

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 16 (1925)
Heft: 2

Artikel: Konstruktive Grundlagen für Oelschalter nach den heutigen Erfahrungen
Autor: Heusser, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1059221>

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: 06.06.2025

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

Ein ähnliches Vorgehen bei uns wie in Amerika wäre erwünscht und müsste im gegenwärtigen Zeitpunkt sehr fruchtbringend wirken. Es ist nur möglich durch Zusammenarbeit der Kraftwerke mit den Konstruktionsfirmen, wobei übrigens das Interesse am Zustandekommen viel mehr auf Seite der erstern liegt, denn sie sind es, welche die vorhandenen Mängel verspüren und welche die wirtschaftlichen und betriebstechnischen Vorteile der erreichten Verbesserungen genießen.

Konstruktive Grundlagen für Oelschalter nach den heutigen Erfahrungen.

Von Dir. E. Heusser, Aarau.

Der Autor gibt nachstehend den ersten Teil eines Referates, das er an der Diskussionsversammlung des S.E.V. vom 3. April 1925 in Zürich¹⁾ halten wird, bekannt. Dieser Teil befasst sich mit den allgemeinen, konstruktiven Grundlagen des Oelschalterbaues. Im zweiten Teil des Vortrages werden Konstruktionen anhand von Lichtbildern verschiedener Firmen des In- und Auslandes gezeigt werden.

¹⁾ Einladung siehe Seite 111 der vorliegenden Nummer des Bulletin.

Voici la première partie d'une conférence qui sera donnée à l'assemblée de discussion de l'A.S.E., le 3 avril 1925, à Zurich¹⁾. L'auteur y expose les principes fondamentaux de la construction des interrupteurs à huile. La seconde partie de sa conférence, consacrée aux types de construction en usage dans les maisons suisses et étrangères, sera illustrée par des projections lumineuses.

¹⁾ Invitation voir page 111 du présent numéro du Bulletin.

Die Kommission des S.E.V. und V.S.E. für Ueberstromschutz hat es für wünschenswert gehalten, als Abschluss ihrer letztjährigen Arbeiten Ihnen über den gegenwärtigen Stand der den Praktiker interessierenden Oelschalterfragen einmal in mehr wissenschaftlicher Weise, anderseits aber auch über die konstruktiv praktischen Punkte zu referieren und Sie zur Diskussion einzuladen.

Richtlinien über die Konstruktion von Oelschaltern sind seit einer Reihe von Jahren bekannt, ich erwähne nur diejenigen des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (V.D.E.), die neueren des American Institute of Electrical Engineers (A.I.E.E.) und diejenigen der British Engineering Standards Association, die erst im August 1923 herausgegeben wurden und zwischen den ursprünglichen deutschen Richtlinien und den amerikanischen Standards etwa die Mitte einhalten. Es wurde s. Zt., als der Bau von Oelschaltern noch wenig von den praktischen Erfahrungen mit grossen Abschaltleistungen profitieren konnte, mit wesentlich zu kleinen Dimensionen der Oelschalter und ungeeigneten konstruktiven Mitteln zur Bewältigung der Erscheinungen beim Abschalten gearbeitet, so dass es als ein Fortschritt betrachtet werden musste, als der V.D.E. Konstruktionsserien festlegte mit gegebenen Isolationsabständen in Luft und in Oel, unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer Reihe von Grundsätzen, welche die Abschaltfähigkeit eines Oelschalters beeinflussen. Seit dieser Zeit sind eine Reihe von konstruktiven Verbesserungen bekannt geworden, welche gezeigt haben, dass die Einhaltung der damals festgelegten Richtlinien des V.D.E. nicht massgebend ist, um darnach Oelschalter grosser Abschaltleistungen zu bauen. Sie erinnern sich an die Versuche wissenschaftlicher Natur, die der S.E.V. vor einigen Jahren durchzuführen unternahm unter der Leitung des Herrn Dr. Bruno Bauer. Diesen Versuchen sind in ähnlich gründlicher Bearbeitung meines Wissens keine andern gefolgt, dagegen haben seither grosszügig angelegte Abschaltversuche mit Leistungen von hunderttausenden von kW wertvolle Aufklärungen gebracht und einzelne Grossfirmen haben mit speziell gebauten Generatoren, denen grosse initiale Kurzschlussströme zu entnehmen waren, die Abschalterscheinungen weiter verfolgt. Ich nenne von den ersteren besonders die Versuche in Baltimore, die in Fachzeitschriften, vor allem dem Journal A. I. E. E., eingehend beschrieben wurden und ferner diejenigen, welche die Alabama Power Co. letztes Jahr durchführte in ihrer Unterstation

Bessemer, worüber ebenfalls eingehend rapportiert wurde im Journal A. I. E. E. vom Mai des vergangenen Jahres. Ueber die Versuche, welche durch Grossfirmen durchgeführt wurden, ist weniger positives Material an die Oeffentlichkeit gelangt. Auch in der Schweiz haben sich die Konstrukteure seit längerer Zeit der Hoffnung hingegeben, mit den Gross-Elektrizitätswerken zusammen solche Abschaltversuche durchführen zu können, welche sicherlich von nicht übersehbarem beidseitigem Nutzen sein könnten. Leider ist es hier immer noch beim Wunsche geblieben. Alle diese praktischen Versuche im Grossen haben zur Ueberzeugung geführt, dass auf rein wissenschaftlichem Wege und mit Laboratoriumsversuchen, selbst wenn diese auf einige 1000 kW Abschaltleistung gehen, ein abschliessendes Bild über alle Vorgänge während der Abschaltung nicht gewonnen werden kann und dass es auch nicht möglich scheint, Verschiedenheiten der Konstruktion nach ihren Vorzügen und Nachteilen genügend zu überprüfen. Die Kompliziertheit der Erscheinungen des Abschaltvorganges mit praktischen Höchstleistungen und mit den angeschlossenen Maschinen, Transformatoren und Uebertragungsleitungen, macht es verständlich, dass für die rein analytisch mathematische Untersuchungsmethode das Risiko zu Trugschlüssen ganz besonders gross sein muss, weil Nebenerscheinungen, welche bei kleiner Abschaltleistung praktisch nicht zum Ausdruck kommen, bei sehr grossen Leistungen eine entscheidende Rolle spielen können und es daher schwierig ist, solche Nebenerscheinungen für die mathematisch-physikalische Untersuchung von Anfang an richtig einzuschätzen. In diesem Zusammenhang sei nur an die seitherige Entwicklung der Schalter mit Expansionskammern (Löschzylinder) erinnert, welche s. Zt. ebenfalls im Prüfprogramm des S. E. V. eingeschlossen waren. Die diesbezüglichen Versuche wurden unter dem Gesichtspunkte des Abschaltens unter Druck, d. h. mit gesteigertem hydrostatischem Druck durchgeführt und haben einwandfreie negative Resultate gezeitigt, währenddem die Erscheinungen beim Abschalten mit Löschkammern.

Bei den Versuchen in Baltimore zeigte sich eigentlich zum erstenmal die ungenügende Kurzschlussfestigkeit der geprüften Apparate bei Strömen von einigen 10000 Ampere, d. h. Werten, die in 11000 Volt-Anlagen an den Maschinensammelschienen grosser Zentralen sehr leicht auftreten können. Dabei sind gerade diese Phänomene der Rechnung sehr leicht zugänglich.

Explosionen sogenannter druckfester Oelschalter, welche in der deutschen Fachpresse behandelt wurden, weisen auf die Gefahr hin, welche der Einbau von Stufenwiderständen mit sich bringt. Im früheren Bericht des S. E. V. wurde sehr grosser Wert auf die Verwendung von Löschwiderständen, mittelst denen die Abschaltung in mehreren Stufen erfolgen kann, gelegt. Ausser in der Schweiz sind solche Schaltwiderstände inzwischen in der Praxis nicht weiter ausprobiert worden.

Von den Betriebsbeanspruchungen von Oelschaltern sind der Berechnung auch heute noch nur diejenigen Faktoren zugänglich, die einwandfrei im Versuchsfeld überprüft werden können und das sind:

1. Isolation.

- a) Dielektrische Festigkeit der Durchführungsisolatoren und isolierenden Konstruktionsteile.
- b) Isolationsabstände in Luft und Oel.
- c) Kapazitive Spannungsverteilung der Schalterelektroden gegenüber Erde.

2. Stromführung.

- a) Erwärmung der Kontakte und Stromleiter durch den Betriebsstrom und allfällig durch induzierte Wirbelströme im benachbarten Eisen.
- b) Mechanische Beanspruchung der Stromleiter durch Kurzschlusskräfte, Rückwirkung auf den Schaltmechanismus beim Ein- und Ausschalten.

Von den übrigen Beanspruchungen lässt sich nur noch die Druckfestigkeit des Schalterdeckels und Oelkessels rechnerisch verfolgen und einfach experimentell nachweisen durch Abpressung oder durch gewollte Entzündung der explosibelsten Mischung von Luft und Schaltölgasen im Raum zwischen Oelspiegel und Gehäusedeckel; doch gehört die Vermeidung solcher Explosionen noch mehr zu den Konstruktionspflichten als die Massnahmen zur Unschädlichmachung.

Lassen wir die der Berechnung zugänglichen Konstruktionsfaktoren weg, so bleiben die Gesichtspunkte zu besprechen, welche nach heutiger Auffassung die Abschaltfähigkeit bzw. die Beanspruchungen des Schalters während der Abschaltung beeinflussen, worüber zusammenfassend folgendes über die heutigen Anschauungen gesagt werden kann.

1. *Die Unterbrechungsdistanz* ist in erster Linie massgebend für richtiges Abschalten. Sie ist eine geradlinige Funktion der Betriebs- resp. Lichtbogenrückzündspannung und wächst mit dem Abschaltstrom. Hohe transiente Zündspannung verzögert, das Eigenmagnetfeld hoher Ströme beschleunigt die Löschung.

2. *Die Schaltgeschwindigkeit* beeinflusst die Abschaltfähigkeit praktisch nur bis zu einem kritischen Geschwindigkeitswert, worauf schon im Bericht des Herrn Dr. Bauer hingewiesen wurde. Abhängig davon ist auch die Lichtbogendauer und damit die Erzeugung von Oelgasen, der Oelverschleiss und der Kontaktabbrand. Die Schaltgeschwindigkeit kann durch magnetische Kraftrückwirkungen auf den bewegten Schalterteil stark beeinflusst werden.

3. *Die Anzahl Unterbrechungen* pro Phase ist vorerst als Faktor von Abschaltweg und Abschaltgeschwindigkeit zu beurteilen. Die Anwendung vieler Unterbrechungen erleichtert die Erreichung hoher Schaltgeschwindigkeit, verstärkt die magnetische Löschwirkung des Stromfeldes, vermeidet lange zusammenhängende Lichtbogen und verhindert erratisches Seitwärtsabwandern derselben. Die Abschaltgase werden besser im Raum verteilt und gekühlt.

4. *Die Unterbrechung in Expansionskammern* (Löschkammern) befördert das rasche Löschen des Lichtbogens durch mechanische Störung der Aus- und Neubildung des Lichtbogens und beschleunigt bei entsprechend grossen Ausschaltleistungen das Abschalten. Sie entlastet den Oelkessel durch Abflachen der Druckwelle bei Entstehung des Lichtbogens.

5. *Die Oelhöhe über der Unterbrechungsstelle* ist massgebend für den Widerstand gegen das Abwerfen eines Oelkegels durch die Explosionswirkung der expandierenden Lichtbogengase und damit für die Entstehung von Schaltgasexplosionen im Raum über dem Oelspiegel. Mit wachsender Oelhöhe steigt auch die Druckbeanspruchung des Oelkessels.

6. *Dielektrische Festigkeit, Viskosität* und Flammpunkt des Schalteröls beeinflussen die Abschaltfähigkeit zufolge ihrer Rückwirkung auf Isolation der Schaltstrecke, der Schaltgeschwindigkeit und der Gaserzeugung.

Lassen Sie mich noch kurz die Faktoren nennen, welche zwar nicht direkt auf die Abschaltfähigkeit bestimmend wirken, aber in ihrem Einfluss doch zur Verbesserung der Betriebseigenschaften beitragen.

Die Kontaktkühlung bestimmt bei Schaltern für hohe Abschaltströme den Kontaktverschleiss bei gegebener Lichtbogendauer und damit die Anzahl von Kurzschlussabschaltungen innert einer Revisionsperiode.

Da während der kurzen Dauer des Abschaltvorganges die Wärmeabgabe an das umgebende Oel nicht in Betracht kommt, so muss der Lichtbogenkrater durch kühlende Metallmassen von hoher Wärmeleitfähigkeit und beträchtlichem Speichervermögen umgeben werden.

Der Form nach werden Bürsten nur für Hauptkontakte; Schleiffinger, stumpf pressende Zylinder- und Kugelkontakte für Haupt- und Hilfskontakte verwendet. Die Bürstenkontakte sind empfindlich für Ueberschalten der Einschaltstellung. Konstruktiv müssen die Wirkungen der Kurzschlusskräfte Berücksichtigung finden.

Die Oelkessel werden den auftretenden Druckbeanspruchungen nach Form, Wandstärke und Material angepasst, wobei die runde Form naturgemäss in den Vordergrund rückt. Im Zusammenhang damit steht die Art der Verschraubung von Oelkessel und Schalterdeckel.

Die isolierende Auskleidung der Oelkessel wird nicht von allen Konstrukteuren als nötig erachtet.

Der Explosionsgefahr von Oelschaltern, welche immer eine Entzündung des Oelgasluftgemisches im Raum zwischen Oelspiegel und Schalterdeckel voraussetzt, wird zu begegnen gesucht:

- a) offensiv: durch Ventilation des genannten Raumes,
- b) defensiv: durch druckfeste Bauart von Kessel und Schalterdeckel bis zu 12 Atm. und mehr, was zu Stahlgussgehäusen und grossen Blechstärken für die Oelkessel führt.

Die Verhinderung des Oelauswurfs steht damit in engstem Zusammenhang, weil die Art der Ventilation im Falle von Gasexplosionen den Druckausgleich und damit die Druckbeanspruchung des Schalters beeinflusst.

Die praktische Bedeutung dieser Fragen hängt wesentlich ab von der Grösse des Schalters und seiner Aufstellung, ob in Gebäuden oder im Freien.

Damit glaube ich die beachtenswertesten Faktoren besprochen zu haben, nach denen die heutigen Oelschalter zu beurteilen sind. Sie sind in ihrer Gesamtheit auf das Funktionieren des Schalters im Betrieb massgebend und müssen gewertet werden nach den praktischen Erfahrungen und an Hand von auch bei uns wünschbaren Abschaltversuchen mit Höchstleistungen, zu deren Ermöglichung ich im Namen der Kommission für Oelschalterfragen an unsere grossen Elektrizitätswerke einen warmen Appell richten möchte.



Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Aus den Geschäftsberichten bedeutenderer schweiz. Elektrizitätswerke.

Geschäftsbericht der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich vom 1. Juli 1923 bis 30. Juni 1924. Das Unternehmen hat sich in befriedigender Weise entwickelt und es konnte der Energieumsatz von 127 auf 144,5 Millionen kWh erhöht werden. Von der Differenz entfallen allerdings ein Drittel auf temporäre nicht konstant zu liefernde Energie.

Neu installiert wurden:
17 550 Lampen,
919 Motore,
1461 Wärmeapparate.

Der Anschlusswert hat sich dementsprechend gehoben:

von 32 940 auf 34 924 kW für Beleuchtungszwecke,
„ 103 666 auf 111 528 kW für motorische Zwecke,
„ 70 882 auf 80 215 kW für Wärmezwecke.

Im Ganzen also von 207 488 auf 226 667 kW. Die momentane Höchstleistung betrug 39 200 kW gegenüber 34 600 kW im Vorjahre.

Von der Beteiligung bei den N. O. K. (10,29 Mill.) abgesehen, betrugen:

	Fr.	Vorjahr Fr.
die Betriebseinnahmen .	10 921 319	9 884 030
die Betriebsausgaben (inklusive Zinsen des nicht in N. O. K.-Aktien investierten Kapitals) .	9 045 257	8 066 320

Die Differenz ist zu Abschreibungen aller Art und zur Einlage in den Reserve- und Erneuerungsfonds verwendet worden.

Die den E. K. Z. eigenen Stromerzeugungsanlagen und die gesamten Verteilanlagen stehen mit Fr. 22 960 282.— zu Buche.

Gesuch für Stromausfuhr an den schweiz. Bundesrat.

Die „Officine elettriche Ticinesi“ (Ofelti) stellen das Gesuch um Abänderung und Zusammenlegung der Bewilligungen No. 50 und 69 in eine einheitliche, bis 15. Oktober 1938 gültige Ausfuhrbewilligung¹⁾:

Auszuführende Leistung, an der Grenze bei Ponte Tresa gemessen: max. 20 000 Kilowatt (bisher 13 000 Kilowatt). Täglich auszuführende Energiemenge: max. 400 000 (bisher 312 000 Kilowattstunden).

Die auszuführende Energie stammt aus den Werken Biaschina bei Bodio und Tremorgio bei Rodi. Sie soll teils durch die bestehende und verstärkte Leitung Bodio-Ponte Tresa, teils durch eine neu erstellte Leitung Rodi-Bodio-Ponte Tresa der Grenze zugeführt werden.

Die vermehrte Energieausfuhr soll unmittelbar nach Erteilung der Bewilligung beginnen und an die Lombardia und die Sip-Breda erfolgen. Die Varesina soll als Abnehmer nicht mehr in Betracht

¹⁾ Siehe Bundesblatt 1925, No. 1, Seite 101.