

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 33 (1942)
Heft: 16

Artikel: Einiges aus der spanischen Überspannungsableiterpraxis
Autor: Guhl, W.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1056690>

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: 18.01.2025

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

Einiges aus der spanischen Ueberspannungsableiterpraxis

Von W. Guhl, Madrid

631.316.933(16)

Der in Spanien etwa seit Mitte der zwanziger Jahre in ständig wachsendem Umfange durchgeführte Einbau von neuzeitlichen Ueberspannungsableitern hat sich durchaus bewährt und die an diesen Schutz gestellten Forderungen weitgehend erfüllt. Die im Laufe der Jahre von Fabrikanten, Betriebsleitern und Verkaufingenieuren gemachten Erfahrungen haben dazu beigetragen, Ueberspannungsstörungen an den Ableitern selbst und an den von ihnen geschützten Apparaten zu seltenen Ausnahmesecheinungen zu gestalten. Unter den gegenwärtigen Verhältnissen mit den ausserordentlichen Schwierigkeiten für Materialbeschaffung und Ueberlastung der bestehenden Kraftwerke und Unterwerke wird dem wirksamen Ueberspannungsschutz auch hier eine noch grössere Bedeutung zugemessen als in normalen Zeiten.

Der Autor hat seine Erfahrungen hauptsächlich mit amerikanischem Material gemacht, so dass die Leistungen der europäischen Industrie auf diesem Gebiet nicht zur Geltung kommen. Unsern Lesern sind jedoch diese Leistungen bekannt. Man wird dem vorliegenden Aufsatz hauptsächlich die interessanten spanischen Betriebserfahrungen entnehmen.

(Red.)

Die im Bulletin 1941, Nr. 25, veröffentlichten Kurzvorträge über Ueberspannungsableiter zeigen, dass auf dem ausserordentlich interessanten Gebiet des Schutzes elektrischer Anlagen gegen atmosphärische Ueberspannungen neuerdings in der Schweiz ganz bedeutende Fortschritte gemacht wurden, die den schweizerischen Ueberspannungsableiterbau mit in die vorderste Front der Entwicklung bringen. Dieser Erfolg dürfte nicht zuletzt auf die seit 1926 auf Initiative des SEV, jetzt von der FKH (Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen) durchgeführte Forschungsarbeit zurückzuführen sein. Es mag daher angezeigt sein, die lehrreichen Vorträge aus Hersteller- und Verbraucherkreisen mit einigen Angaben zu ergänzen, wie in andern Ländern zu dieser Frage Stellung genommen wurde.

Spanien war von jeher ein grosser Abnehmer von amerikanischem Elektromaterial. Darin mag auch der Hauptgrund liegen, dass hier mit dem Einbau von Ueberspannungsableitern in einem Zeitpunkt begonnen wurde, als man in den meisten übrigen europäischen Ländern dem Einbau solcher Apparate skeptisch gegenüberstand. Abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen lehnt sich die bisherige spanische Ueberspannungsableiterpraxis vollständig an die amerikanische Entwicklung dieses Sondergebietes an¹⁾.

Es möge daher vorerst mit ein paar Worten an denjenigen Teil der Pionierarbeit erinnert werden, die die Forscher und Techniker der neuen Welt geleistet haben.

1. Geschichtliches aus der Entwicklung der modernen Ueberspannungsableiter

Bekanntlich wurde schon in den ersten Phasen der elektrischen Energieübertragung erkannt, dass

¹⁾ Sowohl in USA als auch in Europa entstanden Ueberspannungsableiter auf solider Basis erst von dem Augenblick an — etwa 1928 — als die Entwicklung des Kathodenstrahl-oszillographen, die in Europa (Dufour) begann, die messtechnische Erfassung der Ueberspannungserscheinungen gestattete. Die vor etwa 1930 aus USA gekommenen Ueberspannungsableiter erwiesen sich in der Schweiz als wertlos. Red.

L'installation de parafoudres modernes dans les réseaux espagnols a commencé vers 1925. Ces dispositifs ont fort bien rempli leur rôle. Grâce à l'expérience des fabricants, des chefs d'exploitation et des ingénieurs des départements de vente, les avaries dues à des surtensions sont devenues de plus en plus rares, aussi bien dans les parafoudres que dans les appareils qu'ils doivent protéger. Vu les très grandes difficultés à se procurer du matériel et la surcharge actuelle des usines et des sous-stations, une protection efficace contre les surtensions a également acquis en Espagne une importance bien plus grande qu'en temps normaux.

Les expériences de l'auteur reposent principalement sur du matériel américain, de sorte que les résultats obtenus avec des dispositifs européens — que nos lecteurs connaissent d'ailleurs bien — passent en second plan. Cet article est donc surtout intéressant par les renseignements qu'il fournit sur les expériences d'exploitation des réseaux espagnols. Réd.

die Gewitter ein grosser Feind der Betriebssicherheit sind. Als Folge davon wurde denn auch während vieler Jahrzehnte mit unzähligen Mitteln versucht, die durch atmosphärische Entladungen erzeugten Ueberspannungen unschädlich zu machen. Da es sich aber bis etwa Anfangs der Zwanzigerjahre um die Bekämpfung einer Erscheinung handelte, die man nicht genau kannte, mussten praktisch alle Abwehrmassnahmen unzulänglich sein.

Ein Wendepunkt in der Entwicklung der Schutzapparate wurde durch den für die Elektrotechnik so bedeutsamen Blitzeinschlag in das Wochenendhäuschen von Steinmetz am Mohawk River hervorgerufen. Dieses Naturereignis, das an der Ruhstätte dieses genialen Mathematikers und Physikers so eigenartige Spuren zurückliess, konnte nicht ohne Folgen bleiben. In der Tat ging Steinmetz sofort an die Arbeit, in den Laboratorien der General Electric Company eine Einrichtung für die Erzeugung von künstlichen Blitzen zu bauen. Auf diese Weise entstand 1922 der erste Sprungwellengenerator von anfänglich bescheidener Grösse (120 000 V und 10 000 A), der aber in rascher Entwicklung zu den gewaltigen Ausmassen der an der New Yorker Weltausstellung 1939 vorgeführten künstlichen Blitzanlage (10 000 000 V) anwuchs.

Mit diesen Stossgeneratoren und den Hand in Hand damit weiterentwickelten Dufourschen Kathodenstrahl-oszillographen wurden den Konstrukteuren erst die nötigen Werkzeuge gegeben, um geeignete, auf wissenschaftlicher Basis stehende Ueberspannungsschutzapparate zu bauen.

Technische Entwicklung der modernen Ueberspannungsableiter

Nachdem einmal mit den vorhin erwähnten technischen Hilfsmitteln, Sprungwellengenerator und Kathodenstrahl-oszillograph und natürlich auch den speziellen photographischen Aufnahmeapparaten, das Wesen der atmosphärischen Ueberspannungen als elektromagnetische Wellen erkannt wurde und deren Grösse, Form und Dauer erforscht werden konnten, war es naheliegend, für einen vollkom-

menen Ueberspannungsableiter eine Art Pflichtenheft aufzustellen. Die Konstrukteure stellten sich also vorerst die Frage: Was muss von einem idealen Ueberspannungsableiter verlangt werden?

1. Er muss alle an seine Einbaustelle gelangenden Ueberspannungen auf einen für die Isolation der von ihm geschützten Apparate ungefährlichen und zum vornherein bestimm- baren Wert herabsetzen.

2. Sobald die Ueberspannung nicht mehr existiert, muss der Ableiter dafür sorgen, dass kein 50-Hertz-Netzstrom nachfliessen kann.

Die Schwierigkeit der Erfüllung dieser Hauptbedingungen wird erst recht erkannt, wenn man bedenkt, dass sich die Ueberspannungerscheinungen in den nicht mehr vorstellbar kurzen Zeitabschnitten von etwa 1 bis 100 μ s abspielen.

Die wichtigsten Ueberlegungen, die zur Erfüllung der obigen Forderungen gemacht wurden, sind bereits in der Artikelserie im Bulletin SEV 1941, Nr. 25, beschrieben worden²⁾. Es sei hier nur noch einmal hervorgehoben, dass für die Einhaltung der ersten Bedingung ein Material gefunden werden musste, das die eigenartige Eigenschaft haben soll, sich unter niedrigen Spannungen als ein Isolator und unter hohen Spannungen als ein guter Leiter zu verhalten. Ein Blick in die Kataloge der zahlreichen Ueberspannungsableiter-Fabrikanten zeigt, mit welch riesigen Mitteln und Anstrengungen die Forschung nach diesem Wundermaterial während vieler Jahre durchgeführt wurde. Chemische Veränderungen von gewissen Materialien (Bleioxyden) sind als trägheitslose Ventilelemente für die modernen Ueberspannungsableiter meist mit gutem Erfolg verwendet worden. In den letzten Jahren scheint aber doch das keramische, spannungsabhängige Material die übrigen, zum mindesten den theoretischen Berechnungen weniger zugänglichen Materialien mehr und mehr zu verdrängen.

Für die Erfüllung der zweiten Bedingung spielt die Funkenstrecke die wichtigste Rolle. Obschon es sich hier scheinbar um ein einfaches Element handelt, finden wir doch die verschiedensten Lösungen, von einfachen Kugelfunkenstrecken bis zu komplizierten, gesteuerten Löschkunkenstrecken. Eine interessante Sonderstellung nimmt der aus einzelnen 11,5-kV-Elementen zusammengesetzte General Electric «Thyrite» Ableiter ein. Die Mehrfachfunkenstrecken liegen parallel zu spannungsabhängigen Thyriteringen. Diese Lösung gestattet einen ständigen Stromdurchgang von einigen Milliampere und sichert damit auch bei den Ableitern der höchsten Betriebsspannungen eine gleichmässige Spannungsverteilung.

2. Einführung der Ueberspannungsableiter in Spanien

Wohl auf keinem Gebiet ist der gute Glaube des Kunden so oft enttäuscht worden, wie bei den Ueberspannungsableitern. Ein Durchblättern der Listen der Elektrofir- men aller Länder beweist, welche Unmenge von Schutzapparaten im Laufe

²⁾ Vgl. auch die Leitsätze des SEV für Ueberspannungsableiter. Bulletin SEV 1942, Nr. 10, S. 292.

der Jahre angepriesen und verkauft wurden. Bei weitaus den meisten dieser Ableiter hat es sich dann früher oder später herausgestellt, dass sie die an sie gestellten Forderungen in keiner Weise erfüllten. Aus diesem Grunde war es auch hier in Spanien keine leichte Arbeit, gegen das durch zahlreiche Versager hervorgerufene, tief eingewurzelte Misstrauen der Betriebsleiter aufzukommen. Immerhin, die zähe, meistens persönliche Einführungsarbeit mit Vorführung und Erklärung von Oszillogrammen, Vorlage von seriösen Gewitterforschungsarbeiten und nicht zuletzt auch von Schnittmodellen von modernen Ableitern veranlasste schon frühzeitig einige fortschrittliche Gesellschaften zum versuchsweisen Einbau der neuen Ueberspannungsableiter.

Obschon für diese ersten neuzeitlichen Ueberspannungsschutzanlagen noch keinerlei Kontrollmöglichkeiten bestanden (Ansprechzähler und Magnetstäbchenkontrolle erschienen erst viel später auf dem Markte), wurde doch recht bald anhand von Störungsstatistiken festgestellt, dass es sich bei den nach neuen Gesichtspunkten konstruierten Ueberspannungsableitern mit spannungsabhängigen Widerständen um Apparate handelte, die eine weitgehende Schutzwirkung sicherten. Als Folge dieser guten Erfahrungen wird in Spanien seit etwa 15 Jahren die Nützlichkeit und Zweckmässigkeit der Ueberspannungsableiter allgemein anerkannt. Der Einbau von vorwiegend amerikanischen Ueberspannungsableitern für Nennspannungen von einigen 100 V bis 138 000 V und von kleinen bis zu grössten Ableitvermögen hat sich seither sprunghaft vermehrt. Die meisten hiesigen Energieerzeugungs- und Verteil-Gesellschaften schützen nun seit Jahren nicht nur ihre eigenen Werke und Unterwerke, sondern viele von ihnen stellen auch an ihre Energiebezüger die Forderung, dass alle an ihre Netze angeschlossenen Anlagen mit guten Ueberspannungsableitern versehen werden müssen. Ein Beweis für die weitgehende Verwendung von Ueberspannungsableitern in Spanien dürfte daraus hervorgehen, dass in den Jahren 1930...1936 allein für rund 2 Millionen Peseten General Electric-Pellet- und Thyriteableiter abgesetzt wurden. Seit Ausbruch des Bürgerkrieges ist infolge Einfuhrerschwerungen der Neueinbau von Ueberspannungsableitern praktisch auf Null zurückgegangen. Als Folge davon einerseits und durch die ausserordentlich starke Vermehrung von Unterwerken andererseits, herrscht nun eine gewaltige Nachfrage nach wirklich tauglichen Ueberspannungsschutzapparaten.

3. Erfahrungen mit Ueberspannungsableitern

Bekanntlich fehlten bis etwa 1935 einfache Kontrollmöglichkeiten für die Ueberwachung der Ueberspannungsableiter. Die Erfahrungen beschränkten sich somit auf die Feststellung von Störungen an den Ueberspannungsableitern selbst, Störungen in den durch die Ableiter geschützten Anlagen und in Vergleichen der Störungsstatistiken vor und nach dem Einbau der Schutzapparate.

Von wenigen Ausnahmen abgesehen, und über die weiter unten noch berichtet werden soll, haben die modernen Ueberspannungsableiter die in sie gesetzten Erwartungen auch in Spanien erfüllt. Störungsrückgänge in Verteilanlagen von 5 auf 1%, die in vielen amerikanischen Netzen durch den Einbau von neuen Ueberspannungsableitern erzielt wurden, konnten auch hier festgestellt werden. Als weitere Beispiele für die gute Schutzwirkung neuerzeitlicher Ueberspannungsableiter sei folgendes erwähnt: In sämtlichen 17 Umformerwerken der elektrifizierten spanischen Normalbahnen sind seit ihrem Bestehen weder Störungen an den 30-kV-Ableitern selbst, noch an irgendwelchen Stations teilen beobachtet worden, die auf Ueberspannungen durch atmosphärische Entladungen zurückgeführt werden könnten. Dabei muss noch besonders erwähnt werden, dass fast alle diese Umformerwerke in gebirgigen und von häufigen Gewitterzügen heimgesuchten Gegenden liegen. Die gleichen ausgezeichneten Erfahrungen wurden mit den mit 138 000-V-Thyriteableitern geschützten Anlagen der Salto del Duero gemacht. Der überzeugendste Beweis für den guten Ruf, den die modernen Ueberspannungsableiter in Spanien erlangt haben, dürfte darin zu sehen sein, dass eine der wichtigsten hiesigen Produktions- und Verteilungs-Gesellschaften im Laufe der Jahre mehrere tausend solcher Schutzapparate aller Spannungen eingebaut hat.

Nachdem etwa 1935 die AEG ihren Ansprechzähler (von Toepler) und die General Electric ihr billiges und einfach zu handhabendes, auf deutsche Arbeiten (Toepler und Matthias) zurückgehendes «Surge Crest Ammeter» (ein kleines Instrument, das erlaubt, mit Hilfe von leicht zu magnetisierenden Eisenstäbchen festzustellen, ob eine Entladung stattfand und welcher Grössenordnung und Polarität dieselbe war) auf den Markt brachten, erklärten sich eine ganze Anzahl spanischer Elektrizitätswerke bereit, die Ansprechhäufigkeit ihrer Ableiter festzustellen und eine gründlichere Gewitterbeobachtung in ihren Arbeitsgebieten durchzuführen. Leider sind diese interessanten Arbeiten durch den Ausbruch des Bürgerkrieges in ihren ersten Anfängen unterbrochen und bis heute nicht wieder aufgenommen worden.

4. Verwendete Ableitertypen

Für die Wahl der Ableitertypen müssen eine ganze Anzahl technische und wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt werden. Es muss dabei immer wieder betont werden, dass es sich um den Schutz gegen die Folgen einer Naturerscheinung handelt, die trotz eifrigsten Forschungsarbeiten in verschiedenen Ländern noch nicht endgültig abgeklärt werden konnte. Immerhin weiss man aber, dass sich die Gewitterentladungen in ausserordentlich weiten Spannungs- und Stromstärke-Grenzen bewegen und dass deren schädliche Auswirkungen zudem noch sehr stark von der Lage der Einschlagstelle abhängig sind. Will man daher das in andern Zweigen der Technik meistens verwendete absolute Sicherheitsprinzip auf die Ueberspannungsableiter

anwenden, so werden teure Schutzapparate erforderlich, die wirtschaftlich nur in Ausnahmefällen tragbar sind.

Die praktischen Amerikaner haben sich dadurch einen Ausweg aus dem Dilemma gesucht, dass sie den Einbau eines Ueberspannungsableiters mit dem Abschluss einer Versicherung vergleichen. Dementsprechend haben sie zwei Typen von Ueberspannungsableitern auf den Markt gebracht: Einen «Distribution Type» und einen «Station Type». Wer eine kleine Anlage schützen will, bezahlt die verhältnismässig niedrige Versicherungs-Prämie für einen «Distribution Type»-Ableiter mit guter Schutzwirkung, die aber immerhin die Möglichkeit zulässt, dass bei den nach aller Wahrscheinlichkeit sehr selten auftretenden, ausserordentlich starken Entladungen der Ableiter selbst zerstört wird. Für den Schutz von grossen und lebenswichtigen Anlagen wird der etwa 3- bis 8mal teurere «Station Type»-Ableiter mit noch besserer Schutzwirkung und bedeutend höherem Ableitvermögen empfohlen. Dieser Ableiter ist so gebaut, dass er in der Lage ist, praktisch alle durch atmosphärische Entladungen entstehende Ueberspannungen abzuleiten, ohne selbst Schaden zu nehmen.

5. Ableiterstörungen

Trotzdem in Spanien seit Jahren viele tausend Ueberspannungsableiter eingebaut sind, ist die Zahl der bisher beobachteten Ableiterstörungen und Ueberspannungsschäden an den von ihnen geschützten Anlagen sehr gering. Zudem konnte in vielen Fällen noch nachgewiesen werden, dass die Schuld der Unregelmässigkeiten nicht den Ableitern selbst, sondern einem oder mehreren der folgenden Fehler zuzuschreiben war.

1. Wahl einer zu kleinen Nennspannung des Ableiters. Dieser Fehler wurde anfänglich bei den hier häufigen 15-kV-Anlagen dadurch gemacht, dass der amerikanische 12- bis 15-kV-Typ anstatt der 15- bis 18-kV-Typ für die erwähnte Spannung verwendet wurde.

2. Bekanntlich ist für die Wahl des Ableitertyps nicht die Spannung zwischen den Leitern, sondern die maximale Betriebsspannung zwischen Leiter und Erde ausschlaggebend. In Netzen, die mit festgeerdetem Nullpunkt arbeiten, kann daher mit einem kleineren und deshalb auch billigeren Ableitertyp eine bessere Schutzwirkung erzielt werden, da auch bei Erdschluss (bis zur Auslösung der Schalter) die am Ableiter bestehende Betriebsspannung die Phasenspannung nicht überschreiten kann. Die amerikanischen Fabrikanten stellen daher zwei Ableiterserien her, eine für Netze mit festgeerdetem Nullpunkt und eine zweite für solche mit isoliertem Nullpunkt. Eine Anzahl Störungen wurden durch Verwechslung oder aus Unkenntnis dieser Verhältnisse verursacht.

3. Eine Anzahl Störungen ist der anormalen Spannungserhöhung bei intermittierenden Erdschlüssen zuzuschreiben.

4. Nur ganz wenige Störungen sind bekannt, die auf direkte Blitzeinschläge zurückgeführt werden müssen.

5. Ueberspannungsschäden an den geschützten Apparaten waren in den meisten Fällen auf schlechte Ableitererden zurückzuführen.

6. Einzelne Ueberspannungsschäden entstanden dadurch, dass aus Sparsamkeitsrücksichten zu wenig Ableiter eingebaut wurden, wodurch die Entfernung von dem zu schützenden Objekt zu gross wurde, oder, dass der Ableiter bei einzelnen Schaltbedingungen gar nicht mehr alle Anlageteile schützen konnte.

Diese meist anfänglich beobachteten Störungen und Schäden wurden aber im Laufe der Zeit durch

sorgfältig ausgearbeitete Kataloge und Einbauvorschriften und ganz besonders durch eine weitgehende Zusammenarbeit zwischen Verkaufingenieur und Betriebsleiter fast vollständig behoben. Eine gründliche Besprechung der Schutzprobleme hat sich hier auch deshalb als fruchtbringend erwiesen, weil sehr oft der Ueberspannungsspezialist dem Kunden noch wertvolle Ratschläge geben kann für die Vervollständigung des Ueberspannungsschutzes

mit Erdseilen, Gegengewichten, Spezialanordnungen mit Kondensatoren für den Schutz von rotierenden Maschinen, Einbau der Ueberspannungsableiter zwischen Hoch- und Niederspannung der Transformatoren (Interconnection), praktischer Zusammenbau von Ableiter und Transformator zu einer Einheit, Koordinierung der Isolation der Freileitung mit der der Unterwerke etc.

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Deutsche Sparmassnahmen im Schaltanlagenbau

621.316.37

Durch eine behördliche Anweisung wurden in Deutschland Sparmassnahmen festgelegt, durch die die Fertigstellung im Bau befindlicher Schaltanlagen für Hoch- und Niederspannung beschleunigt und sowohl Arbeit, als auch Material gespart werden soll. Die Möglichkeit einer vollkommenen Ausstattung und Vervollständigung nach dem Kriege kann erhalten bleiben. Wir geben diese Anweisung im Abdruck aus der Zeitschrift der Vereinigung der Elektrizitätswerke Berlin (Elektrizitätswirtschaft vom 20. Juli 1942) hier wieder; sie enthält vielfache Anregungen, die unsere Leser sicher interessieren werden.

Red.

Der Generalinspektor für Wasser und Energie hat in einer Anordnung vom 1. Juni 1942 festgelegt, dass die als kriegsnotwendig anerkannten Bauvorhaben nur noch in Spar- und Behelfsbauweisen ausgeführt werden sollen (siehe Veröffentlichung in der ETZ vom 2. Juli 1942). In diesem Zusammenhang wurde der Leiter des Hauptringes «Elektrotechnische Erzeugnisse» beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition beauftragt, Anleitungen und Richtlinien für Spar- und Behelfsbauweisen von Anlagen zur Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie auszuarbeiten. Durch die in der untenstehenden Anweisung festgelegten Sparmassnahmen sollen die Fertigstellung im Bau befindlicher Schaltanlagen für Hoch- und Niederspannungen beschleunigt und sowohl Arbeit als auch Material gespart werden. Die Möglichkeit einer vollkommenen Ausstattung und Vervollständigung nach dem Kriege kann erhalten bleiben.

Anweisung

des Leiters des Hauptringes «Elektrotechnische Erzeugnisse» beim Reichsminister für Bewaffnung und Munition über kriegsbedingte Sparmassnahmen im Schaltanlagenbau vom 4. Juni 1942

Zur Vereinfachung der elektrischen Anlagen erlasse ich auf Grund der Ziffer 23 der Geschäftsordnung für Ausschüsse und Ringe vom 20. April 1942 folgende Anweisung:

I.

1. Die Reihenspannung und die Nennstromstärke stromführender Teile sind nicht höher zu wählen als es die tatsächlichen Betriebsverhältnisse erfordern, deren voraussichtliche Entwicklung in den nächsten vier Jahren berücksichtigt werden darf.

2. Das Nennein- und -ausschaltvermögen der Leistungsschalter ist entsprechend der tatsächlich auftretenden Kurzschlussleistung zu wählen. Ihre voraussichtliche Erhöhung in den nächsten vier Jahren darf berücksichtigt werden.

3. Die Kurzschlussleistung der Anlage ist insbesondere bei Anlagen bis 30 kV nach Möglichkeit durch geeignete Massnahmen, wie z. B. Aufteilung des Betriebes, Einbau von Drosselspulen, zu begrenzen. Dies ist bei der Planung zu beachten, da der Aufwand für Schaltanlagen mit steigender Kurzschlussleistung ausserordentlich rasch zunimmt.

4. Schaltwarten sind nur zulässig, wo Uebersicht und Betriebsführung ein Schalten am Aufstellungsort der Geräte nicht zulassen. Wartenzimmer und Schalttafeln können zwar für den vollen Ausbau geplant werden, sind jedoch in kriegsbedingt einfacher Weise und nur in dem jeweils erforderlichen Umfang auszubauen.

5. Fernüberwachungs- und Lastverteileranlagen sind verboten, wenn eine gesicherte Betriebsführung auf einfachere Weise möglich ist.

6. In Innenraumanlagen sind Relaiswarten verboten. Die Relais sind daher zwecks Einsparens von Hilfskabeln in der Nähe der Wandler unterzubringen.

7. Schaltanlagen von 60 kV an aufwärts sind grundsätzlich als Freiluftanlagen in eisensparender Bauweise auszuführen. In Gegenden grosser Luftverschmutzung durch Staub, Asche, Salze und dergleichen, sowie dort, wo luftschutztechnische Gesichtspunkte dagegensprechen, können ausnahmsweise Innenraumanlagen, jedoch in sparsamster Bauausführung errichtet werden.

8. Transformatoren von 5 MVA an aufwärts sind im Freien aufzustellen, soweit nicht eine Luftverschmutzung durch Staub, Asche, Salze und dergleichen ein Gebäude erfordert und der Aufwand durch einen eventuell erforderlichen Splitterschutz für einen zusätzlichen Geländeraum mindestens gleichkommt.

9. Gekapselte Anlagen dürfen nur erstellt werden, wenn die offene Ausführung sich aus betrieblichen Gründen verbietet oder wenn der Gesamtaufwand gegenüber offenen Anlagen geringer ist.

10. Die Zahl der Sammelschienensysteme ist auf das für den jeweiligen Betrieb unbedingt notwendige Mindestmass zu beschränken, wobei auf die Möglichkeit hingewiesen wird, dass weitere Betriebstrennungen durch Längstrennungen in den Sammelschienen und durch entsprechende Gruppierung der Abzweige erreicht werden können.

Spätere Ausbaumöglichkeiten weiterer Sammelschienensysteme können baulich berücksichtigt werden.

11. Flachschiensysteme dürfen nur für die jeweiligen Strombelastungen und dynamischen Beanspruchungen ausgelegt werden, wobei auf ein späteres Hinzufügen weiterer Einzelschienen Rücksicht genommen werden kann. Querschnittsabstufungen in der Schiene sind entsprechend den Belastungsverhältnissen vorzunehmen.

Für grosse Wechselstrombelastungen wird wegen der oft sich ergebenden Materialersparnis auf die Verwendung von U-Profil oder Rohrschienen hingewiesen.

12. Strom- und Spannungswandler sind nur gemäss VDE 0414 zulässig.

13. Mess- und Zählerätze für Kontrollzwecke sind verboten. Platz für den spätern Einbau kann vorgesehen werden.

14. Schreibende Messgeräte, Spannungswandler in den Abzweigen und Mehrkernstromwandler sind weitestgehend einzuschränken.

15. Die Verwendung von Ueberstrom- und Fehlerschutzeinrichtungen sowie von Instrumenten ist während des Krieges weitestgehend einzuschränken. Der hier bisher übliche Ausrüstungsumfang lässt sich in den meisten Fällen mindestens auf die Hälfte beschränken. Hierbei kann die Vervollständigung der Anlage nach dem Kriege berücksichtigt werden.

Das gleiche gilt sinngemäss auch für gekapselte Hoch- und Niederspannungsgeräte und -einrichtungen.

16. Oertlich gesteuerte Kraftantriebe für Trenn- und Leistungsschalter sind nur dort zu verwenden, wo diese Geräte nicht mehr von Hand geschaltet werden können. Trennschalter sind möglichst mit Schaltstange oder ähnlicher ein-