

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Band: 30 (1939)

Heft: 22

Rubrik: Diskussion

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: 16.01.2026

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

des Hartgasschalters als Leistungstrennschalter mit einer Abschaltleistung von 20 MVA für 10 kV mit vorgeschalteten Hochleistungssicherungen. Diese besitzen Energiekennzeichen,

*Hartgasschalter 10 kV, 100 MVA.
Schaltversuche in einem 6-kV-Netz.*

Tabelle I.

Ausschaltversuche							
Versuch Nr.	I_a A	U_a V	P MVA	t_{LI} ms	u_s kV	f kHz	u_{LI} kV
1	130	6000	1,4	40	—	—	10,2
2	190	5800	1,9	40	9,1	7,0	—
3	300	5900	3,1	42	7,5	11,0	—
4	530	6000	5,5	46	4,8	12,5	8,2
5	700	5800	7,0	50	5,4	12,5	7,3
6	870	5750	8,6	40	8,5	17,5	—
7	700	5800	7,0	—	5,2	11,0	9,5
8	1580	6500	18,0	33	7,2	47,0	—
						11,0	—
9	4560	6600	52,0	29	5,4	50,0	—
10	6200	4600	50,0	30	4,2	— ¹⁾	—
11	7000	5700	69,0	31	3,4	— ¹⁾	—

t_{LI} Lichtbogendauer.

u_s Scheitelwert der wiederkehrenden Spannung.

f Frequenz der wiederkehrenden Spannung.

u_{LI} Scheitelwert der Lichtbogenspannung.

¹⁾ aperiodisches Einschwingen der Spannung.

die beim Durchbrennen eine dreipolare Abschaltung des Schalters zur Folge haben.

Um eventuelle Bedenken bezüglich eines raschen Verschleisses des Löschmittels zu zerstreuen, sei angeführt, dass z. B. bei drei aufeinanderfolgenden Kurzschlussabschaltungen mit Abschaltströmen von 12 000 A aus dem oberen Löschrohr eine Oberflächenschicht von 1,5 mm mittlerer Stärke vergast, während das untere Löschrohr vom Kurzschlussstrom-Lichtbogen ja überhaupt nicht berührt wird. Mit kleiner werdenden Ausschaltströmen steigt die Zahl der möglichen Schaltungen rasch an, bis sie bei 10 000 Schaltungen aus mechanischen Gründen eine natürliche Grenze findet. Die Hartgasschalter wurden unter den schwierigsten Verhältnissen im Netz einer Großstadt untersucht; Tabelle I zeigt den Auszug aus einigen Schaltversuchen (10-kV-Schalter für 100 MVA Abschaltleistung), die außerordentlich günstige Betriebsresultate ergeben haben.

Zusammenfassend darf gesagt werden, dass der Hartgasschalter die gegebene Lösung für Netzteile und Industrieanlagen von 6, 10 und 20 kV Betriebsspannung ist, insbesondere für unbediente Stationen, da er keiner Wartung bedarf und die Betätigung kein ausgebildetes Bedienungspersonal benötigt. Es scheint, dass die Einführung der festen Löschmittelspeicherung, die im kompressorlosen Druckgasschalter ihre Verwirklichung gefunden hat, dem Schalterbau einen neuen Weg eröffnete, der für einen grossen Verwendungsbereich bedeutungsvoll zu werden verspricht.

Der Vorsitzende verdankt auch dieses Referat bestens. Herr Dr. Egli hat ein Gebiet gestreift, von dem heute noch nicht die Rede war.

Damit sind wir am Ende der Reihe der vorgesehenen Referate und haben sozusagen das ganze Material für die

Diskussion

beieinander. Ueber zahlreiche Punkte könnte oder sollte gesprochen werden; es seien z. B. nur folgende genannt: Können die Herren Betriebsleiter sagen, wie lange ein Netzteil ausgeschaltet werden darf, ohne dass die Bezüger einen Unterbruch der Energielieferung merken; die Zahl 0,2 Sekunden wurde genannt. Eine wichtige Frage ist dann diejenige nach der zweckmässigen Wahl des Luftdruckes für die Druckluftschalter. Besprochen werden sollte auch Herrn Dr. Roth's «Rennwagen», d. h. die Wahl der Abschaltzeit der Schalter unter Berücksichtigung der vorhandenen Relais. Interessant sind auch die Einbaufragen, dann die Wahl der Schalter überhaupt, der Witterungseinfluss, der Schnelldistanzschutz usw.

Herr Dr. A. Roth, Direktor der Sprecher & Schuh A.-G., Arau: Den Wettereinflüssen im Bau von Druckluftschaltern für Freiluft voll und ganz Rechnung zu tragen, ist nicht unmöglich, aber schwierig. Druckluftschalter samt Zubehör werden gegenüber den ölarmären Typen komplizierter und weisen deshalb mehr Störungsmöglichkeiten auf. Es dürfte überhaupt unmöglich sein, alle Störungen zu vermeiden. Dem Unterhalt aller Teile, besonders der Druckluftanlage, kommt grosse Bedeutung zu. Anderseits weisen in Freiluftanlagen Druckluftschalter keine sichtbaren Vorteile auf.

Der Vorsitzende ist dagegen überzeugt, dass es gelingen wird, die Freiluftschalter ebenso sicher zu bauen wie Innenraumschalter. Es ist gar nicht gesagt, dass die Lösung schwieriger Fragen auch kompliziert sein müsste und eine Propheteiung in der Technik für die Zukunft ist immer sehr gewagt. An der Landesausstellung im Jahre 1914 in Bern hatte man einen zweipoligen Turbo-Generator von 10 000 V und 8000 kW Leistung ausgestellt und geglaubt, damit eine Grenzleistung erreicht zu haben. Heute baut man solche zweipolige Maschinen für 50 000 kW und darüber und sieht Spannungsgrenzen von 50 000 V. Der Bau solcher Generatoren ist heute gar nichts Besonderes mehr, und diese Generatoren sind trotz der schwierigen Probleme, die zu lösen waren, nicht komplizierter als die früheren Generatoren. Man hat auch gesagt, der Mutator werde sich nicht entwickeln, er hat sich doch entwickelt. Vieles scheint am Anfang schwierig, dann wird es doch zweckmässig gelöst.

Herr J. Stoecklin, Brown Boveri, Baden:

Gestatten Sie mir, auf die heute bereits gestreiften Fragen des Wiedereinschaltens im Zusammenhang mit Selektivschutz etwas näher einzutreten. Die zur Aufrechterhaltung der Netzzustabilität bei Kurzschluss nötigen kurzen Abschaltzeiten bedingen schnellwirkende Schalter und rasche Schutzrelais. Für das Wiedereinschalten ist ferner die gleichzeitige Schnellabschaltung der Leistungsschalter an beiden Enden der betroffenen Teilstrecke erforderlich. Als Selektivschutzmittel für wichtige Hochspannungsübertragungen stehen die Vergleichssysteme und der Schnelldistanzschutz zur Verfügung. Die

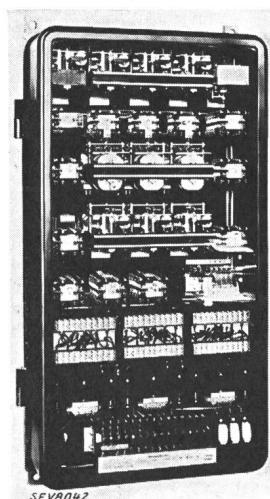


Fig. 1.

Ausrüstung einer Drehstromleitung mit Schnell-Distanzschutz.

Vergleichssysteme eignen sich für das Wiedereinschalten gut, sie brauchen aber Hilfsverbindungen durch Draht oder Hochfrequenz und sind daher, wie heute bereits ausgeführt wurde, mit hohen Kosten verbunden. Sie sind gegenüber dem Distanzschutz auch insofern im Nachteil, als dieser ohne Hilfsverbindungen auskommt, Sammelschieneinstörungen miterfasst und die Schutzreserve einschliesst. Dagegen wird die

Forderung der gleichzeitigen Abschaltung der Schalter am Anfang und Ende der gestörten Strecke vom Distanzschutz zunächst nicht erfüllt. Dies gilt uneingeschränkt für Distanzrelais mit stetiger Kennlinie. Aber auch die Stufen-Kennlinie eines Schnelldistanzrelais nach Fig. 1 gibt zunächst nur dann beidseitig Momentanabschaltung, wenn, wie aus Fig. 2 hervorgeht, der Kurzschluss mindestens etwa 15 % der Streckenlänge vom Leitungsende entfernt auftritt. Bei Kurzschluss am

Leitungsabschnitt.

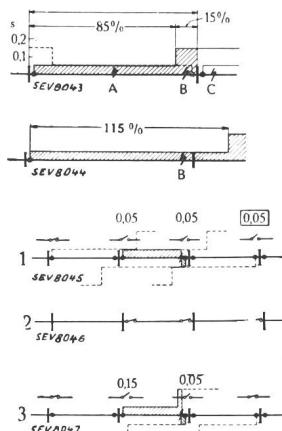


Fig. 2 bis 6.
Zeitstaffelung.

Leitungsende, an Stelle B (Fig. 2) löst das Relais links mit der zweiten Zeitstufe, das Relais rechts dagegen mit der ersten Stufe aus, wie dies vom Betriebe ohne Wiedereinschalten bekannt ist.

Bei Anwendung des Wiedereinschaltens wird von Brown Boveri eine geänderte Arbeitsweise des Schnelldistanz-Schutzes vorgesehen, die kurz beschrieben werden soll. Für das erste Abschalten erstreckt sich der Bereich der ersten Zeitstufe, d. h. der Minimalzeit von 0,05 s nicht wie bisher (Fig. 2) auf 85 % der Teilstrecke, sondern er greift mit einem Sicherheitszuschlag von etwa 15 % in die folgende Teilstrecke hinein, wie in Fig. 3 dargestellt ist. Damit wird jeder Kurzschluss auf der Strecke beidseitig mit der Zeit der ersten Stufe, also mit 0,05 s abgeschaltet. Ereignet sich der Kurzschluss im mittleren Gebiet der Teilstrecke, so fallen nur die beiden Teilstreckenschalter. Tritt er am Leitungsende, bis etwa 15 % der Strecke auf (Fig. 4), so fällt ein Schalter zuviel, in Fig. 4 der Schalter mit der eingerahmten Abschaltzeit. Dies ist aber ohne grosse Bedeutung, da es sich um die erste Abschaltung handelt, der sofort das Wiedereinschalten folgt. Nach dem Wiedereinschalten (Fig. 5) ist nun entweder der Kurzschlusslichtbogen gelöscht und der Betrieb geht weiter, oder es handelt sich um eine dauernde Störung, welche die selektive Abschaltung der gestörten Strecke erfordert. Im zweiten Falle arbeitet nun der Schnell-Distanzschutz wie in Fig. 2 und Fig. 6 dargestellt, d. h. in gewohnter Weise. Am nähergelegenen Leitungsende wird mit der ersten Stufe, also 0,05 s, am entfernteren Ende mit der zweiten Zeitstufe, im vorliegenden Beispiel mit 0,15 s endgültig und selektiv abgeschaltet. Die beschriebene Arbeitsweise des Schnelldistanzschutzes bei Wiedereinschalten hat den Vorteil, dass bei etwa 70 % der Störungsfälle überhaupt nur die fälligen Schalter auslösen und wiedereinschalten, während in den restlichen 30 % höchstens 1 oder 2 der Störung nächstliegenden Schalter beim ersten Abschalten fallen und wiedereinschalten. Man erkennt den Vorzug dieser Arbeitsweise gegenüber dem Vorschlag von Herrn Naef, der dahin geht, die vom Kurzschlussort weitausliegenden und meist vielen Schalter der Speisestellen am ersten Aus-Einschalten zu beteiligen. Es ist damit auch, im Gegensatz zu den Ausführungen von Herrn Naef gezeigt worden, dass sich ein Selektivschutz nach dem Zeitstufenprinzip mit Vorteil auch für das Wiedereinschalten eignet, unter gleichzeitiger Erfüllung seines Hauptzweckes, der schnellen selektiven Abschaltung der Kurzschlussstörungen.

Herr O. Naef, Maschinenfabrik Oerlikon:¹⁾ Ich bin mit den Ausführungen des Herrn Stoecklin einverstanden, soweit sie die Anpassung des gestaffelten Schnelldistanzschutzes an die Erfordernisse des Wiedereinschaltens betreffen. In meinem Referat hatte ich ausdrücklich erwähnt, dass sich jeder Selektivschutz, also auch der Distanzschutz, nach dem Zeitstufenprinzip für die Anwendung der automatischen Wiedereinschaltung eigne, sofern die betreffenden Schalter mit einer zusätzlichen, nur bei der ersten Auslösung wirksamen Momentauslösung versehen würden, deren Wirkbereich sich mindestens bis zum nächsten, mit automatischer Wiedereinschaltung versehenden Schalter erstreckt.

Es ist klar, dass die Kontinuität des Betriebes um so besser gewahrt bleibt, je schneller die erste Abschaltung erfolgt, dass hingegen die selektive Zeitverzögerung der zweiten Abschaltung eine viel geringere Rolle spielt. Denn zu einer zweiten Abschaltung kommt es ja nur in den wenigen Fällen, wo infolge Dauerkurzschlusses die definitive Abtrennung des gestörten Netzteiles, und damit ein Betriebsunterbruch, sowieso nicht vermieden werden kann.

Wenn man sich schon zur Anwendung der Schnellausschaltung und automatischen Wiedereinschaltung entschliesst, so erscheint deshalb die Wahl eines schnellwirkenden, aber komplizierten und kostspieligen Schutzsystems, wie es der Schnelldistanzschutz darstellt, nicht nötig. Man wird dagegen Gewicht auf eine möglichst momentane erste Abschaltung legen, und gerade hierin gegenüber der Auslösung mit der Grundzeit des Schnelldistanzschutzes noch wesentliche Vorteile (bis zu 100 % kürzere Abschaltzeiten) erzielen können. Für den Selektivschutz genügt das vorhandene System, und bei Neuanlagen wird man die Systemwahl nach allgemeinen Gesichtspunkten treffen. Dass auf diese Weise bestehende Anlagen, die Ueberstromschutz mit Zeitstaffelung oder langsam arbeitenden Distanzschutz besitzen, mit Vorteil für die automatische Wiedereinschaltung eingerichtet werden können, liegt auf der Hand.

Ich habe in meinem Referat nirgends gesagt, dass nicht alle Teilstrecken-Schalter eines Netzes oder Netzteiles in der beschriebenen Weise für die automatische Wiedereinschaltung eingerichtet werden sollten oder könnten. Ich erwähnte jedoch, dass unter Benutzung der von mir vorgeschlagenen Momentauslösung es möglich sei, nur einzelne Schalter hierfür einzurichten und dennoch die volle Schutzwirkung zu erzielen. Dies kann gerade bei bestehenden Netzen von Vorteil sein, da dadurch die Kosten bedeutend verringert werden.

Bei dem nach Vorschlag von Herrn Stoecklin abgeänderten Schnelldistanzschutz, bei welchem der Wirkbereich der Grundzeit verlängert wird, liegen die Verhältnisse allerdings anders. Hier ist es nicht mehr angängig, einzelne Teilstrecken-Schalter zu überspringen. Bei Fehlern in der Nähe von Schaltern, die nicht für automatische Wiedereinschaltung eingerichtet sind, würden diese nämlich ebenfalls mit Grundzeit auslösen und ihren Abschnitt definitiv vom Netz trennen.

Das Merkmal der von mir beschriebenen Schutzeinrichtung besteht nun nicht darin, wie Herr Stoecklin zu glauben scheint, dass die Momentauslösung auf Ueberstrom anspricht. Ihr Merkmal besteht vielmehr darin, dass die erste Abschaltung möglichst unverzögert, die zweite Abschaltung dagegen, falls es zu einer solchen kommt, stets mit einer gewissen Verzögerung erfolgt, an welcher Stelle des geschützten Netzteiles sich der Fehler auch befindet. Diese Auslöseverzögerung erlaubt, wie ausgeführt, gegebenenfalls einige Teilstreckenschalter zu überspringen. Sie ermöglicht aber auch das Abklingen der bei einer erfolgreichen Wiedereinschaltung auftretenden Einschaltstromstöße und Pendelerscheinungen und verhindert dadurch unerwünschte, mit der Natur des Fehlers in keinem Zusammenhang stehende Abtrennungen von Netzteilen.

Als Messgröße für die Momentauslösung eignet sich natürlich jede von einem Fehler beeinflussbare Netzgröße, d. h. der Strom, die Impedanz oder Reaktanz, oder Differenzwerte des Stromes, der Spannung oder der Leistung. Wo die Ueberstromauslösung anwendbar ist, bietet sie infolge ihrer Einfachheit manche Vorteile.

¹⁾ Der Beitrag wurde nachträglich schriftlich erweitert.

Herr J. Stoecklin, Brown Boveri, Baden: Durch das erste Aus-Ein-Schalten verschwinden Kurzschlußstörungen vorübergehender Art. Alle Störungen, die nach dem Wiedereinschalten weiterbestehen, müssen aber endgültig und selektiv abgeschaltet werden. In vermaschten, mehrfachgespeisten Netzen sind dazu nur Selektivrelais, z. B. Distanzrelais imstande; aus diesem Grunde sind sie hier gleich unentbehrlich, ob nun Wiedereinschalten angewendet wird oder nicht. In meinem Diskussionsbeitrag wurde gezeigt, dass der Schnelldistanzschutz nach dem Stufenprinzip bei Anwendung des Wiedereinschaltens auch das erste, gleichzeitige Abschalten der beiden Streckenschalter übernehmen kann und dass er nach erfolglosem Wiedereinschalten die gestörte Strecke völlig selektiv abschaltet. Für das erste Abschalten benötigt der Schnelldistanzschutz 0,05 s, die schnellsten Schalter brauchen ebenfalls 0,05 s, so dass die erste Kurzschlussdauer 0,1 s beträgt, was auch für ungünstigste Fälle genügt. Der Umstand, dass für massgebende ausländische Netze der Brown-Boveri-Schnelldistanzschutz ausgewählt wurde, dürfte die Richtigkeit des eingeschlagenen Weges bestätigen.

Herr Dr. A. Roth, Direktor der Sprecher & Schuh A.-G., Aarau: Ich möchte der Freude darüber Ausdruck geben, dass die Versammlungen des SEV ein ganz anderes Niveau aufweisen als früher. Insbesondere wurde heute eine grosse Reihe von Forschungsarbeiten bekanntgegeben, während früher hin und wieder Ladenhüter aufgetischt wurden. Ich möchte mir nur noch einige Bemerkungen erlauben, die nicht als Kritik aufzufassen sind. Erstens geht man mit einem Rennwagen nicht auf die Landstrasse, und wenn man doch damit auf die Landstrasse geht, dann mache man mit ihm kein Rennen, sonst wird es gefährlich, d.h. die Schalter mit den äusserst kurzen Abschaltzeiten weisen in vielen Fällen überhaupt keine Vorteile auf; im Gegenteil, sie können den Betrieb nur gefährden. Der zu verfolgende Zweck besteht darin, die Betriebssicherheit durch Entwicklung des *Normalen* zu äusserster Vollkommenheit zu heben. Man muss sich überlegen, wo die raschen Schalter am Platze sind. Sie sind vor allem berechtigt in Höchstspannungsnetzen. Der Lichtbogen muss nämlich gelöscht werden, solange das Netz stabil bleibt. In einem gewaltigen Netz bei Philadelphia haben die Schalter eine Eigenzeit von $\frac{8}{100}$ Sekunden und das Netz funktioniert ausserordentlich gut. In den meisten Schweizer Netzen kommen die Stabilitätsfragen überhaupt nicht zur Wirkung, und man kann daher im allgemeinen empfehlen, langsamere Schalter zu kaufen, die dafür eine höhere Betriebssicherheit haben als sehr rasche Schalter. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass in den letzten Jahren zwischen den verschiedenen Firmen ein Wettrennen auf Erzielung möglichst kleiner Abschaltzeiten entstand, und dass das Gefühl erweckt wird, der Schalter, der die kürzeste Abschaltzeit habe, sei der beste. Dem Betriebsleiter wird damit ein schlechter Dienst erwiesen, denn der Schalter mit der kürzesten Abschaltzeit braucht in keiner Weise der beste zu sein, ja das Gegenteil kann der Fall sein, weil eben die Kürze der Abschaltzeit den Schalter empfindlicher macht und nur in seltenen Fällen eine wesentliche und nötige Eigenschaft ist. — Dann sei mir noch eine persönliche Bemerkung gestattet, die ich in dieser Versammlung, und zwar nur in dieser nicht unterdrücken kann. Ich möchte nämlich die Vaterschaft für den Parallel-Widerstand im Druckluftschalter für mich und meine damaligen Mitarbeiter, insbesondere Herr Clerc, beanspruchen. Der Parallel-Widerstand ist unser Kind, und ich freue mich ausserordentlich über dessen Karriere: Aus dem kleinen Strassensänger ist ein schöner Tenor geworden. Ich erinnere nur an den an der letzten Schaltertagung in Zürich¹⁾ ausgefochtenen Kampf; damals berichtete ich über Schalter, die den niederohmigen Widerstand seit 1931 aufweisen. Heute wurden von den Ateliers de Delle und Sprecher & Schuh über 400 Stück solcher Schalter geliefert; sie haben sich bewährt, nie ging insbesondere ein Widerstand defekt, im Gegensatz zu den alten, hochohmigen Widerständen, die früher in Oelschalter eingebaut wurden. Die Wirkung des Widerstandes besteht darin, dass er die Anstiegsgeschwindigkeit der wiederkehrenden Spannung herabsetzt, indem er den Strom mit der wiederkehrenden Spannung in Phase bringt, so dass der Spannungsanstieg im Nullmoment ausserordentlich langsam, d. h. nur mit Betriebsfrequenz erfolgt, statt

mit der Eigenfrequenz des Netzes von 300, 1000 oder gar 30 000 Hz.

Der Vorsitzende: Ich möchte zu den launigen Bemerkungen betr. die Vaterschaft Herrn Dr. Roths nicht als Vorsitzender, sondern als langjähriger Freund und ganz persönlich antworten. Leider ist es auf der ganzen Welt so, dass Vaterschaftsfragen schwer zu beantworten sind, sobald sie zur Diskussion gestellt werden. In Zweifelsfällen ist es selten festzustellen, wer es eigentlich war; eines kann jedoch gesagt werden: der Parallel-Widerstand zum Lichtbogen für den Druckluftschalter ist eine ganz alte Sache. Schon Herr Aichele und andere haben die Idee mit Druckluftlöschung verwendet, aber es ist zuzugeben, dass Herr Dr. Roth es war, der den Parallel-Widerstand im Druckluftschalter in die Praxis einführte. Das Einführen in die Praxis ist aber sehr oft ein viel grösseres Verdienst als das Erfinden. — Nicht einig bin ich jedoch mit dem Postulat, dass der Wert einer kurzen Abschaltzeit überschätzt werde. Der Konstrukteur hat die Pflicht, beizutragen, dass die Störungsdauer auf ein Minimum heruntergesetzt wird. Hierin besteht zwischen kleinen und grossen Werken kein Unterschied. Je kürzer die Zeit, desto kleiner ist die zerstörende Wirkung am Fehlerort. Als Beispiel sei angeführt, dass ein langdauernder Kurzschluss in einer Wicklung nicht nur die Wicklung, sondern auch das Eisen zerstören kann. Man muss also immer auf kürzeste Schaltzeit tendieren, besonders, wenn die Schalter mit sehr kurzen Abschaltzeiten nicht schwieriger zu bauen sind als solche mit den üblichen längeren Abschaltzeiten. Nur am Anfang ist jede Neukonstruktion noch etwas kompliziert; später wird sie stets einfacher.

Herr Direktor Th. Boveri, Brown Boveri, Baden: Ich teile die Auffassung von Herrn Dr. Roth, dass der unkomplizierte Schalter dem komplizierten überlegen ist und dass wir nicht so viel spekulieren sollten. Bei der automatischen Wiedereinschaltung handelt es sich aber nicht mehr um Spekulation. Die grundlegende Frage, ob es eine Unterbrechungszeit gibt, die einerseits lang genug ist, damit ein Lichtbogen zwischen den Drähten einer Freileitung löschen kann, und andererseits kurz genug, damit die angeschlossenen Synchrongeneratorn nicht ausser Tritt fallen, haben wir, wie schon Herr Thommen erwähnte, durch eigene Versuche in bejahendem Sinne geklärt. Wenn nun auch unsere Versuchsanordnung nur ein Beispiel darstellt und die Verhältnisse selbstverständlich nicht überall die gleichen zu sein brauchen, so haben wir doch mit Absicht die Bedingungen so ungünstig gestaltet, wie es uns möglich war. Wir beabsichtigen, die Versuche auf grosse Werksbetriebe auszudehnen.

Herr F. Tschumi, Brown Boveri, Baden: Herr Dr. Roth hat die Frage des zweckmässigen Druckes bei Druckluftschaltern zur Diskussion gestellt. Er ist der Meinung, dass Drücke über 10 kg/cm^2 in der Praxis schwierig zu meistern seien. Es muss jedoch festgestellt werden, dass aus mechanischen Gründen höheren Drücken keine Beschränkung entgegensteht. Man kommt oft mit minimalen Wandstärken, die durch die Fabrikation oder mit Rücksicht auf äussere Beschädigungen bedingt sind, aus. Wir haben z. B. durch Versuche festgestellt, dass Kupferleitungen, die für solche Anlagen in Frage kommen, mit Wandstärken von 1 bis 2 mm Dicke, Drücke von über 100 kg/cm^2 aushalten. Dagegen hat die Verwendung höherer Drücke ganz wesentliche Vorteile. Sie gestatten vor allem, auf gleichem Querschnitt mehr Luft zu übertragen oder bei gegebenem Luftquantum mit kleinen Querschnitten auszukommen. Deshalb verwendet Brown Boveri Drücke mit 12 bis 14 kg/cm^2 . Viele solcher Anlagen sind im Betrieb und haben sich anstandslos bewährt. Es wäre interessant zu vernehmen, wie sich die Betriebsleiter zur Verwendung hoher Drücke stellen.

Herr Dr. A. Roth, Direktor der Sprecher & Schuh A.-G., Aarau: Die Wirkung des Parallel-Widerstandes zum Lichtbogen gestattet, den Druck in der Druckluftanlage auf ungefähr die Hälfte zu reduzieren. Natürlich ist es möglich, eine Anlage für 10 oder 20 kg/cm^2 zu erstellen, aber es ist nicht einfach. Es handelt sich dabei eben nicht nur um die Rohre, es handelt sich auch um die Dichtungen und um die Ventile. Es gibt grössere Verluste an Luft. Je dünner die Rohre, um so mehr wird die Anlage ein Kunstwerk. Die Kompressoranlage wird ebenfalls komplizierter; man be-

¹⁾ Bulletin SEV, 1932, S. 621.

nötigt einen Spezialtyp. Bei 5 oder 6 kg/cm² Druck kann man einen ganz gewöhnlichen, hundertfach bewährten, einstufigen Kolbenkompressor verwenden, der keine Rückkühlung besitzt und der keine Explosionsgefahr mit sich bringt. Ich bin überzeugt, dass bei halbem Druck ein Vielfaches an Betriebssicherheit gewonnen wird.

Herr O. Naef, Maschinenfabrik Oerlikon, spricht sich wie Herr Tschumi für höhere Drücke aus. Man baut jetzt häufig zweistufige Kompressoren statt einstufige, deren Betriebssicherheit nicht schlechter, ja eher besser ist als die von Niederdruckanlagen.

Herr A. Kleiner, Generalsekretär des SEV und VSE, Zürich: Es gibt einen Erfahrungssatz, der lautet: «Im Krieg bewährt sich nur das Einfache». Leider aber wird in neuer Zeit auch der Krieg kompliziert und auch der Soldat muss sich daran gewöhnen, mit sehr komplizierten Waffen umzugehen. Analog können heute die Betriebe der Elektrizitätswerke sich nicht mehr mit dem robusten Einfachen begnügen, sondern auch sie müssen stets verfeinert werden, und es wird nötig sein, dass das Personal entsprechend ausgebildet wird, damit es auch komplizierte Anlagen richtig überwachen und handhaben kann. In einem Punkt bestehen aber Bedenken; es betrifft das schnelle Wiedereinschalten. Es soll so rasch geschehen, dass die Bezüger von der Störung nichts merken. Es scheint aber, dass beim Aus- und Schnellwiedereinschalten es wohl möglich ist, dass der Unterbruch in der Energielieferung zunächst unbemerkt bleibt, dass aber die unzähligen Nullspannungsauslöser ansprechen. Dann entstehen für die Bezüger die bekannten Unzökommlichkeiten, und es fragt sich, ob diese dann nicht grösser sind, als wenn bemerkt wird, dass eine Störung vorhanden war.

Herr Dr. A. Roth, Direktor der Sprecher & Schuh A.-G., Aarau: Hierzu ist zu sagen, dass in dieser Zeit alle Nullspannungsauslöser und auch sämtliche Schützen herausfallen, sofern die Spannung wirklich absinkt und nicht etwa durch die Generatorwirkung der Motoren aufrechterhalten wird.

Herr Oberingenieur H. Pupikofer, Maschinenfabrik Oerlikon: Im Netz des Elektrizitätswerkes Basel haben wir betriebsmässige Versuche mit dem Ausschalten und schnellen Wiedereinschalten gemacht. Keine einzige Reklamation stellte sich ein; die Nullspannungsauslöser hatten nicht ausgelöst, der Bezüger merkt wirklich von der Prozedur nichts. — Herr Kleiner hat von der Kompliziertheit der neuen Anlagen gesprochen und Herr Dr. Roth hat sich auf den Standpunkt gestellt, dass man sein Kind, das sich zum Tenor ausgewachsen habe, zu Hilfe ziehen müsse, um die Möglichkeit zu haben, Druckluftanlagen kleinen Druckes zu verwenden. Ich glaube nicht daran, dass der «kleine Strassensänger zum Tenor geworden» ist. Ich glaube, der Stufenwiderstand wird immer nur als Krücke dienen. Die technisch einwandfreie Lösung besteht im Weglassen des Widerstandes und im Erhöhen des Druckes der pneumatischen Anlage.

Der Vorsitzende: Das rasche Wiedereinschalten kommt nur für Grosskraftwerke in Frage und für Hochspannungs-Uebertragungsleitungen; dagegen ist die Wiedereinschaltung für allgemeine Verteilanlagen bis ca. 30 kV eher ein Ausnahmefall. In bezug auf die Widerstände ist folgendes zu sagen: man sollte nicht Widerstände einbauen, um die Möglichkeit zu haben, die pneumatischen Anlagen mit geringerem Druck auszuführen, sondern um die ganze Anlage billiger zu gestalten. Die Krücke sollte man nur in Krankheitsfällen verwenden.

Herr A. Stoecklin, Sissach²⁾: Ich möchte die Aufteilung der Hochspannungsschalter nach den Ausführungen des Herrn Direktor Leuch unterstützen. Ich habe den Eindruck, dass der Oelschalter zu Unrecht in dem Moment etwas in «Verruf» kam, als dieser seine Entwicklung hinter sich hatte.

²⁾ Beitrag nachträglich schriftlich eingereicht.

Obwohl der Luftdruckschalter die ideale Lösung sein dürfte, so ist dessen Verwendung der bekannten Nachteile wegen (Kompressoren-Anlage, Wartung und Kosten) nur auf gewisse Anlagen beschränkt. Es ist richtig, dass Oelschalter zu Oelbränden Anlass gegeben haben, aber derartige Störungen sind bei den vielen (nach Herrn Leuch ca. 90 % der verschiedenen Schaltersysteme in städtischen Anlagen) eingebauten Apparaten doch verhältnismässig wenig vorgekommen.

Man kann ruhig behaupten, dass Oelbrände in der Hauptsache nur bei alten Modellen eingetreten sind. Der Grund lag darin, dass die Kontakte zu wenig tief unter Oel lagen, die Kessel zu wenig druckfest und die Ausschaltgeschwindigkeit zu träge war. Im grossen und ganzen hat sich der moderne Oelschalter bewährt und wird daher von vielen Betriebsleitern dank seiner Einfachheit bezüglich Wartung usw. für kleinere Anlagen den teureren Modellen vorgezogen. Sobald der ölarme Schalter preislich mit dem Oelschalter in Konkurrenz treten kann, dürfte dieser mehr Eingang finden.

Was den Lastschalter anbelangt, bin ich der Meinung, dass dieser nur mit Sicherungen, aber nicht mit Relais ausgerüstet werden sollte, da er doch nur für geringe Abschaltleistungen in Frage kommen kann. Zudem dürfte sich der Preis des Lastschalters mit Relais kaum niedriger stellen, als derjenige des Oelschalters.

Herr Direktor E. Baumann, EW Stadt Bern: Es ist wohl niemand da, der das umfassende Material, das heute produziert wurde, nicht gebührend schätzen würde und niemand ist da, der den Herren Referenten, die dieses Material alles zusammentragen mussten, nicht sehr dankbar wäre. Wenn sich bis jetzt die Werksvertreter kaum zum Worte gemeldet haben, so geschah dies, weil sie heute zu viel Neues hörten, das sie zuerst verarbeiten müssen. Die Betriebsleiter können sich heute noch nicht für eine Entscheidung aussprechen; alles, was sie können, ist, mit den Fabrikanten zusammenzuarbeiten, um die zweckmässigste Lösung der Schalterfrage gemeinsam zu suchen. Die Werke sollen ihre Anlagen für Grossversuche zur Verfügung stellen, damit die nötige Abklärung überzeugend erfolgen kann.

Der Vorsitzende: Ich möchte noch etwas richtigstellen. Verschiedene Herren haben angedeutet, dass die Werke etwas ängstlich sind und sich nicht gerne über neue Konstruktionen aussprechen. Wir haben aber immer wieder die hocherfreuliche Erfahrung machen können, dass unsere Werksleute Pioniergeist besitzen, der soweit geht, dass die Fabrikanten oft unter einem eigentlichen Entwicklungzwang stehen. Ich möchte betonen, dass wir nur dank dieser weit-sichtigen Einstellung der Werke Fortschritte machen können. Wenn die Werksvertreter daneben noch eine kritische Einstellung haben, so ist dies nicht zu bedauern; oft ergibt sich aus dieser Einstellung wieder ein Fortschritt, oft einer in anderer Richtung, und wenn die Betriebsleiter bisweilen sehr kritisch sind, so ist auch das zu begreifen, denn sie waren bei den Entwicklungsarbeiten manchmal die Leidtragenden.

Die heutige Tagung war ausserordentlich interessant; wir haben die verschiedensten Meinungen über dasselbe Thema gehört, alle getragen vom Streben nach guten Lösungen. Wenn wir gegensätzliche Auffassungen hören, so muss der Gegner geachtet und seine Argumente gewertet werden. Unsere Diskussionsversammlungen sind zur Abklärung solcher Fragen da. Die Tagung war nicht nur für die Fabrikanten, sondern auch für die Werke interessant. Es gibt überall Schwierigkeiten, die verstanden, überbrückt, abgeklärt und wenn möglich aus der Welt geschafft werden müssen. Den Propheten zu spielen, ist meistens undankbar; ich glaube aber sagen zu dürfen, dass die Schalterfrage auf dem besten Wege einer zweckmässigen Lösung ist.

Allen, die zum Gelingen der heutigen Tagung beigetragen haben, danke ich herzlich.