im geeigneten Zeitpunkt zu erhalten, wäre die Frage zu prüfen, ob nicht vom VSE aus eine solche Prüf-equipe mit erforderlichen Apparaturen geschaffen werden könnte. Diese könnte nach einem genau festgelegten Programm in allen schweizerischen Kraftwerken turnusgemäss eingesetzt werden.

—

Betriebsleitung der Kraftwerke der Lonza AG, Visp

Alterungskontrollen

Mit zunehmender Anzahl der Betriebsjahre einer Maschine muss der Kontrolle der Alterung immer mehr Beachtung geschenkt werden. An den Maschinenwicklungen erfordert dies neben eingehender Sicht-Kontrolle auch messtechnische Massnahmen. Erstere umfasst die Prüfung des Fest-sitzes aller Distanzierstücke, Nutenkeile und Schnurbanda-gen; bei stark belasteten oder überbelasteten Maschinen ist der Sprödigkeit der Isolation Beachtung zu schenken. Eine eventuelle Verstopfung der Kühlschlitze im Eisen und in den Wicklungsköpfen durch Staub ist zu beheben, um über-mässige Erwärmung zu vermeiden. Im weitem ist eine Iso-lationskontrolle mit einem Kurbel-Induktor vorzunehmen.

Bei Wicklungen für Klemmspannung von ca. 12 kV und mehr kann eine Gefährdung durch Glimmzersetzung im Innern der Nutenisolation eintreten. Für das Aufdecken solcher Schäden sind in den letzten Jahren verschiedene Metho-den entwickelt und empfohlen worden, deren Brauch-barkeit aber noch nicht voll abgeklärt ist. Bis hier Klarheit besteht, bedient man sich vorteilhaft noch der klassischen Methode der Messung des dielektrischen Verlustwinkels $\text{tg } \delta$ mit Hilfe der Scheringbrücke.

Die Beurteilung des Isolations-Zustandes auf Grund sol-cher Messungen ist nicht leicht, doch kann aus dem Verlauf der $\text{tg } \delta$ -Kurve, besonders deren Steilheit, mit einiger Sicher-heit ein Urteil gefällt werden.

Werden die gemessenen $\text{tg } \delta$ -Werte über der Spannung aufgetragen, zeigt sich bei 6...8 kV deutlich der Ionisations-knick. Verläuft die Kurve oberhalb dieses Knickes mit einer

Steilheit von mehr als 1 0/0 tg δ /1 kV, so ist bereits Vorsicht am Platze.

Auch die Höhenlage des Kurvenanfanges auf der tg δ -Ordinate ist zu berücksichtigen. Werte über 8 0/0 tg δ mahnen ebenfalls zur Vorsicht.

Solche Messungen werden vorteilhaft im Abstand von einigen Jahren, z. B. 5 Jahren, periodisch wiederholt, damit neue Resultate mit früheren verglichen werden können. Gemessen wird vorerst jede Phase für sich. Bei beunruhigenden Resultaten müssen dann Verbindungen innerhalb der Phase gelöst und Einzelmessungen durchgeführt werden, um schlechte Partien oder Spulengruppen von besseren unterscheiden zu können.

Diese Ausführungen beziehen sich auf Nutenisolationen aus Schellack oder Asphalt-Mikafolium. Isolationen auf Kunstharzbasis ergeben bessere Werte und lassen auch ein wesentlich besseres Alterungs-Verhalten erhoffen.

Die Kontrollen haben den Zweck, Alterungserscheinungen an den Wicklungen frühzeitig festzustellen und als gefährdet erkannte Spulenpartien während der Revisionsabstellungen gegen Reservespulen auszuwechseln. Der Betriebsmann soll somit den Zeitpunkt der Bearbeitung selbst bestimmen und unerwartete Isolationszusammenbrüche während des Betriebes verhindern können. Oft schon haben sich Nutenisolationsschäden im Moment des Spannungsdurchschlags in der Nut zu Eisenschäden ausgeweitet, was materiell zu grossem Reparaturaufwand und zu lange dauernden Betriebsabstellungen führt.

Unsere Erfahrungen mit den periodischen Verlustwinkelmessungen an Generatorwicklungen werden im folgenden noch etwas näher beschrieben: Seit 1945 lassen wir durch die Technische Prüfanstalt des SEV jeweils im Abstand von 5 Jahren anfangs der Winterrevisionszeit den Isolationszustand aller 16-kV-Generatoren prüfen, und zwar nur der Wicklungen allein, ohne die Zuleitungskabel.

Es handelt sich dabei um vier neuere Generatoren aus den Jahren 1942 und 1950 von 4,5...10 MVA und um vier ältere Maschinen von 1915, 1917 und 1928 von 5,1...10 MVA. Die neueren Maschinen besitzen alle noch die ursprünglichen Wicklungen. Ihre Messresultate lassen bis jetzt keine Verschlechterung der Isolation erkennen. Da die Wicklungen nicht bei jeder Messung die gleiche Temperatur besitzen, lässt sich aus den Resultaten die Temperaturabhängigkeit der dielektrischen Verluste für jede Maschine bestimmen.

Die Messresultate der alten Generatoren sind nur teilweise miteinander vergleichbar, da bei diesen Wicklungen während der fünfjährigen Intervallen öfters einzelne Spulen ersetzt werden mussten.

Der Ersatz von Spulen wurde notwendig:

1. Als Folge der sehr beunruhigenden Ergebnisse aus dieser Kontrolle der dielektrischen Verluste;

2. Infolge Wicklungsschäden während des Betriebes.

Letztere Fälle sind aber deutlich im Abnehmen begriffen, dank den periodisch durchgeführten Kontrollmessungen und dem anschliessenden Auswechseln der Spulen mit schlechten Messergebnissen. Haben solche Betriebsstörungen, trotz den Kontrollmessungen, nicht schlagartig aufgehört, so sehen wir den Grund darin, dass jeweils nur die beschädigten und die unsichersten Spulen ausgewechselt worden und weiterhin noch alte Spulen im Generator verblieben sind. Zudem

war der Zustand der früher eingebaut gewesenen und reparierten Reservespulen nicht über alle Zweifel erhaben, indem deren Lagerung nicht mit gleicher Sorgfalt erfolgte wie jetzt, d. h. in trockener und leicht erwärmter Luft und mit gepressten Kännelpartien.

An diesen alten Generatoren traten vor Einführung der dielektrischen Messungen insgesamt 6 Schäden auf, nach welchen in 3 Fällen die ganze und in 3 Fällen $\frac{1}{2}$ bis $\frac{2}{3}$ der Wicklung ersetzt werden mussten. Unmittelbar nach Einführung der dielektrischen Messungen trat nur noch ein Schaden auf, der zur vollständigen Neuwicklung des Generators führte. In diesem Falle wurden nur 2 Spulen zerstört, das aktive Eisen jedoch wurde derart in Mitleidenschaft gezogen, dass der Stator teilweise neu geblecht werden musste, was eine vollständige Neuwicklung erforderte. Dass es zu diesem Total-Schaden kommen konnte, liegt darin, dass die damals eher fragwürdigen Messergebnisse zu optimistisch beurteilt worden sind. Er lehrte uns die spätern Messresultate strenger zu beurteilen.

Im weitem traten noch 3 Defekte an einzelnen Spulen auf, die auf Glimmzersetzungen der Isolation in der Nutenpartie zurückzuführen waren.

4 weitere Defekte in der Spulenkopfpattie wurden durch atmosphärische oder betriebliche Überspannungen verursacht. Beim Beheben der letztgenannten 7 Defekte wurde die Gelegenheit benützt, um gleichzeitig dem Störungsherd benachbarte alte Spulen zu ersetzen. Dadurch soll der Isolationszustand dieser Generatoren allmählich saniert werden. Solche Auswechslungen haben sich jeweils bei der nächstfolgenden Messung durch flacheren Verlauf der tg δ -Kurve bemerkbar gemacht.

Die jeweils ausgebauten Spulen sind in den seltensten Fällen unbrauchbar, sondern können wieder aufbereitet werden durch vollständiges Entfernen der Isolation, Ersetzen von leicht beschädigten Kupferpartien und vollständige Erneuerung der Isolationen. Entsprechend der relativ kleinen Generatorleistungen handelt es sich um Spulen mit 8—10 Windungen, die sorgfältig voneinander isoliert werden müssen. Die Nutenkännel wurden bis jetzt aus Schellack oder Asphalt-Mikafolium hergestellt. Erst in neuester Zeit stehen nun Samicatherm-Folien zur Verfügung. Wir setzen grosse Hoffnung auf dieses neue Isolierverfahren auf Kunststoffbasis. Eine vollständige Isolierung auf Kunststoffbasis wie bei Grossgeneratoren ist bei unseren konzentrischen Spulenwicklungen nicht möglich, da die geschlossenen Spulenköpfe für den Einbau leicht flexibel sein müssen.

Reserveteile

Im vorhergehenden Abschnitt haben wir unsere Erfahrungen mit den Generatorwicklungen dargelegt und von Reparaturarbeiten und Spulenersatz geschrieben. Die Dauer des damit verbundenen Betriebsausfalles des betroffenen Generators ist nun im grossen Masse abhängig davon, ob Reservespulen vorhanden sind und in welchem Umfange. Aus den früheren schlechten Erfahrungen sind wir deshalb dazu übergegangen, für unsere Generatoren eine festgelegte Reserve zu lagern, auf die wir bei Störungen, in neuerer Zeit jedoch mehr auf Grund der durchgeführten Kontrollmessungen, zurückgreifen.

Preislich am vorteilhaftesten ist die Anfertigung dieser Reserve mit der Maschinenwicklung selbst, da die Fabrika-

tion in einem Zuge ausgeführt werden kann. Diese Massnahme ist natürlich nur bei Neuanschaffungen möglich. Die Lagerung der Reservewicklungen über viele Jahre hinaus muss dann sorgfältig und sachgemäss geschehen.

Für ältere Maschinen kann die Reserve erst nachträglich angeschafft werden, allerdings mit dem Vorteil der Anwendung besserer Isoliermethoden und der Verwendung besserer Materialien als ursprünglich.

Für das Festlegen der Reservemenge ist deren Anteil in Bezug auf die ganze Wicklung gut zu überlegen und abhängig von

1. der Annahme über Ort und Umfang eines Defektes,
2. der Polzahl der Maschine,
3. der Art der Wicklung.

Bei der Annahme des Ortes eines möglichen Defektes denkt man vorsichtigerweise an unten in den Nuten liegende Wicklungsteile (konzentrische oder Stabwicklungen), zu deren Ausbau zuerst obenliegende Teile entfernt werden müssen; wenn möglich ohne sie zu beschädigen. Die Erfahrung hat uns jedoch gelehrt, dass die Beschädigung bei Schellack- oder Asphalt-Mikafolium-Känneln nicht verhindert werden kann, sodass die Reserve eben entsprechend umfangreicher anzulegen ist.

Bei konzentrischen Spulwicklungen müssen zwei obere Spulengruppen entfernt werden, um eine untere Gruppe ausbauen zu können.

Für die Anzahl der oberen Reservestäbe bei den heute üblichen Stabwicklungen ist der Nutenschritt ausschlaggebend. Bei Schleifenwicklung ist der Schritt einer Schleife massgebend, bei Wellenwicklung jedoch der doppelte Nutenschritt.

Hinzu kommt noch die Annahme des Zerstörungsumfanges, d. h. die Breite eines Defektes in Anzahl Nuten. Die Anzahl unterer Stäbe richtet sich nach der Nutenzahl des Defektherdes. An oberen Stäben sind dann nötig: Anzahl defekte untere Stäbe + Nutenschritt bei Schleifenwicklungen oder + $2 \times$ den Nutenschritt bei Wellenwicklungen.

Die Reserve sollte ungefähr den p-ten Teil einer ganzen Wicklung umfassen, wobei p = Polpaarzahl. Bei niederpoligen Maschinen kann das eine 50—100 %ige Reserve bedeuten. Spezialwicklungen erfordern natürlich besondere Überlegungen.

J. Remondeulaz, Betriebsleiter EOS Lausanne

I. Der Einfluss von Konstruktion und Fabrikation auf das Betriebsverhalten

1. Bessere Materialausnutzung

Herr Hauenstein bemerkt:

a) «leichtere Konstruktion bei gleichen Nenndaten (im Vergleich zu älteren Maschinen) sowie die Wahl von höheren Drehzahlen beanspruchen die verwendeten Materialien stärker, was eine Tendenz zu sinkender Zuverlässigkeit in sich schliesst.»

Zweifellos berücksichtigt dieser Gedanke

— die fortlaufende Verbesserung der Berechnungsverfahren zur Dimensionierung der Maschinen, womit ermöglicht

wird, jeden Einzelteil für den gleichen Sicherheitsfaktor auszuliegen

- die ständige Erweiterung der Kenntnisse über die technologischen Eigenschaften der Konstruktionsmaterialien
- die kontinuierlichen Fortschritte in der Gewinnung dieser Materialien
- die Verschärfung der Materialprüfung
- die Verbesserung der Kontrolle der gebauten Maschinen.

Wenn eine Tendenz zu sinkender Zuverlässigkeit wirklich vorhanden ist, wird der Käufer irregeleitet.

b) Der Käufer müsste in vermehrtem Masse bereit sein, für eine schwerere und *bessere* Maschine einen höheren Preis zu bezahlen.

Dies würde bedeuten, dass die Käufer einen Preisaufschlag der Maschine in Kauf nehmen müssten, ohne dass die im Pflichtenheft festgelegten Garantien abgeändert würden und ohne dass der Käufer bei der Lieferung die Berechtigung dieses Zuschlages kontrollieren könnte. Ein Käufer ist eben nicht in der Lage, den Gestehungspreis der Einzelteile einer Maschine sowie deren Fabrikationsunkosten zu bestimmen und auf diese Art den Preisaufschlag zu kontrollieren. Es würde sich hierbei also um eine Vertrauensfrage handeln.

Der Käufer vertraut selbstverständlich dem Hersteller, aber nur in bestimmten Grenzen (besonders wenn er den vorhergehenden Abschnitt zur Kenntnis genommen hat). Wäre der Hersteller bereit, die Garantie beispielsweise der Betriebsstundenzahl gegen einen Preisaufschlag zu erhöhen? Der Fabrikant sollte seine Angebote in entsprechenden Varianten unterbreiten, d. h. mit unterschiedlichen Verbesserungen dem Käufer zum Vergleich unterbreiten, und dieser könnte dann die entsprechenden Entscheidungen anhand dieser Sachlage treffen. Je genauer die Qualitäten und die Verbesserungen definiert sind, um so leichter wird die Beschlussfassung sein.

An einem Generator stellt z. B. die Isolierung der Wicklungen einen schwachen Punkt dar, und es wird kein Käufer einen Generator mit Wicklungen der Isolationsklasse 2 nur des günstigeren Preises wegen in Erwägung ziehen.

Im weitem übertreibt Herr Hauenstein bestimmt, wenn er schreibt: «Der Käufer entscheidet sich oft für den billigsten Hersteller und setzt einfach voraus, dass sein Produkt ebenso betriebssicher sei wie das teurere.»

In der Schweiz zum mindesten spielen bei der Wahl noch andere Faktoren eine Rolle, wie z. B.

- persönliche Beziehungen
- Verkaufstechnik
- Erfahrungen des Kunden
- Politik
- Lieferfristen usw.

Die Angebote werden in bezug auf die erwähnten Faktoren und die Eigenschaften der offerierten Maschine immerhin untersucht, verglichen und besprochen.

2. Mehr Einzelteile

Es ist unleugbar, dass die Defektwahrscheinlichkeit einer Maschine mit der Zunahme der Zahl ihrer Einzelteile ansteigt. Der Betriebsleiter eines Elektrizitätswerkes ist sich dieser Tatsache bewusst. Die auftretenden Defekte bedingen

meistens eine Stilllegung der Maschine während einer relativ kurzen Zeitspanne. Wenn ein Defekt, der eine Maschine während einiger Stunden ausser Betrieb setzt, früher ernste Folgen nach sich zog, so ist dies heute nicht mehr der Fall. Der Verbundbetrieb und die Ringnetze ermöglichen anlässlich eines solchen Versagens eine ununterbrochene Energielieferung.

Die Zahl der Maschinenschäden steigt einerseits aus den erwähnten Gründen, andererseits durch die Zunahme der in Betrieb stehenden Maschinen und aus anderen Ursachen heraus an. Die Abonnenten der Elektrizitätswerke werden jedoch immer seltener von Stromausfällen betroffen. Dies ist vielleicht der Beweis dafür, dass durch die Anforderungen der Elektrizitätsunternehmungen, die eine weitere Entwicklung in der Ausführung der Maschinen bedingen und dadurch vielleicht selber die Tendenz mit sich bringen, die Störungsanfälligkeit zu erhöhen, die Betriebssicherheit der Netze nicht gefährdet wird. Das Problem soll unter diesen Gesichtswinkeln betrachtet werden.

3. Versuche

Herr Hauenstein unterstreicht, dass strenge Versuche der Maschine eine Preiserhöhung derselben zur Folge haben werden. Er erwähnte die Versuche an Grosstransformatoren, die fast jeden Schaden während dem Betrieb ausschliessen.

«Es liegt also nicht im Interesse des Käufers, die Prüfvorschriften beliebig streng zu formulieren.»

Die vom Käufer als notwendig erachteten Versuche werden im Pflichtenheft festgelegt. Damit legt das Pflichtenheft indirekt den Preis und direkt die vom Käufer dieser Maschine geforderte Betriebssicherheit fest.

Es ist falsch anzunehmen, dass der Unternehmer dazu neigt, den Einfluss dieser Vorschriften auf den Preis zu vergessen, im Gegenteil. Es bleibt vielmehr zu bemerken, dass sein Vertrauen nicht unbegrenzt ist und er, des Risikos bewusst (Abschnitt 1 und 2), die entsprechenden Garantien verlangt.

Was die schädlichen Auswirkungen verschiedener Versuche auf die Maschine anbelangt, bin ich mit Herrn Hauenstein nicht einverstanden.

Wenn ein Versuch, der Bedingungen simuliert, wie sie im praktischen Betrieb vorkommen können, die Maschine gefährdet, lässt sich daraus schliessen, dass die Maschine den betrieblichen Anforderungen nicht genügen kann oder dass der Versuch schlecht durchgeführt wird. Die Prüfung einer Wicklung durch Anlegen einer Wechselspannung muss z. B. abgeschafft werden und durch eine Prüfung mittels Gleichspannung ersetzt werden. Die bei diesem Versuch zu erwartenden Ergebnisse sind von einem grossen Interesse. Da zu diesem Versuch der SEV keine Richtlinien erlassen hat, genügt es, im Pflichtenheft darüber die genauen Anforderungen festzulegen.

4. Schutzeinrichtungen

2. Kategorie

Zur Erhöhung der Betriebssicherheit empfiehlt Herr Hauenstein die Anwendung von Redundanzschaltungen, z. B. die Gleichstrompumpe, die automatisch anstelle einer ausgefallenen Wechselstrompumpe einspringt. Dies bedeutet aber nicht anderes als eine Vermehrung der störungsanfälligen Teile. In bestimmten Fällen muss man wohl zu dieser Lösung greifen, aber man darf sie nicht verallgemeinern. Es ist viel-

mehr notwendig, die Anlage so zu berechnen, dass sie während einer bestimmten Zeit (im Pflichtenheft festzulegen) den Ausfall irgendeines Hilfsaggregates (z. B. Lager-Kühlwasserpumpe, Transformatorenventilator usw.) ohne Schaden zu nehmen ertragen kann.

Alarmierende Schutzapparate

3. Kategorie

Herr Hauenstein nennt als Beispiel den Gleitlagerthermostaten.

Ohne auf weitere Einzelheiten eingehen zu wollen, möchte ich bemerken, dass dieses Beispiel, obwohl diese Schutzart weit verbreitet ist, schlecht gewählt ist, denn sie ist als überholt zu betrachten. Die Ansprechzeit ist viel zu lang. Er sollte durch einen Temperaturintegrator ersetzt werden. Auch dadurch ist das Anfressen der Lager nicht vermeidbar, aber die Schäden könnten wesentlich verringert werden.

Andererseits pflichte ich Herrn Hauenstein vollkommen bei, wenn er schreibt, dass man in der Schweiz allzu oft die Tendenz habe, alles dem schweizerischen Perfektionismus zu opfern. Oft werden Unsummen in den Schutz der Maschinen investiert, ohne dass dabei das Verhältnis von Schutzwirkung und Preis berücksichtigt wird.

Wie teuer würde ein vollkommener Schutz zu stehen kommen? Was kostet ein 95prozentiger Schutz? Wieviel muss für den Schutzbereich zwischen 95 und 100 % ausgegeben werden? Ich bin versucht zu fragen: Wieviel mal den Preis der zu schützenden Maschine?

II. Einfluss der Betriebsführung auf die Defektwahrscheinlichkeit

8. Die erste Revision

Was die erste Revision und die Garantirevisionen anbelangt, so werden die meisten Betriebsleiter Herrn Hauenstein zustimmen, wenn er meint, die Kosten der Garantiekontrolle sollten im Kaufvertrag festgehalten werden. Im Pflichtenheft muss jedoch der Zeitpunkt, an welchem die Kontrolle erfolgen soll, angegeben werden, unter Festlegung von z. B.

- der Betriebsstundenzahl
 - Zahl der Anläufe (für Generatoren)
 - Betriebsart
 - konstante Leistung
 - variable Leistung
 - Zahl der Ein- und Ausschaltungen
 - Zahl der Kurzschlussabschaltungen
- } (für Schalter)
- usw.

Der Umfang der Garantiekontrolle ist jedoch schwer festzulegen. Die Kontrolle einer Generatorgruppe ist z. B. relativ einfach, jedoch ist die Situation bei den Transformatoren anders. Soll man einen solchen Apparat zwecks Garantiekontrolle aus seinem Kessel heben, oder soll vielmehr die Garantiefrist nur einige Jahre verlängert werden, indem im Pflichtenheft die «versteckten Mängel» genau definiert werden (siehe Punkt 9 des Artikels von H. Hauenstein).

10. Reserveteile

Die Reserveteile stellen ein besonderes Problem für den Betriebsmann dar: das Maximum an Sicherheit verlangt eine Verdoppelung des Materials, die jedoch nicht zu verantworten ist.

Betrachten wir das Beispiel von Herrn Hauenstein — die Statorwicklungen. Stellt die Lagerung von Reservewicklungen an sich eine Lösung dar? Wieviele Spulen sind zu lagern? Wenn bei einem Maschinenschaden nur eine einzige fehlt, wird die Lagerung unnütz gewesen sein.

Weiter sinkt das Isolationsvermögen dieser Wicklungen durch die Feuchtigkeit der Umgebungsluft ziemlich rasch und es sind schon Fälle eingetreten, wo die gelagerten Wicklungen in dem Moment, wo sie benötigt wurden, unbrauchbar waren. Man muss jedoch hervorheben, dass die heutigen Lagerungsmethoden diese Art von Überraschungen ausschliessen.

Der Käufer würde lieber mit dem Lieferanten vereinbaren, dass dieser ihm die zur Fabrikation einer Maschine notwendigen Modelle (Wicklungsschablonen, Giessereiformen für die Gleitlager usw.) abgeben würde, um sie dann in seinem Betrieb zu lagern. Bei einem Schaden würde dann dieses Material zur Verfügung stehen.

Andererseits sind die Störungsfälle, die eine Herstellung von Ersatzteilen verlangen, nicht so häufig, dass der Hersteller diese nicht sofort, ohne die normale Fabrikation zu stören, anfertigen könnte. Selbstverständlich ist dies bei bedeutenden Schäden (z. B. Zerstörung einer Zentrale mit mehreren Einheiten) nicht möglich.

Was die Serienteile anbetrifft, so stellt sich hier das Problem der Reserveteile auf eine andere Art. Der Hersteller gibt zum Beispiel seine Zusicherung, dass ein Reserveteil während einer Zeitspanne von 10 Jahren nach Ablieferung der Maschine sofort zur Verfügung gestellt werden kann. Wenn er jedoch ein Lager aufzulösen beginnt, sollten alle seine daran interessierten Kunden davon unterrichtet werden. (Mit den heutigen Mitteln der Datenverarbeitung sollte dies ohne grosse Schwierigkeiten möglich sein.)

III. Die Lebensdauer der elektrischen Maschinen

11. Die Ausserdienstsetzung der Maschine

Das Prinzip der Kapitalisierung der Verluste und die Abschreibungsmöglichkeiten bestimmen den Zeitpunkt, zu dem eine Maschine zu ersetzen ist.

13. Der Belastungseinfluss

Dieses Problem muss bei der Festlegung des Pflichtenheftes besprochen werden. Die Belastungsänderungen beeinflussen automatisch die Lebensdauer der Maschinen. Daraus sind die Konsequenzen zu ziehen in Bezug auf

- die Isolierung
- die zulässige Temperatur mit ihrem Einfluss auf den Wirkungsgrad.

Bevor der Fabrikant sein Angebot ausarbeiten kann, muss er also genau über den Einsatz der zu liefernden Maschine informiert werden.

Zwischen dem Pflichtenheft eines Flusskraftwerks- und demjenigen eines Speicherwerksgenerators sollten z. B. grundlegende Unterschiede bestehen.

14. Alterungskontrollen

Diese Kontrollen, die sich vor allem auf die Statistiken und die gemachten Erfahrungen stützen, sollten gemeinsam vom Fabrikanten und Betriebsfachmann vorgenommen werden.

Diese Kontrolle ist jedem Betriebsleiter wärmstens zu empfehlen.

15. Statistische Erfahrungswerte

Herr Hauenstein deutet an, dass der Energieproduzent öfters zu einer Übertreibung hinsichtlich des Maschinenschadens neigt. Dies scheint mir nicht so. Das einem Schadenfall zuzuschreibende Gewicht hängt von subjektiven Ansichten ab. Die daraus entstehenden Folgen sind für den Energieproduzenten und den Maschinenfabrikanten vollständig verschieden.

Wenn der Betriebsmann an einer Maschine irgendeinen Schaden feststellt, veranlasst er die Instandstellung und trägt diese in seiner Statistik ein. Ich möchte gerne jedem Konstrukteur anraten, Einblick in diese Statistik zu nehmen, und sei es auch nur, um das Betriebsverhalten seiner Lieferung zu kontrollieren und mindestens daraus die Lehren zur Verbesserung der Konstruktion oder der Bauweise zu ziehen.

Zu der von Herrn Hauenstein gemachten Aufstellung von Vergleichsziffern möchte ich die nachstehenden Zahlen auführen:

1890 betrug die jährlich in der Schweiz gelieferte Energiemenge	5 GWh
1965 betrug die jährlich in der Schweiz gelieferte Energiemenge	25 000 GWh
1890 erreichte die installierte Leistung	5 MW
1965 erreichte die installierte Leistung	8 000 MW

Wenn man von den wirtschaftlichen Auswirkungen absieht und das Problem nur von der Seite der Betriebssicherheit ansieht, hatte im Jahre 1900 der Ausfall eines 270-kVA-Generators bestimmt den gleichen Einfluss oder sogar noch einen höheren auf die Konstanthaltung der Netzfrequenz als im Jahre 1965 der Ausfall einer Gruppe von 100 000 kVA. Der Verbund der verschiedenen Länder erhöht heute die Betriebssicherheit sehr wesentlich.

16. Schlussbetrachtungen

Wenn der Artikel von Herrn Hauenstein in Bezug auf einige der behandelten Themen objektiv ist, ist er im Grunde genommen doch zu einseitig. Für den Energieproduzenten ist der Gesichtspunkt, dass die Zuverlässigkeit der modernen elektrischen Maschinen eine abnehmende Tendenz aufweist, unannehmbar. Dies würde zur Annahme verleiten, dass der Maschinenkonstrukteur nicht rechnen kann. Andererseits ist es durch die starke Vermehrung der Einzelteile einer Maschine selbstverständlich, dass auch die Schadzahlen eine ähnliche Charakteristik aufweisen, jedoch verläuft die Schadenkurve viel flacher. Die Betriebssicherheit des gesamten vom Energieproduzenten bewirtschafteten Komplexes ist nur für ihn selbst von Interesse und er allein kann die Wirkung einer Störung, die ein Element aus diesem Komplex befällt, ermessen. Trotzdem musste in den letzten Jahren ein Anwachsen von Fehlern, die man als «ärgerlich» bezeichnen könnte, festgestellt werden. Sie waren bedingt durch

- nicht etwa die Qualität des Materials, sondern die falsche Anwendung desselben
- unannehmbare Fehler in der Gestaltung
- eine Ausführung, bei der selbst ein Minimum an Sorgfalt fehlte, oder anders ausgedrückt, die eine mangelhafte Kontrolle aufzeigten.

Der Kunde nimmt, zwar gewiss nicht immer besonders gerne, einen durch einen Konstruktionsfehler bedingten Schaden in Kauf, wenn es sich bei dem betreffenden Gerät um einen Prototyp handelt. Er findet sich aber umso leichter damit ab, je später dieser Fehler in Erscheinung tritt.

Ich würde gerne jedem Betriebsleiter empfehlen, in dem die Ausschreibung begleitenden Pflichtenheft die Anforderungen, die er in allen erdenklichen Betriebssituationen an diese Maschine stellt, genau zu beschreiben (grosszügige Information). Der Konstrukteur ist allzu oft schlecht informiert. Wenn dann die gelieferte Maschine den Anforderungen nicht genügt, kann dieser keine Entschuldigung vorbringen, sofern die Maschine nach dem im Pflichtenheft festgelegten Programm ausgenutzt wird.

Der Hersteller kann in einem solchen Falle nur seinen vertraglichen Verpflichtungen nachkommen und dies unverzüglich, ohne den Fehler verkleinern zu wollen oder zu provisorischen Lösungen zu greifen, um ihn auszumerzen. Denn diese Politik kann ihn teuer zu stehen kommen; er verliert nämlich das Vertrauen des Kunden.

Schlusswort des Verfassers,

P. Hauenstein, MFO, Chef der Abteilung für Montage,
Inbetriebsetzung und Service

Stellungnahme zum Aufsatz der Kraftwerke Oberhasli AG

Die Ausführungen der KWO finden meine volle Zustimmung. Auch im Abschnitt C, «Generalrevision», besteht kein Unterschied zwischen meinem Artikel und der Auffassung der KWO. Ich habe im Kapitel 8 erwähnt, dass die meisten Hersteller eine gründliche *Kontrolle* der elektrischen Maschine im Verlaufe der ersten 1 bis 3 Jahre empfehlen. Es geht also um die erste Kontrolle und nicht um die erste Generalrevision. Nach meiner Ansicht genügen die von den KWO unter 1—9 genannten jährlichen Kontrollarbeiten vollauf. Erst *das Ergebnis* der Kontrollen bestimmt den Umfang der auszuführenden Revisionsarbeiten. Offensichtlich fusst der Revisions-Zyklus der KWO (eine jährliche Teilrevision, erste Generalrevision nach 3 bis 5 Jahren, weitere Generalrevisionen nach je 10 Jahren bei Umluftkühlung bzw. nach je 4 Jahren bei Frischluftkühlung) auf Erfahrung, wobei das gute Betriebsverhalten dieser Generatoren beweist, dass der Revisionszyklus angemessen ist.

Meines Erachtens ist nicht die erste Generalrevision unter C, sondern eher die unter A beschriebene jährliche Teilrevision gelegentlich umstritten. Eine neue rotierende Maschine sollte nicht 4 oder 6 Jahre im Betrieb stehen, ohne dass auch nur ein einziges Mal die Verschaltungen demonstriert und die Wicklungen sowie andere empfindliche Teile inspiziert werden. Dies kommt aber gelegentlich vor. Die Besitzer dieser Maschinen gehören allerdings selten zu den grossen schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften, welche geschulte Fachkräfte für den Unterhalt einsetzen, sondern eher zu Fabrikations- und Dienstleistungsbetrieben, deren Motoren und Generatoren am Rande des Interesses stehen. Sie sind vor allem im Ausland zu finden, wobei die Entwicklungsländer in dieser Beziehung besonders schlecht abschneiden. Die Ausführungen im Kapitel 8 meines Artikels waren daher in erster Linie an Betriebe mit ungeschultem Personal gerichtet.

Die Praxis der KWO kann meines Erachtens als Beispiel für einen mustergültigen Unterhalt elektrischer Maschinen betrachtet werden.

Der nachfolgende Fall zeigt eindrücklich, in welchem Ausmass die notwendigen Revisionsarbeiten von der Belastung der Maschine abhängig sind: Im Jahre 1927 wurden zwei identische Generatoren nach Skandinavien geliefert. Der eine hatte Schmelzöfen zu speisen (Stossbetrieb); der andere wurde mit dem Stromversorgungsnetz des Landes parallel geschaltet (ruhiger Dauerbetrieb). Die erstgenannte Maschine wurde 1940 neu gewickelt und 1955 mit einem neuen Stator versehen, während der zweitgenannte Generator noch jetzt unverändert im Betrieb steht. Er wurde jährlich kontrolliert, wobei aber jeweils nur geringe Revisionsarbeiten nötig waren.

Der Verfasser des KWO-Aufsatzes findet es unverständlich, dass es nicht gelungen ist, einen elastischen Glimmschutz zu entwickeln, welcher seine Elastizität auch über Jahre hinaus behält und nicht abbröckelt. Als Antwort kann ich mitteilen, dass diesbezüglich in den letzten Jahren tatsächlich Entwicklungsarbeit geleistet worden ist und heute bessere Glimmschutzanstriche zur Verfügung stehen.

Ich habe in meinem Artikel vorgeschlagen, die Garantirevision in Zukunft im Lieferpreis der Maschine einzuschliessen. Gemäss den vorliegenden Stellungnahmen ist mein Vorschlag bei den Benützern auf guten Boden gefallen. Ich möchte hier nochmals betonen, dass nicht die Frage der Bezahlung im Vordergrund steht. Volkswirtschaftlich gesehen ist vor allem wichtig, *dass* die erste Kontrolle durchgeführt wird, gleichgültig, wer diese zahlt. Ich bin aus den in meinem Artikel dargelegten Gründen persönlich davon überzeugt, dass z. B. sechs jährliche kurze Kontrollen, wie sie von den KWO unter A beschrieben werden, bedeutend weniger kosten als eine erste Revision nach 6 Jahren, die bereits Reparaturarbeiten bedingt. Die Unterlassung der periodischen Kontrollen muss also als volkswirtschaftlicher Verschleiss bezeichnet werden.

Zum Thema Alterungsmessungen wird im Aufsatz der KWO die Frage gestellt, ob nicht der VSE in Zukunft eine Prüfequipe mit den erforderlichen Apparaturen einsetzen sollte, welche nach einem genau festgelegten Programm alle schweizerischen Kraftwerke besuchen und die Wicklungen kontrollieren würde. Die damit zusammenhängenden Probleme sind kürzlich im Fachkollegium 2 des SEV (UK2C) diskutiert worden. Es hat sich ergeben, dass solche Prüfungen nur von Wicklungsspezialisten durchgeführt werden können, welche mit den verwendeten Isolationssystemen vertraut sind. Eine Prüfequipe des VSE bzw. SEV, welche unbestreitbar gewisse Vorteile hätte, würde also zusätzliche Spezialisten erfordern. Da die Industrie einerseits auf Wicklungsfachleute zur Weiterentwicklung ihrer Produkte angewiesen ist und andererseits ohnehin Mangel an diesen Spezialisten herrscht, wäre für die Schweiz eine solche Verdoppelung nicht wünschenswert. In den letzten Jahren haben sich die Alterungskontrollen immer mehr eingeführt; sie sind aber weitgehend von den Lieferfirmen vorgenommen worden. Die direkte Betreuung durch den Wicklungsspezialisten des Herstellers, welcher die Isolation der Maschine ursprünglich konzipiert hat, bietet sowohl für den Benutzer als auch für den Lieferanten grosse Vorteile. Sie gestattet dem

Hersteller direkten Kontakt mit der Maschine während ihrer gesamten Lebensdauer und ermöglicht damit nicht nur die Feststellung des Alterungszustandes, sondern gleichzeitig die Einleitung zweckmässiger Massnahmen zur Behebung eventueller Schwachstellen gemäss dem neuesten Stand der Technik.

Stellungnahme zum Aufsatz der Kraftwerke Lonza AG, Visp

Die Ausführungen über die Alterungskontrollen scheinen mir sehr aufschlussreich. Es ist wichtig, dass möglichst alle in der Schweiz durchgeführten Messungen veröffentlicht bzw. statistisch erfasst werden. Das Gebiet der Alterungsprüfungen ist immer noch im Aufbau begriffen; je mehr Erfahrungswerte zur Verfügung stehen, desto rascher erhalten wir abgerundete Erkenntnisse. Die Kraftwerke Lonza AG verwenden als Alterungskriterium die Verlustwinkelmessung. Diese hat zweifellos einen gewissen Aussagewert, die Interpretation der Resultate ist jedoch immer noch umstritten. Zudem ist der Aufwand für die Messung reichlich gross. In den letzten Jahren ist die Verlustwinkelmessung deshalb durch den Gleichspannungstest und die Ionisationsmessung ergänzt worden, welche weitgehend gleiche Aussagen mit kleinerem Aufwand ermöglichen. Im Zusammenhang mit den Alterungskontrollen scheint es mir wichtig, folgende Richtlinien hervorzuheben:

- Trotz moderner Methoden hat die altbekannte visuelle Kontrolle der Wicklung nichts an Wichtigkeit eingebüsst.
- Bei jeder Alterungskontrolle ist der Isolationswiderstand und der Polarisationsindex zu bestimmen; andernfalls könnten die Ergebnisse durch den veränderten Feuchtigkeitsgehalt der Isolation verfälscht werden.
- Je mehr verschiedene Kriterien zur Beurteilung der Wicklung herangezogen werden, um so grösser ist ihr Aussagewert. Eine vollständige Prüfung würde umfassen: Optische Kontrolle, Isolationswiderstand, Polarisationsindex, Gleichspannungstest, Ionisationskontrolle und Verlustwinkelmessung.
- Der Aussagewert einer Einzelmessung (d. h. einer einmaligen Messung) ist gering. Besser sind Vergleichsmessungen, welche in regelmässigen Zeitabständen durchgeführt werden, z. B. alle 2 Jahre oder nach je 15 000 Betriebsstunden. Die fortschreitende Alterung kann dabei besser beurteilt werden, indem nicht die Messwerte an sich, sondern die *Änderungen* der Messwerte im Laufe der Zeit massgebend sind.

Es ist hier nicht der Ort, um auf weitere Details einzugehen, da nächstens ausführliche Abhandlungen über die Alterungsprüfungen im Bulletin SEV publiziert werden sollen.

Die Ausführungen der Lonza-Kraftwerke über die Anschaffung von Reserveteilen finden meine volle Zustimmung, und ich habe dazu nichts beizufügen.

Stellungnahme zum Aufsatz von Herrn Remondeulaz (EOS)

Zu Kapitel 1 — Bessere Materialausnützung

Unter Abschnitt 1a scheint mich Herr Remondeulaz missverstanden zu haben. Wie in der Einführung erwähnt, wollte mein Artikel die Faktoren untersuchen, welche für das Betriebsverhalten elektrischer Maschinen bestimmend

sind. Gesamthaft habe ich 14 verschiedene Faktoren diskutiert. Jeder einzelne Faktor, den ich nachstehend als Parameter bezeichnen möchte, beeinflusst die Zuverlässigkeit. Erst aus der Gesamtheit aller Parameter kann hingegen eine Aussage über die Gesamtzuverlässigkeit eines Systems gemacht werden. Es ist meines Erachtens aus diesem Grunde falsch, aus einem einzigen Parameter, z. B. der stärkeren Materialausnützung, den Schluss zu ziehen, dass die Zuverlässigkeit abgesunken sei, wie dies Herr Remondeulaz unter 1a und später wieder im Kapitel 16 unternimmt. Bei der Diskussion jedes einzelnen Parameters ist als Voraussetzung jeweils angenommen worden, dass alle anderen Parameter konstant bleiben. Ich habe in meinem Artikel folgende Parameter aufgeführt, die eine Tendenz zur *Senkung* der Zuverlässigkeit in sich schliessen (unter der Voraussetzung, dass alle übrigen Parameter unverändert bleiben):

- Kapitel 1 Stärkere Materialausnützung
- Kapitel 2 Mehr Einzelteile
- Kapitel 6 Weniger menschliche Überwachung
- Kapitel 12 Umbau alter Maschinen, sofern die weiter verwendeten Teile nicht mehr betriebssicher sind.

Andererseits habe ich die nachstehend genannten Parameter erwähnt, welche eine Tendenz zur *Steigerung* der Zuverlässigkeit in sich schliessen (wiederum unter der Voraussetzung, dass alle übrigen Parameter unverändert bleiben):

- Kapitel 1 Bessere Werkstoffe
- Kapitel 3 Bessere Prüfmethoden
- Kapitel 4 Bessere Schutzeinrichtungen
- Kapitel 7 Bessere Betriebsvorschriften
- Kapitel 8 Bessere Kontroll- und Revisionsmöglichkeiten
- Kapitel 10 Bessere Reserveteil-Haltung
- Kapitel 13 Bessere Kenntnisse über die Belastungseinflüsse
- Kapitel 14 Bessere Alterungskontrollen

Herr Remondeulaz hat diese Liste richtigerweise ergänzt durch:

- Bessere Berechnungsmöglichkeiten bei der Dimensionierung der Maschine
- Bessere Fabrikationsmethoden
- Bessere Kontrollmöglichkeiten während der Fabrikation

Ich bin also nicht der Ansicht, dass die Zuverlässigkeit der modernen elektrischen Maschinen eine abnehmende Tendenz aufweist, wie dies von Herrn Remondeulaz erwähnt wird. Aus der *Anzahl* der oben aufgeführten Parameter ist man eher versucht, eine steigende Zuverlässigkeit anzunehmen. Eine wissenschaftliche Aussage, ob die Zuverlässigkeit in den letzten 50 Jahren gestiegen oder gesunken ist, lässt sich meines Erachtens nicht geben, da die beteiligten Probleme allzu komplex sind. Teilaussagen scheinen mir möglich, z. B.:

— «Die Zuverlässigkeit der Stromversorgung ist in den letzten 50 Jahren gestiegen» (Punkte 2 und 15 von Herrn Remondeulaz) oder

— «Die Ausfallrate in schweizerischen Betrieben scheint kleiner als im Ausland» (Punkt 15 meines Artikels).

Unter Abschnitt 1b bin ich mit Herrn Remondeulaz einverstanden, dass in der Schweiz auch andere Faktoren bei der Bestimmung der Preisrolle spielen als der Preis.

Wenn ich in meinem Artikel betont habe, dass der Käufer sich oft für den billigsten Hersteller entscheidet (wobei in der französischen Übersetzung «oft» leider mit «généralment» statt mit «souvent» wiedergegeben wurde), so habe ich dabei eher an unsere ausländischen Kunden gedacht. Ihre Haltung stellt meines Erachtens ein eigentliches Zukunftsproblem der Schweizer Maschinenindustrie dar. Herr Remondeulaz erklärt im Kapitel 3, dass sich die Zuverlässigkeit weitgehend durch ein ausführliches Pflichtenheft bestimmen lasse. In bestimmten Grenzen ist dies sicher möglich. Bisher lag aber der gute Ruf der schweizerischen Qualität nicht nur im Einhalten des Pflichtenheftes begründet, sondern wesentlich im guten Betriebsverhalten während der ganzen Lebensdauer der Maschine, was weit über das Pflichtenheft hinausgeht. Die Defekthäufigkeit eines schweizerischen Produktes sollte — auch nach Ablauf der Garantiedauer — kleiner sein als jene eines ausländischen Konkurrenzproduktes. Wenn wir das Diagramm meines Artikels verwenden, so sollte der Kurvenast C einer schweizerischen Maschine tiefer liegen als derjenige einer Konkurrenzmaschine. Es ist aber in den letzten Jahren bei den meisten internationalen Ausschreibungen (z. B. bei Weltbankfinanzierungen) üblich geworden, dem *billigsten* Offertsteller den Auftrag zu erteilen, sofern er das Pflichtenheft einhält. Diese Praxis lässt keinen Spielraum für die Verwendung besserer Materialien oder besserer Konstruktions- und Fabrikationsmethoden, wenn diese teurer sind. Sie fördert vielmehr die Tendenz, die billigste und einfachste Maschine zu offerieren, welche das Pflichtenheft gerade noch erfüllt, was dem schweizerischen Qualitätsprinzip widerspricht. Deshalb habe ich vorgeschlagen, dass der Käufer in vermehrtem Masse bereit sein müsste, für eine schwerere (bessere) Maschine einen höheren Preis zu zahlen. Dies setzt natürlich voraus, dass der Käufer über den Einfluss der verschiedenen Parameter auf die Zuverlässigkeit informiert ist. Mein Artikel wollte zu dieser Information beitragen; aus diesem Grunde habe ich mir Mühe gegeben, die Zusammenhänge möglichst übersichtlich darzustellen.

Zu Kapitel 10 — Reserveteile

In diesem Kapitel macht Herr Remondeulaz einige interessante Vorschläge.

- Was die Anschaffung und Lagerung von *Reservewicklungen* betrifft, verweise ich auf den vorstehenden Aufsatz der Lonza-Kraftwerke, welcher diese Probleme aufschlussreich behandelt.
- Herr Remondeulaz regt an, der Lieferant möchte dem Käufer die zur Fabrikation einer Maschine notwendigen *Modelle*, wie z. B. Wicklungsschablonen, Giessereiformen für die Gleitlager usw. abgeben, damit sie dann bei einem Schaden zur Verfügung stehen. Dies wurde in Einzelfällen schon gemacht. Ein Nachteil liegt darin, dass Modelle, die sich für Maschinen verschiedener Käufer verwenden lassen, nur abgegeben werden können, wenn sie mehrfach hergestellt werden. Eine allgemeine Regel kann man wohl in dieser Sache nicht aufstellen, doch wäre es zu begrüßen, wenn der Vorschlag von Herrn Remondeulaz für auftragsgebundene Fabrikationsmittel vermehrt verwirklicht würde.
- Zur Frage der *Serieteile* wünscht Herr Remondeulaz eine Zusicherung des Lieferanten, dass ein Reserveteil z. B.

während einer Zeitspanne von 10 Jahren jederzeit sofort zur Verfügung gestellt werden kann. Auch hier bin ich generell gleicher Meinung, soweit es sich um oft zu ersetzende Teile handelt. Wie ich in meinem Artikel erwähnt habe, gehört der gute Service unbedingt zu den Pflichten einer verantwortungsbewussten Lieferfirma. Tatsächlich führen die meisten Schweizer Hersteller solche «Servicelager», in denen Reserveteile veralteter Produkte gelagert sind, während die Teile aktiver Serieprodukte ohnehin in den Fabrikationslagern bereitliegen. Servicelager dienen ausschliesslich der Lieferung oft benötigter Reserveteile an Kunden, welche Apparate und Maschinen in Betrieb haben, die nicht mehr fabriziert werden. Herr Remondeulaz regt an, alle Kunden zu informieren, wenn ein solches Servicelager aufgelöst wird. Auch dieser Vorschlag scheint mir zweckmässig; die Information der Klienten sollte tatsächlich verbessert werden.

Zu Kapitel 16 — Schlussbetrachtungen

Herr Remondeulaz schreibt: «Für den Energieproduzenten ist der Gesichtspunkt, dass die Zuverlässigkeit der modernen elektrischen Maschinen eine abnehmende Tendenz aufweist, unannehmbar». Wie ich oben ausgeführt habe, bin ich nicht der Ansicht, dass die Zuverlässigkeit generell abgenommen hat.

Im weiteren erwähnt Herr Remondeulaz, dass die Betriebssicherheit des gesamten vom Energieproduzenten bewirtschafteten Komplexes nur für ihn selbst von Interesse ist, da nur er allein die Wirkung einer Störung beurteilen kann, die durch ein Element aus diesem Komplex verursacht wird. Hier bin ich anderer Meinung. Es geht wiederum um den Servicegedanken des Lieferanten. Letzterer soll sich für alle Belange seines Kunden interessieren, denn nur dann kann er ihn richtig beraten und ihm beim Auftreten von Schwierigkeiten wirklich beistehen. Es ist meines Erachtens falsch, wenn sich ein Hersteller nur um die von ihm gelieferte Maschine kümmert und z. B. die Schutzeinrichtung vollständig dem Klienten überlässt. Kleinere Benützerfirmen elektrischer Maschinen haben meistens keine Fachingenieure, die solche Fragen selbständig bearbeiten könnten. Sie sind deshalb auf die Beratung durch die Lieferanten angewiesen. Andererseits führen verschiedene Hersteller elektrischer Maschinen gleichzeitig die zugehörigen Schutzeinrichtungen in ihrem Verkaufssortiment. Es wäre dem Servicegedanken abträglich, wenn sich der Lieferant nur für die Zuverlässigkeit seiner Maschine, nicht aber für die Zuverlässigkeit in ihrem weiteren Einflussbereich interessieren würde. Der schweizerische Service geniesst heute im internationalen Wettbewerb einen sehr guten Ruf und wir müssen alles daran setzen, dass dieser auch in Zukunft erhalten bleibt.

Abschliessend möchte ich allen Verfassern der vorstehenden Aufsätze für ihre interessanten Darlegungen bestens danken. Wie die mündlichen Diskussionen, so haben auch die schriftlichen Stellungnahmen zu meinem Artikel mitgeholfen, umstrittene Fragen zu klären und die Kenntnisse über die Zuverlässigkeit elektrischer Maschinen zu vertiefen. Es ist wichtig, neben dem Streben nach immer moderneren und leistungsfähigeren Maschinen auch den Betriebs- und Unterhaltsfragen die angemessene Beachtung zu schenken.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Erzeugung und Abgabe elektrischer Energie durch die schweizerischen Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Erzeugung der Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte. Nicht inbegriffen ist also die Erzeugung der bahn- und industrieeigenen Kraftwerke für den eigenen Bedarf.

Monat	Energieerzeugung und Bezug											Speicherung				Energieausfuhr		
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung				
	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66		1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	
	in Millionen kWh											%	in Millionen kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober	1428	1910	21	14	41	47	501	152	1991	2123	+ 6,6	4878	5300	- 239	- 386	281	413	
November	1401	1504	22	75	43	42	499	401	1965	2022	+ 2,9	4400	4735	- 478	- 565	263	218	
Dezember	1584	1658	28	15	48	57	447	356	2107	2086	- 1,0	3567	4145	- 833	- 590	329	250	
Januar	1524	1770	29	39	48	61	448	278	2049	2148	+ 4,8	2688	3251	- 879	- 894	302	293	
Februar	1481	1583	24	49	44	63	401	184	1950	1879	- 3,6	1771	2608	- 917	- 643	265	251	
März	1587	1945	27	16	43	54	411	156	2068	2171	+ 5,0	991	1624	- 780	- 984	268	338	
April	1567	1807	11	3	48	46	196	63	1822	1919	+ 5,3	556	1201	- 435	- 423	185	304	
Mai	1758	2229	11	1	42	76	176	37	1987	2343	+17,9	994	1867	+ 438	+ 666	362	662	
Juni	2076	2387	1	1	72	83	71	43	2220	2514	+13,2	2445	3601	+1451	+1734	557	742	
Juli	2086		1		56		91		2234			4087		+1642		574		
August	1994		1		63		100		2158			5319		+1232		475		
September	2263		5		65		28		2361			5686 ⁴⁾		+ 367		670		
Jahr	20749		181		613		3369		24912							4531		
Okt. ... März . . .	9005	10370	151	208	267	324	2707	1527	12130	12429	+ 2,5			-4126	-4062	1708	1763	
April...Juni . . .	5401	6423	23	5	162	205	443	143	6029	6776	+12,4			+1454	+1977	1104	1708	

Monat	Verteilung der Inlandabgabe											Inlandabgabe inklusive Verluste					
	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft		Allgemeine Industrie		Elektrochemie, -metallurgie und -thermie		Elektrokessel ¹⁾		Bahnen		Verlust und Verbrauch der Speicherpumpen ²⁾		ohne Elektrokessel und Speicherpump.		Veränderung gegen Vorjahr ³⁾ %	mit Elektrokessel und Speicherpump.	
	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66		1964/65	1965/66
	in Millionen kWh																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober	825	838	339	343	268	237	2	4	100	100	176	188	1698	1696	- 0,1	1710	1710
November	821	884	336	352	274	274	2	2	96	108	173	184	1694	1798	+ 6,1	1702	1804
Dezember	892	924	327	337	278	270	1	2	99	114	181	189	1774	1828	+ 3,0	1778	1836
Januar	892	956	322	335	262	266	1	3	100	109	170	186	1744	1849	+ 6,0	1747	1855
Februar	835	806	323	308	255	251	1	4	102	96	169	163	1681	1622	- 3,5	1685	1628
März	876	891	348	344	301	297	1	8	99	110	175	183	1797	1820	+ 1,3	1800	1833
April	772	771	306	303	316	278	4	9	85	84	154	170	1631	1595	- 2,2	1637	1615
Mai	766	770	308	311	270	235	8	24	77	85	196	256	1579	1580	+ 0,1	1625	1681
Juni	730	749	305	319	251	235	18	35	94	90	265 (96)	344 (154)	1549	1583	+ 2,2	1663	1772
Juli	717		289		221		21		104		308		1501			1660	
August	737		297		232		19		93		305		1531			1683	
September	791		322		243		12		97		226		1630			1691	
Jahr	9654		3822		3171		90		1146		2498 (482)		19809			20381	
Okt. ... März . . .	5141	5299	1995	2019	1638	1595	8	23	596	637	1044 (26)	1093 (30)	10388	10613	+ 2,2	10422	10666
April...Juni . . .	2268	2290	919	933	837	748	30	68	256	259	615 (136)	770 (242)	4759	4758	0,0	4925	5068

1) Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.

2) Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.

3) Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.

4) Speichervermögen Ende September 1965: 5810 Millionen kWh.

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz

Mitgeteilt vom Eidgenössischen Amt für Energiewirtschaft

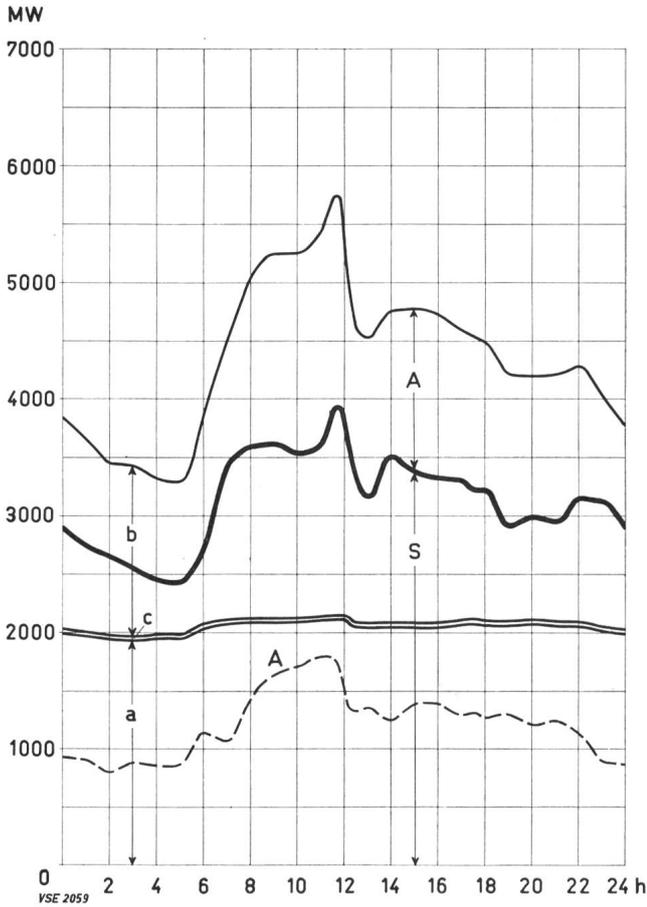
Die nachstehenden Angaben beziehen sich sowohl auf die Erzeugung der Elektrizitätswerke der Allgemeinversorgung wie der bahn- und industrieeigenen Kraftwerke.

Monat	Energieerzeugung und Einfuhr									Speicherung				Energieausfuhr		Gesamter Landesverbrauch	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Energie-einfuhr		Total Erzeugung und Einfuhr		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende		Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung					
	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66			1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65
	in Millionen kWh									%	in Millionen kWh						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober	1670	2229	44	42	511	152	2225	2423	+ 8,9	5237	5683	- 253	- 404	301	466	1924	1957
November	1586	1708	48	104	508	401	2142	2213	+ 3,3	4733	5079	- 504	- 604	277	237	1865	1976
Dezember	1769	1870	54	44	460	356	2283	2270	- 0,6	3842	4432	- 891	- 647	343	270	1940	2000
Januar	1685	1974	56	71	459	278	2200	2323	+ 5,6	2907	3462	- 935	- 970	316	311	1884	2012
Februar	1628	1775	50	75	402	184	2080	2034	- 2,2	1928	2757	- 979	- 705	278	276	1802	1758
März	1756	2153	51	42	411	157	2218	2352	+ 6,0	1087	1700	- 841	-1057	289	367	1929	1985
April	1771	2060	30	29	196	63	1997	2152	+ 7,8	602	1252	- 485	- 448	213	351	1784	1801
Mai	2071	2654	24	23	176	38	2271	2715	+19,6	1080	1979	+ 478	+ 727	401	754	1870	1961
Juni	2471	2840	21	23	71	43	2563	2906	+13,4	2657	3869	+1577	+1890	639	849	1924	2057
Juli	2527		22		91		2640			4423		+1766		679		1961	
August	2423		20		100		2543			5707		+1284		578		1965	
September	2658		27		28		2713			6087 ²⁾		+ 380		749		1964	
Jahr	24015		447		3413		27875							5063		22812	
Okt. ... März . . .	10094	11709	303	378	2751	1528	13148	13615	+ 3,6			-4403	-4387	1804	1927	11344	11688
April ... Juni . . .	6313	7554	75	75	443	144	6831	7773	+13,8			+1570	+2169	1253	1954	5578	5819

Monat	Verteilung des gesamten Landesverbrauches														Landesverbrauch ohne Elektrokessel und Speicherpumpen		Veränderung gegen Vorjahr
	Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft		Allgemeine Industrie		Elektrochemie, -metallurgie und -thermie		Elektrokessel ¹⁾		Bahnen		Verluste		Verbrauch der Speicherpumpen				
	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	1964/65	1965/66	
	in Millionen kWh																%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Oktober	844	856	380	390	355	355	5	6	143	141	186	198	11	11	1908	1940	+ 1,7
November	840	903	378	399	320	324	3	3	131	142	186	200	7	5	1855	1968	+ 6,1
Dezember	912	943	367	386	303	303	3	3	152	155	199	203	4	7	1933	1990	+ 2,9
Januar	912	976	362	382	273	286	3	4	144	155	187	206	3	3	1878	2005	+ 6,8
Februar	855	823	362	353	256	264	2	5	141	131	183	179	3	3	1797	1750	- 2,6
März	896	910	387	393	306	320	2	10	142	148	194	198	2	6	1925	1969	+ 2,3
April	789	786	346	352	338	329	5	10	133	132	170	180	3	12	1776	1779	+ 0,2
Mai	783	784	350	359	372	371	18	34	129	132	178	203	40	78	1812	1849	+ 2,0
Juni	747	762	350	366	375	372	29	48	132	136	193	215	98	158	1797	1851	+ 3,0
Juli	736		333		379		33		144		192		144		1784		
August	754		339		371		31		138		197		135		1799		
September	807		369		375		22		142		200		49		1893		
Jahr	9875		4323		4023		156		1671		2265		499		22157		
Okt. ... März . . .	5259	5411	2236	2303	1813	1852	18	31	853	872	1135	1184	30	35	11296	11622	+ 2,9
April ... Juni . . .	2319	2332	1046	1077	1085	1072	52	92	394	400	541	598	141	248	5385	5479	+ 1,7

¹⁾ Mit einer Anschlussleistung von 250 kW und mehr und mit brennstoffgefeuerter Ersatzanlage.
²⁾ Speichervermögen Ende September 1965: 6200 Millionen kWh.

Gesamte Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in der Schweiz



1. Verfügbare Leistung, Mittwoch, den 15. Juni 1966

	MW
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse, Tagesmittel	2030
Saisonspeicherwerke, 95 % der Ausbauleistung	5650
Thermische Werke, installierte Leistung	380
Einfuhrüberschuss zur Zeit der Höchstleistung	—
Total verfügbar	8060

2. Aufgetretene Höchstleistungen, Mittwoch, den 15. Juni 1966

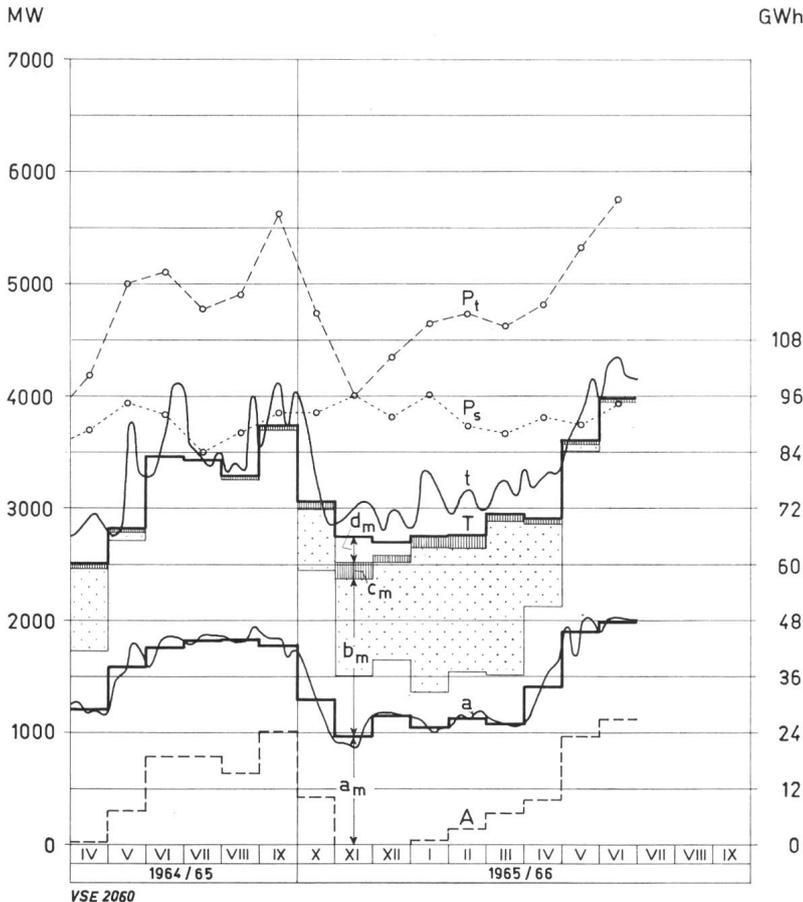
Gesamtverbrauch	5740
Landesverbrauch	3940
Ausfuhrüberschuss	1800

3. Belastungsdiagramm, Mittwoch, den 15. Juni 1966 (siehe nebenstehende Figur)

- a Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wochenspeicher)
- b Saisonspeicherwerke
- c Thermische Werke
- d Einfuhrüberschuss (keiner)
- S + A Gesamtbelastung
- S Landesverbrauch
- A Ausfuhrüberschuss

4. Energieerzeugung und -verwendung

	Mittwoch 15. Juni	Samstag 18. Juni	Sonntag 19. Juni
	GWh (Millionen kWh)		
Laufwerke	48,6	48,4	46,6
Saisonspeicherwerke	54,8	43,5	33,5
Thermische Werke	0,9	0,6	0,4
Einfuhrüberschuss	—	—	—
Gesamtabgabe	104,3	92,5	80,5
Landesverbrauch	74,7	64,8	52,9
Ausfuhrüberschuss	29,6	27,7	27,6



1. Erzeugung an Mittwochen

- a Laufwerke
- t Gesamterzeugung und Einfuhrüberschuss

2. Mittlere tägliche Erzeugung in den einzelnen Monaten

- a_m Laufwerke
- b_m Speicherwerke, wovon punktierter Teil aus Saisonspeicherwasser
- c_m Thermische Erzeugung
- d_m Einfuhrüberschuss

3. Mittlerer täglicher Verbrauch in den einzelnen Monaten

- T Gesamtverbrauch
- A Ausfuhrüberschuss
- T—A Landesverbrauch

4. Höchstleistungen am dritten Mittwoch jedes Monats

- P_s Consommation du pays
- P_t Charge totale

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1; Postadresse: Postfach 8023 Zürich; Telefon (051) 27 51 91; Postcheckkonto 80-4355; Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

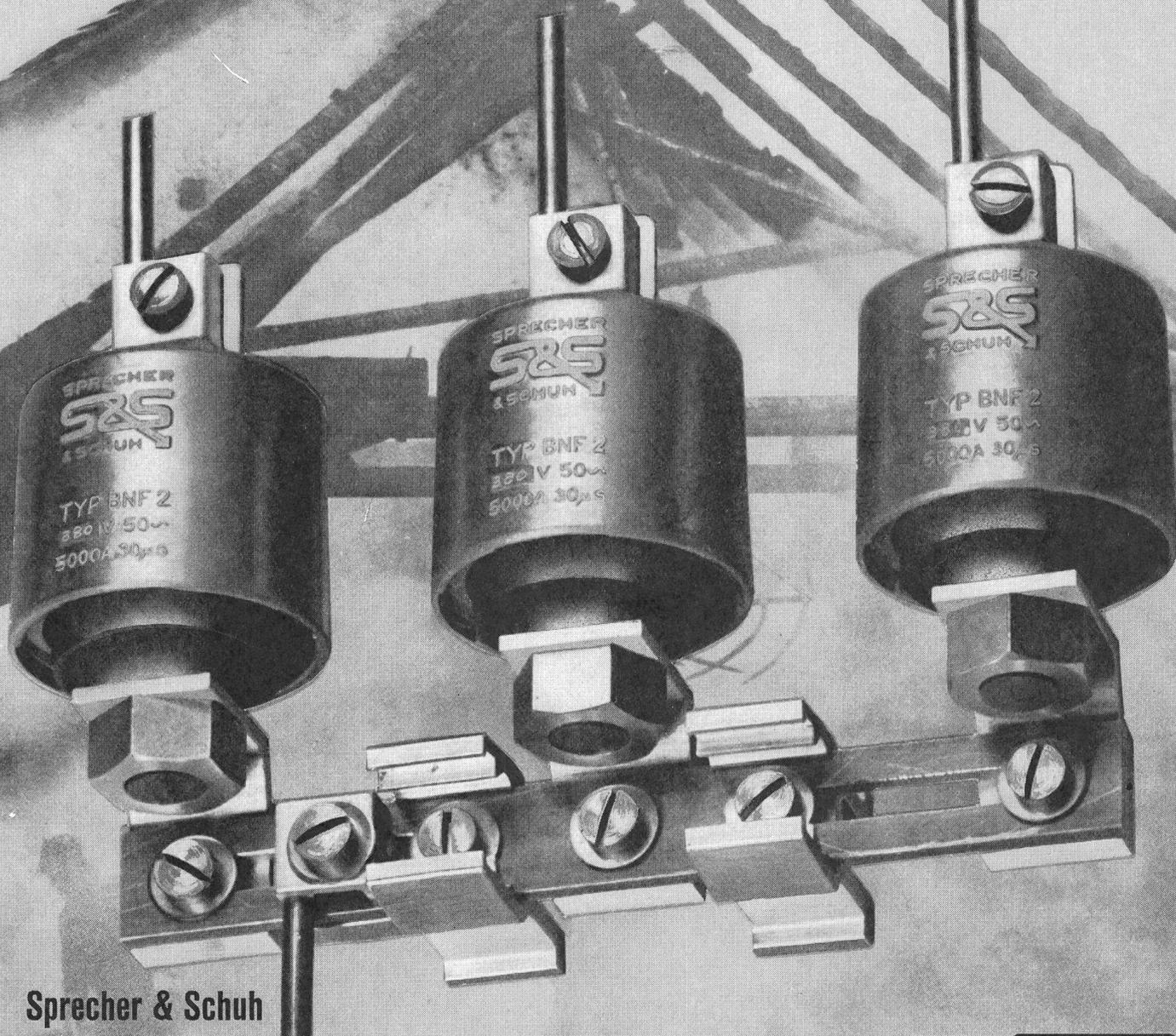
Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

Sonderabdrucke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.

Vorsicht!

Freileitungen an Gebäuden ohne Ueberspannungsschutz sind gefährlich, daher Ueberspannungsableiter einbauen!

Die Hälfte der durch Blitzschlag bewirkten Schadenfälle entstehen durch Überspannungen über das elektrische Freileitungsnetz.

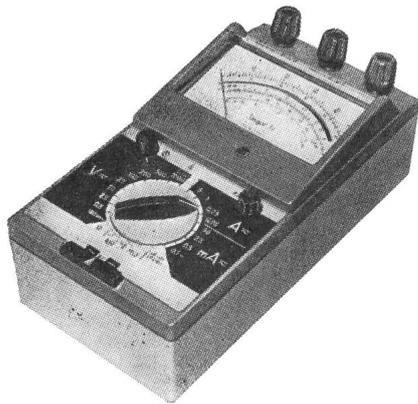


Sprecher & Schuh

Ueberspannungsableiter BNF 2

bieten sicheren und wartungsfreien Schutz





Unigor

212x110x79 mm, erschütterungs- und überlastungssicher
4 verschiedene Ausführungen:

- 3,3 kΩ/V 42 Bereiche 300 uA...30 A 0,6...1200 V ≈ 12-60 mV—
- 25 kΩ/V 48 Bereiche 100 uA...5 A 0,5...5000 V ≈ 100 mV—
- 25 kΩ/V 34 Bereiche 60 uA...30 A 0,6...1200 V ≈ 60 mV—
- 100 kΩ/V 30 Bereiche 10 uA...1 A 0,1...5000 V—

10...1000 V~
Je mit 2 bzw. 3 eingebauten Widerstandsmessbereichen

Metra vo

116x85x38 mm, erschütterungssicher, 20 Bereiche, 666 Ω/V 180 μA 60 mV=, 1,8-6-60-600 mA-6 A, 6-60-600 V ≈, 600 lx Durchgangsprüfung

AG für Messapparate, Bern

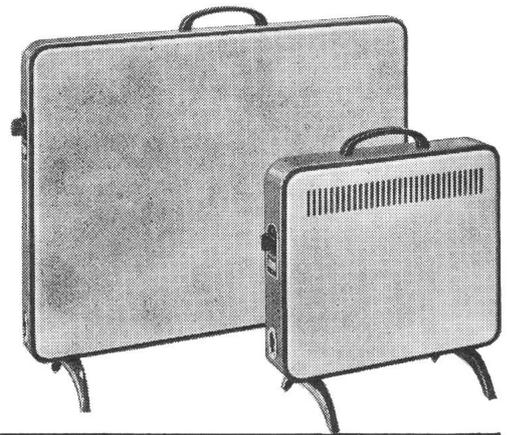
Weissensteinstr. 33 Tel. 031 45 38 66

Accum

Heizwände und Camerad-Oefen

mit praktischem Traggriff und zweifarbiger Lackierung. Zeitlose Formen, in alle Räume passend, leichtes Gewicht, angenehme Heizwirkung

**Accum
AG
Gossau ZH**



Für jeden Anspruch und für jeden Verwendungszweck gibt es ein

SOLIS-Heizkissen

das dem Benutzer ein Maximum an Qualität bietet. Nur SOLIS fabriziert Heizkissen mit 4 und 5 Wärmestufen und Rapidheizung! Ist Ihre Auswahl an SOLIS-Heizkissen komplett?



SOLIS Apparatfabriken AG 8042 Zürich

Stüssistrasse 48-52 Tel. (051) 26 16 16 (7 Linien)