

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
<b>Band:</b>	74 (1983)
<b>Heft:</b>	21
<b>Artikel:</b>	Gasisolierte Schaltanlagen : Bericht über die SEV-Informationstagung vom 13. September 1983 in Zürich
<b>Autor:</b>	Ruoss, E.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-904885">https://doi.org/10.5169/seals-904885</a>

### **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:** 26.01.2026

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

# Gasisolierte Schaltanlagen

Bericht über die SEV-Informationstagung vom 13. September 1983 in Zürich

Heute beträgt der Anteil der gekapselten Bauweise mit SF<sub>6</sub>-Gas als Isolationsmedium weltweit etwa 30% der neuerstellten Schaltanlagen im Spannungsbereich von 72,5 bis 800 kV. Die SEV-Tagung vermittelte einen ausführlichen Überblick sowohl über den Aufbau solcher Schaltanlagen (GIS) wie auch über dazu notwendige Komponenten, deren Prüfung und über Betriebserfahrungen.

Mit den folgenden Ausführungen wird versucht, die wichtigsten Darlegungen zusammenzufassen. Von den sieben Vorträgen befassten sich die ersten beiden mit den Gesamtanlagen, drei weitere mit Komponenten, einer mit der Prüfung und der letzte mit Betriebserfahrungen.

## H. P. Szente-Varga: Aufbau und Auslegung

SF<sub>6</sub>-isierte Schaltanlagen bieten gegenüber konventionellen Ausführungen einige hervorstechende Vorteile. Der Platzbedarf beträgt nur ungefähr einen Zehntel desjenigen einer luftisolierten Anlage, die geerdete Kapselung schützt vor Berührung spannungsführender Teile und vor Beeinträchtigungen von aussen (z.B. Verschmutzung). Mit dieser Bauweise kann auch den weitgehenden Forderungen des Umweltschutzes insbesondere in überbauten Gebieten Rechnung getragen werden.

SF<sub>6</sub>-Gas (Schwefelhexafluorid) hat sich dank der ausgezeichneten Isolationseigenschaften als das beste Medium für gasisolierte Anlagen herauskristallisiert. Das Gas ist farb- und geruchlos, unbrennbar und ungiftig, chemisch stabil und unterliegt keiner Alterung. Zudem eignet es sich auch als ausgezeichnetes Lichtbogen-Löschenmittel im Schalter.

Der Tagungsband mit den ausführlichen Referaten kann beim SEV, Drucksachenverwaltung, zum Preis von Fr. 60.- (plus Versandkosten) bezogen werden.

## Adresse des Autors

E. Ruoss, dipl. El.-Ing. ETHZ, BBC Aktiengesellschaft  
Brown Boveri & Cie, Abt. AT-S, 8050 Zürich.

Die Komponenten der Schaltanlage, wie Sammelschiene, Leistungsschalter, Trenner, Strom- und Spannungswandler, Ableiter usw., werden als modulare Bausteine ausgeführt. Damit lassen sich alle Anlagebauformen platzsparend und den betrieblichen Anforderungen gerechtwerdend aufbauen. Die Figur 1 zeigt das Kuppelfeld einer siebenfeldrigen SF<sub>6</sub>-Anlage mit Doppelsammelschiene und Längstrennung als Beispiel einer ausgeführten Anlage. Es sei noch erwähnt, dass SF<sub>6</sub>-Schaltanlagen Leckverluste von weniger als 1% pro Jahr aufweisen.

Aus der Übersicht der Anwendung von drei- und einphasig gekapselten Anlagen - erstere werden hauptsächlich bis Nennspannungen von 145 kV ausgeführt - seien zwei Beispiele erwähnt. Oft ist nur mit Hilfe der SF<sub>6</sub>-GIS-Technik ein Ausbau von bestehenden luftisolierten Anlagen von z.B. zwei auf drei oder vier Sammelschienen möglich. Solche gemischt luft- und SF<sub>6</sub>-isierte Anlagen, sog. Hybrid-Anlagen, stehen bereits erprobt im Einsatz. Sowohl in

thermischen wie in grossen Wasserkraftwerken eröffnet der Einsatz von SF<sub>6</sub>-Schaltanlagen neue Möglichkeiten in der Konzeption. Ein eindrückliches Beispiel dafür ist die 525-kV Schaltanlage für das Wasserkraftwerk Itaipu in Brasilien, wo die Anlage zwischen Generatorhalle und Staudamm angeordnet wurde. Die Figur 2 zeigt das Schnittbild des Staudamms mit dem Einbauort der Anlage sowie ein Schaltfeld dieser Anlage in 1½-Schalter-Anordnung. Die Gesamtanlage hat 18 Transformatoren und 8 Leitungsanschlüsse. Eine konventionelle Anlage hätte nur in grosser Entfernung am Flussufer aufgebaut werden können und hätte zu erheblichen Mehrkosten geführt.

## G. F. Luxa: Isolationskoordination und Überspannungsschutz

Bei der Dimensionierung einer SF<sub>6</sub>-Anlage ist die Blitzstossbeanspruchung ausschlaggebend. Der Grund dafür liegt einerseits in den geringen Abmessungen und an-

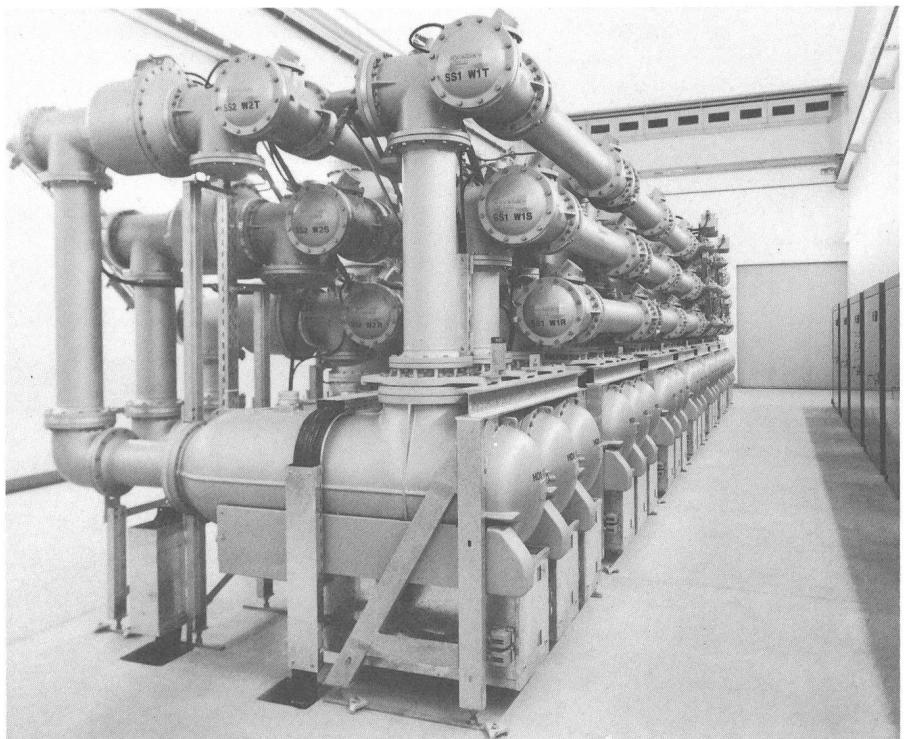
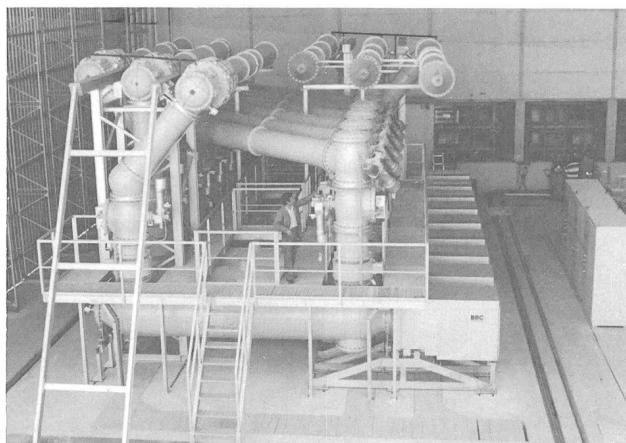


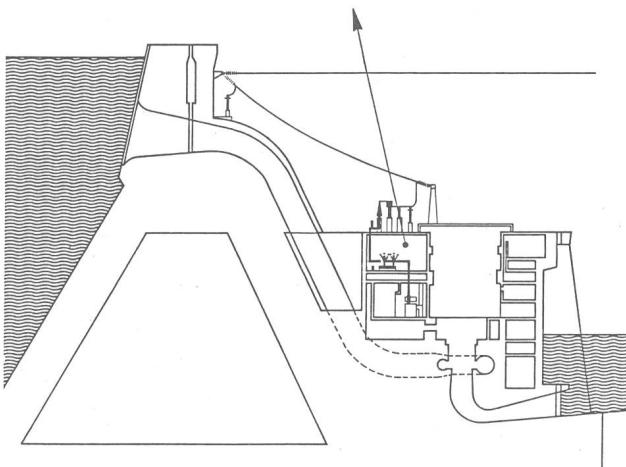
Fig. 1 Blick auf das Kuppelfeld der siebenfeldrigen SF<sub>6</sub>-Anlage mit Doppelsammelschiene und Längstrennung  
170-kV-Anlage B 212 von Sprecher & Schuh im Unterwerk Sihlfeld des EWZ



**Fig. 2**  
**Anordnung und**  
**Schaltfeld einer**  
**525-kV-Schaltanlage**

Kraftwerk Itaipu in  
Brasilien, von Brown  
Boveri

Oben:  
Schaltfeld einer  
1½-Schalter-  
Anordnung  
Unten:  
Einbauort beim  
Staudamm



dieseins insbesondere im flachen Verlauf der Spannungs-Zeit-Charakteristik einer SF<sub>6</sub>-isolierten Anordnung. Die von der Luftisolation bekannte, speziell bei grossen Schlagweiten bei höherer Nennspannung auftretende, niedrigere Haltespannung bei Schaltstossbeanspruchung fehlt bei der SF<sub>6</sub>-Isolation. Mit aufwendigen Versuchen wurden solche Spannungs-Zeit-Kennlinien bestimmt, und es zeigte sich, dass diese bei den unterschiedlichen Spannungssteilheiten sicher oberhalb der geforderten Werte liegen. Die Isolationspegel und die Pegelsicherheiten sind in den international allgemein gültigen Vorschriften festgelegt.

Die Untersuchung bezüglich der Isolationskoordination von SF<sub>6</sub>-Anlagen geschieht heute mittels universellen Rechenprogrammen. Solche Berechnungen beziehen, die Höhe der möglichen Überspannungen zu bestimmen und den Einsatzort von Überspannungsableitern sowie deren Auslegung zu ermitteln. Grundsätzlich sind bei den Überlegungen bezüglich der Überspannungen durch Blitzschläge auch die Konfiguration der Freileitungen, deren Blitzschutz durch Erdseile, die Masterdung usw. miteinzubeziehen.

Überspannungsableiter in gekapselter Bauweise bestehen aus Metalloxyd-Widerständen (ZnO). Diese zeichnen sich durch eine starke Nichtlinearität der Strom-Spannungskennlinie aus. Auf in Serie geschaltete Funkenstrecken kann verzichtet werden.

Die Kenntnis des Verhaltens der Isolation, der auftretenden Überspannungen und der gezielten Anwendung von Schutzmassnahmen führt zu einer hohen Zuverlässigkeit und Sicherheit des Überspannungsschutzes. Dies zeigt die Aussage, dass im Vergleich zur konventionellen Bauweise die Zahl der Lichtbogenfehler aller SF<sub>6</sub>-isolierten Anlagen um mehr als eine Zehnerpotenz kleiner ist und die Ursache der aufgetretenen Fehler in nur etwa 5% in überhöhter Spannungsbeanspruchung zu suchen war.

*K. Ragaller: Leistungsschalter<sup>1)</sup>*

Drei Eigenschaften des SF<sub>6</sub>-Gases machen dieses sozusagen zum idealen Isolier- und Löschgas für Leistungsschalter. Erstens hat es eine sehr hohe Isolationsfestigkeit (etwa Faktor 3 gegenüber Luft bei gleichem Druck). Zweitens ergibt die hohe spezifische Wärme im Temperaturbereich des Ausschaltvorganges eine hohe Stromabschaltfähigkeit. Drittens besitzt das SF<sub>6</sub>-Gas eine niedrige Schallgeschwindigkeit (etwa 1/3 von Luft), was die Anwendung des sog. Blaskolbenprinzips ermöglicht.

Die intensiven Forschungs- und Entwicklungsanstrengungen der letzten Jahre brachten einerseits das notwendige grundlegende Verständnis der Stromunterbre-

chungs-Vorgänge und ermöglichen anderseits eine optimale konstruktive Auslegung der Schalter. Die Tatsache, dass pro MVA Ausschaltleistung eines Kurbelschalters heute nur rund die Hälfte der Antriebsenergie wie vor zehn Jahren aufgewendet werden muss, zeugt davon.

Der Vortrag gab eine sehr gute Übersicht über die heutigen Bauformen der gekapselten Schalter. Für höhere Nennspannungen werden mehrere Unterbrechungsstellen in Serie geschaltet. Drei Perioden Ausschaltzeit ist heute Standard, es kann aber auch die Forderung nach einer Ausschaltzeit von zwei Perioden erfüllt werden. Sowohl Hydraulik- wie Federspeicherantrieb finden Verwendung.

Große Fortschritte sind bei der Reduktion des Wartungsaufwandes zu verzeichnen. Die zulässigen Schaltzahlen bis zu einer Kontaktrevision können in Funktion des Ausschaltstromes angegeben werden. Wenn diese Zahlen nicht erreicht werden, sind lediglich alle fünf Jahre einfache Kontrollen empfohlen.

*Th. Heinemann: Trenner und Erder*

Gekapselte Trenner und Erder unterscheiden sich wesentlich von solchen in konventionellen Anlagen durch die allseitig kleinen Isolierdistanzen. Eine sorgfältige Ausbildung und Optimierung der Elektrodenformen und Abschirmungen unter Zuhilfenahme von Computerprogrammen zur Ermittlung der elektrischen Feldbilder ist Voraussetzung für die Realisierung zuverlässiger Apparate.

Dem Schalten kapazitiver Ströme in der Größenordnung < 0,5 A, d.h. der Ladeströme von GIS-Anlageteilen, ist in letzter Zeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt worden. Die Kontakte von Trennern bewegen sich relativ langsam. Beim Einschalten von Anlageteilen, welche am Ende offen sind, können Vorfürzündungen und beim Wegschalten Wiederzündungen auftreten. In beiden Fällen tritt dank den guten Löscheigenschaften eine Unterbrechung des Stromes auf, gefolgt von neuen Zündungen, wenn die dazu nötige Spannung über den Kontakten wieder erreicht wird. Beim Einschalten ist dieses Zündspiel beendet, wenn sich die Kontakte berühren, beim Ausschalten, wenn eine genügende Isolierdistanz erreicht ist. Bei den Zündungen entstehen in der GIS transiente Spannungen im MHz-Bereich, deren Amplituden in der Praxis Werte von etwa 2,2 pu erreichen. Deshalb sind z.B. die Elektrodenformen der Trenner so auszulegen, dass bei diesen Schaltvorgängen kein Ausbrechen des Schaltlichtbogens zur geerdeten Kapselung stattfinden kann.

Bei den Erdern wird zwischen den Arbeitserdern und den einschaltfesten Schnellerdern unterschieden. Letztere müssen ein gewisses Ausschaltvermögen besitzen. Wenn von zwei parallel verlaufenden Leitungen eine im Betrieb steht, die andere an beiden Enden geerdet ist, so hat der zuerst zu öffnende Erder einen induzierten

<sup>1)</sup> Ausführliches Referat in diesem Heft, S. 1242.

induktiven und der zweitöffnende einen kapazitiven Strom auszuschalten.

#### R. Minkner: Durchführungen

In gasisolierten Schaltanlagen sind Durchführungen nötig beim Leitungseingang als Übergang GIS-Freiluft, beim Anschluss von Transformatoren als Übergang GIS-Öl/Transformator sowie als Kabelendverschluss beim Übergang-GIS-Kabel. Bei den Freiluft-Durchführungen werden Konstruktionen mit SF<sub>6</sub>-Gas als Hauptisolation (Doppel- und Eindruckprinzip) wie auch mit gasimprägnierten Folien und imprägniertem Papier als Isolation ausgeführt. Steuerelektroden bzw. Steuerbeläge sorgen für eine gleichmässige Feldverteilung.

Beim direkten Anschluss der Transformatoren an die SF<sub>6</sub>-gasisolierte Sammelschiene ist eine zuverlässige Trennung des SF<sub>6</sub>-Raumes vom Ölsystem von ausschlaggebender Bedeutung, wozu u. U. besondere Vorkehren getroffen werden.

Der Vortrag gab eine umfassende Übersicht über die heute für die genannten Verwendungszwecke gebräuchlichen Konstruktionsarten.

#### P. Vis: Prüfung von gasisolierten Schaltanlagen und deren Baugruppen

Diesen Prüfungen kommt besondere Bedeutung zu, sind sie doch massgebend für das zuverlässige und störungsfreie Funktionieren der GIS mitbeteiligt. Die Typenprüfungen, umfassend Erwärmung, dielektrisches Verhalten, Schaltleistung, mechanische

Funktionssicherheit, um nur die hauptsächlichsten zu nennen, sind in internationalen Normen festgelegt. Darüber hinaus werden aber von den Herstellern zusätzliche Prüfungen durchgeführt, die als notwendige Bedingung für die Betriebssicherheit erachtet werden. Darunter gehören z. B. sog. Mischprogramme, die sich u. U. über Jahre erstrecken können und Auskunft über das Langzeitverhalten von Materialien geben. Mit einer bestimmten Zeitraffung erreicht man, dass gewisse Ergebnisse rascher zur Verfügung stehen.

Die Werkprüfungen umfassen solche am Rohmaterial sowie die Prüfung von Einzelteilen, Komponenten und Transporteinheiten. Dabei wird speziell für die Prüfung der Kapselung als «elektrischer Druckbehälter» eine Harmonisierung der Normen dringend notwendig, denn diese Kapselung kann nicht einem Dampfkessel oder einem Kessel der chemischen Verfahrenstechnik gleichgestellt werden.

Die Prüfung vor Ort wird in der fertigmontierten Schaltanlage durchgeführt, um allfällige Mängel, wie Beschädigungen durch den Transport oder Montagefehler, auszuschliessen. Eine Gegenüberstellung der Vor-Ort-Hochspannungsprüfungs-Methoden zeigt, dass nicht alle die gleiche Aussagekraft haben und dass je nach beabsichtigtem Zweck der Prüfung sich die eine oder andere besser eignet.

#### M. Fischer: Betriebserfahrungen

Anhand der gasisolierten Schaltanlagen für 150 kV beim Elektrizitätswerk der Stadt Zürich (EWZ) wurde die Entwicklung des

Anlageschemas von der konventionellen Freiluftanlage zur heutigen normalisierten gasisolierten Anlage eindrücklich aufgezeigt. Während z. B. bei den ersten GIS noch Umgehungschielen angeordnet waren, wurde später auf solche auf Grund der gesammelten Erfahrungen verzichtet. Auf interessante Weise erklärte der Vortrag einige Entwicklungen aus der Sicht des Anwenders seit der Inbetriebnahme der ersten GIS, der Anlage Sempersteig, bis zur heutigen Technik und zur heutigen Betriebspolitik. Von Bedeutung ist z. B., dass auf Grund der Betriebserfahrungen – beim EWZ sind dies rund 130 «Feldjahre» – die Wartungs- und Revisionsintervalle wesentlich verlängert werden konnten.

Die Inbetriebsetzung war bei allen Anlagen mit gewissen Anfangsschwierigkeiten behaftet, die jedoch behoben werden konnten oder durch die Vor-Ort-Prüfungen entdeckt wurden. Zwei Störungen im Betrieb hatten dank den vorgesehenen richtig arbeitenden Überwachungssystemen keine nachteiligen Auswirkungen. Der Referent erwähnte, dass die wenigen Schwierigkeiten mit gasisolierten Schaltanlagen getreu dem Motto «only bad news are good news» ein übermässiges Gewicht erhalten. Es darf deswegen nicht übersehen werden, dass die in SF<sub>6</sub>-Technik ausgeführten Anlagen vorzügliche Betriebsergebnisse aufweisen und grosse Sicherheit gewährleisten.

Die Informationstagung gab eine sehr gute Übersicht über die Technik der SF<sub>6</sub>-gasisolierten Schaltanlagen, deren Probleme, Vorteile und Betriebserfahrungen, dies nicht zuletzt dank den ausgezeichneten Referaten.

## Erdung – Potentialausgleich – Blitzschutz – Korrosion

Der Potentialausgleich ist als Schutzmaßnahme im Oktober 1981 in die Hausinstallationsvorschriften des SEV (HV) aufgenommen worden. Im Bulletin SEV/VSE 15/1983, Seiten 891...895, sind die für die HV bestimmten Beispiele und Erläuterungen ausgeschrieben.

Der vorliegende Aufsatz ist als Beitrag zu diesem Thema gedacht. Es handelt sich um Vorschläge und Gedanken, die an einer Tagung am 23. November 1982 in Bern vorgetragen und diskutiert worden sind. Ein ähnlicher Aufsatz ist in der Zeitschrift Elektrotechnik 9/1983 erschienen.

La liaison équipotentielle, en tant que moyen de protection, a été introduite, en octobre 1981 dans les Prescriptions de l'ASE sur les installations électriques intérieures (PIE). Dans le Bulletin ASE/UCS 15/1983, aux pages 891 à 895, ont été mis à l'enquête les Exemples et commentaires relatifs aux PIE. Le présent exposé est une contribution à ce sujet. Il s'agit de propositions et idées traitées lors d'une Journée de discussion, le 23 novembre 1982, à Berne.

#### Adresse des Autors

H. R. Sutter, Projektleiter, Bering AG, Funkerstrasse 25, 3000 Bern 25.

Nach neuesten Erkenntnissen auf dem Gebiet der Erdung, des Potentialausgleichs und der Korrosionsvorgänge sind die im Titel genannten Begriffe notwendigerweise als ein System zu betrachten. Der Problemkreis ist im generellen immer derselbe, die Lösungen sind jedoch den verschiedenen örtlichen Gegebenheiten und der Situation anzupassen.

Der elektrochemischen Korrosion als Verursacher vieler Schäden an erdverlegten metallenen Systemen (z. B. Wasserleitungen) ist besonderes Augenmerk zu schenken. Daher sind alle weiteren Betrachtungen auch nach diesen physikalisch gegebenen Vorgängen zu richten. Dabei muss aber die Priorität der Erdungs- und Schutzmaßnahmen im elektrischen Hoch- und Niederspannungsnetz sowie des Blitzschutzes auf den Personenschutz ausgerichtet bleiben.

Zu den aufgeführten Problemkreisen sind Ausführungsbestimmungen und Vorschriften vorhanden, deren Beachtung als selbstverständlich vorausgesetzt wird.

Den Ausgangspunkt der folgenden Ge-

danken bildet das als Vorschlag gedachte Installationssystem nach Figur 1. Das Schema ist in Zusammenarbeit zwischen dem Eidg. Starkstrominspektorat (ESTI), dem SEV, der Gebäudeversicherung Bern (GVB) und der Bering AG, Bern, entstanden. Darnach erfolgt die Erdung nicht durch die Wasserleitung, sondern mittels des Fundamenterders. Bei grösseren Anlagen wird eine dezentrale Vermischung bevorzugt. Die Zuleitung zu den Unterverteilern erfolgt im 4-Leiter-System (3 P + PEN). Der Neutralleiter N wird im Übergang zum 5-Leiter-System gebildet, dies in der Hauptverteilung oder einer Unterverteilung.

#### 1. Erdung durch die Wasserzuleitung oder Fundamenterdung

Der Frage, ob die Wasserzuleitung weiterhin als Erder benutzt werden kann, wird zurzeit in einer Spezialgruppe innerhalb der Erdungskommission des SEV nachge-