

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 50 (1959)
Heft: 12

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

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: 17.02.2026

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

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Freileitungs- und Kabelbau

Bericht über die 19. Diskussionsversammlung des VSE vom 29. April 1959 in Bern

Planung und Bau von Freileitungen

von M. Ammann, Altdorf

621.315.235 + 621.316.1

Zunächst erläutert der Referent die Organisation und den Aufgabenbereich der Leitungsbauabteilung eines Überlandwerkes und erwähnt kurz die beim Bau von Hoch- und Niederspannungsleitungen zu beachtenden gesetzlichen Vorschriften. Anschliessend werden die Fragen im Zusammenhang mit der Projektierung und dem Bau von Niederspannungsverteilanlagen, die Schutzsysteme und das Erstellen der Hausanschlüsse behandelt. Zum Schluss folgen einige Ausführungen über die Hochspannungsleitungen.

L'auteur décrit d'abord l'organisation et le champ d'action de la section pour la construction des lignes d'une entreprise régionale et mentionne brièvement les prescriptions légales à observer lors de la construction de lignes à haute et à basse tension. Il expose ensuite les questions concernant le projet et la construction d'installations électriques à basse tension, les systèmes de protection et la construction des introductions et termine par quelques considérations sur les lignes à haute tension.

Den nachstehenden Darlegungen über die Organisation und die Ausführungsarbeiten liegen die Verhältnisse bei zwei Unternehmungen, nämlich bei den Centralschweizerischen Kraftwerken (CKW) und dem Elektrizitätswerk Altdorf (EWA) zugrunde. Es handelt sich um ein grosses Überlandwerk im Mittelland und um einen Mittelbetrieb in ausgesprochener Gebirgsgegend.

Für Vergleichszwecke sollen die folgenden Angaben dienen:

CKW: Stromversorgungsgebiet Kanton Luzern (ohne Stadt), sowie einige Gemeinden in den Kantonen Zug und Schwyz.

Direkte Versorgung mit elektrischer Energie von ca. 40 000 Abonnenten.

690 Transformatorenstationen.

Leitungslänge: 3300 km, wovon 1200 km in Hochspannung.

45 werkeigene Monteure in 8 Gruppen, sowie 5 bis 8 Freileitungsgruppen von Unternehmerfirmen, somit zeitweise 80...100 Freileitungsmonteure.

EWA: Stromversorgungsgebiet Kanton Uri, sowie die Gemeinden Morschach, Goldau und Emmetten.

Direkte Versorgung mit elektrischer Energie von ca. 7000 Abonnenten.

200 Transformatorenstationen.

Leitungslänge: 700 km, wovon 250 km in Hochspannung.

35 werkeigene Monteure in 5 Gruppen.

Allgemeine Organisation

Die Organisation der Leitungsbau-Abteilung der CKW und des EWA ist wie folgt aufgebaut:

Leitungsbautechniker für die Projektierung und Berechnung.

Bauleiter und Hilfsbauleiter für die Mithilfe bei der Projektierung, Aussteckung und Bauleitung.

Arbeitsgruppen von je ca. 5...7 Mann, die ihr Arbeitsdomizil an verschiedenen Orten im Verteilgebiet haben. Jede Freileitungsgruppe ist motorisiert, d. h. mit einem Jeep samt Anhänger ausgerüstet. Für die schweren Materialtransporte können zusätzlich bis vier Lastwagen eingesetzt werden.

Bei der Projektierung von grösseren Verteilanlagen wird wie folgt vorgegangen:

Der Leitungsbautechniker projektiert und berechnet die Leitungen und ist verantwortlich für die notwendigen Pläne und Unterlagen. Anhand dieser Angaben wird die Vorlage für das Eidg. Starkstrominspektorat ausgearbeitet, sowie die Kostenberechnung für die Kreditvorlage erstellt.

Im Falle von kleineren Netzerweiterungen und Hausanschlüssen erhält die Leitungsbau-Abteilung die Aufträge von der Installationsabteilung oder sie entnimmt sie den Installationsanzeigen der Installateure. Die Adresse und die technischen Angaben werden in ein separates Formular «Auftrag an Leitungsbau» eingetragen. Vorerst erfolgt die Projektaufnahme durch den Bauleiter oder Chefmonteur, der die Angaben über das erforderliche Material in das vorgedruckte Formular einträgt, sowie eine Skizze über die Lage des betreffenden Hausanschlusses anfertigt. Das Formular kann sowohl für Freileitungsanschlüsse als auch für Kabelleitungen verwendet werden. — Anhand dieser Angaben werden die Kosten ermittelt und dem Bauherrn die Offerte unterbreitet; für Kabelanschlüsse wird ein einmaliger Zuleitungsbeitrag festgelegt. Sofern es sich um einen Freileitungsanschluss mit nicht allzu grossen Aufwendungen handelt, wird er kostenlos erstellt. Dagegen sind für die Kabelanschlüsse Beiträge à fonds perdu zu entrichten, z. B. für Kabellängen bis 50 m Fr. 300.—.

Nach der Auftragserteilung durch den Bauherrn werden die Projektaufnahme als Arbeitsauftrag verwendet, das Material bestellt, die Durchleitungsverträge abgeschlossen und die Arbeit ausgeführt. Nach Beendigung derselben gelangt der Arbeitsauftrag in

Energie-Erzeugung und -Verteilung

Die Seiten des VSE

Freileitungs- und Kabelbau

Bericht über die 19. Diskussionsversammlung des VSE vom 29. April 1959 in Bern

Planung und Bau von Freileitungen

von M. Ammann, Altdorf

621.315.235 + 621.316.1

Zunächst erläutert der Referent die Organisation und den Aufgabenbereich der Leitungsbauabteilung eines Überlandwerkes und erwähnt kurz die beim Bau von Hoch- und Niederspannungsleitungen zu beachtenden gesetzlichen Vorschriften. Anschliessend werden die Fragen im Zusammenhang mit der Projektierung und dem Bau von Niederspannungsverteilanlagen, die Schutzsysteme und das Erstellen der Hausanschlüsse behandelt. Zum Schluss folgen einige Ausführungen über die Hochspannungsleitungen.

L'auteur décrit d'abord l'organisation et le champ d'action de la section pour la construction des lignes d'une entreprise régionale et mentionne brièvement les prescriptions légales à observer lors de la construction de lignes à haute et à basse tension. Il expose ensuite les questions concernant le projet et la construction d'installations électriques à basse tension, les systèmes de protection et la construction des introductions et termine par quelques considérations sur les lignes à haute tension.

Den nachstehenden Darlegungen über die Organisation und die Ausführungsarbeiten liegen die Verhältnisse bei zwei Unternehmungen, nämlich bei den Centralschweizerischen Kraftwerken (CKW) und dem Elektrizitätswerk Altdorf (EWA) zugrunde. Es handelt sich um ein grosses Überlandwerk im Mittelland und um einen Mittelbetrieb in ausgesprochener Gebirgsgegend.

Für Vergleichszwecke sollen die folgenden Angaben dienen:

CKW: Stromversorgungsgebiet Kanton Luzern (ohne Stadt), sowie einige Gemeinden in den Kantonen Zug und Schwyz.

Direkte Versorgung mit elektrischer Energie von ca. 40 000 Abonnenten.

690 Transformatorenstationen.

Leitungslänge: 3300 km, wovon 1200 km in Hochspannung.

45 werkeigene Monteure in 8 Gruppen, sowie 5 bis 8 Freileitungsgruppen von Unternehmerfirmen, somit zeitweise 80...100 Freileitungsmonteure.

EWA: Stromversorgungsgebiet Kanton Uri, sowie die Gemeinden Morschach, Goldau und Emmetten.

Direkte Versorgung mit elektrischer Energie von ca. 7000 Abonnenten.

200 Transformatorenstationen.

Leitungslänge: 700 km, wovon 250 km in Hochspannung.

35 werkeigene Monteure in 5 Gruppen.

Allgemeine Organisation

Die Organisation der Leitungsbau-Abteilung der CKW und des EWA ist wie folgt aufgebaut:

Leitungsbautechniker für die Projektierung und Berechnung.

Bauleiter und Hilfsbauleiter für die Mithilfe bei der Projektierung, Aussteckung und Bauleitung.

Arbeitsgruppen von je ca. 5...7 Mann, die ihr Arbeitsdomizil an verschiedenen Orten im Verteilgebiet haben. Jede Freileitungsgruppe ist motorisiert, d. h. mit einem Jeep samt Anhänger ausgerüstet. Für die schweren Materialtransporte können zusätzlich bis vier Lastwagen eingesetzt werden.

Bei der Projektierung von grösseren Verteilanlagen wird wie folgt vorgegangen:

Der Leitungsbautechniker projektiert und berechnet die Leitungen und ist verantwortlich für die notwendigen Pläne und Unterlagen. Anhand dieser Angaben wird die Vorlage für das Eidg. Starkstrominspektorat ausgearbeitet, sowie die Kostenberechnung für die Kreditvorlage erstellt.

Im Falle von kleineren Netzerweiterungen und Hausanschlüssen erhält die Leitungsbau-Abteilung die Aufträge von der Installationsabteilung oder sie entnimmt sie den Installationsanzeigen der Installateure. Die Adresse und die technischen Angaben werden in ein separates Formular «Auftrag an Leitungsbau» eingetragen. Vorerst erfolgt die Projektaufnahme durch den Bauleiter oder Chefmonteur, der die Angaben über das erforderliche Material in das vorgedruckte Formular einträgt, sowie eine Skizze über die Lage des betreffenden Hausanschlusses anfertigt. Das Formular kann sowohl für Freileitungsanschlüsse als auch für Kabelleitungen verwendet werden. — Anhand dieser Angaben werden die Kosten ermittelt und dem Bauherrn die Offerte unterbreitet; für Kabelanschlüsse wird ein einmaliger Zuleitungsbeitrag festgelegt. Sofern es sich um einen Freileitungsanschluss mit nicht allzu grossen Aufwendungen handelt, wird er kostenlos erstellt. Dagegen sind für die Kabelanschlüsse Beiträge à fonds perdu zu entrichten, z. B. für Kabellängen bis 50 m Fr. 300.—.

Nach der Auftragserteilung durch den Bauherrn werden die Projektaufnahme als Arbeitsauftrag verwendet, das Material bestellt, die Durchleitungsverträge abgeschlossen und die Arbeit ausgeführt. Nach Beendigung derselben gelangt der Arbeitsauftrag in

das technische Büro, wo anhand der Skizze die Eintragung in die Netzpläne erfolgt. Anschliessend trägt die Baubuchhaltung die effektiven Baukosten in den Arbeitsauftrag ein, womit eine Nachkalkulation möglich wird.

Für die Benützung von öffentlichem Grund und Boden für den Bau von Freileitungen sind in den Konzessionsverträgen mit den Kantonen und Gemeinden allgemeine Vereinbarungen getroffen worden. Für jede Stange wird ein Durchleitungsvertrag abgeschlossen, wobei für die Entschädigungen die Richtlinien des VSE massgebend sind.

Über die Durchleitungsrechte für elektrische Leitungen und Baurechte für Transformatorenstationen wurde an der 16. Diskussionsversammlung des VSE vor zwei Jahren berichtet (s. Bull. SEV, Seiten des VSE, Jahrgang 1957, Nr. 18...21).

Sowohl im Kanton Luzern (Entlebuch) als auch im Kanton Uri gibt es eine grosse Zahl sehr abgelegener Bergliegenschaften. Die Versorgung dieser Gebiete mit elektrischer Energie ist mit sehr hohen Kosten verbunden, so dass es für den einzelnen Besitzer nicht möglich ist, die Mittel dazu aufzubringen. Seit ca. 10 Jahren werden auch diese Gebiete elektrifiziert, wobei das Werk 60 % der Leitungskosten übernimmt. Der Rest wird ca. zur Hälfte durch Bund, Kanton und Gemeinden subventioniert, so dass der minderbemittelte Bergbauer nur noch einen kleinen Anteil zu übernehmen hat (ca. Fr. 300.—...1200.—). Die Interessenten eines bestimmten Gebietes schliessen sich in diesem Falle zu einer Genossenschaft zusammen. Das Werk projiziert die Verteilanlagen und gibt im Auftrag der Interessenten die Kosten dem Meliorationsamt zur Weiterleitung für die Subventionierung ein.

Seit dem Kriege wurden im Kanton Luzern ca. 800 Bergliegenschaften und im Kanton Uri ca. 250 Häuser und 400 Ställe an das Verteilnetz angeschlossen. Der totale Kostenaufwand beläuft sich auf ca. 5 Millionen Franken, wovon die Werke ca. 3 Millionen Franken übernommen haben. Es ist dies eine beachtliche Hilfe für die Bergbevölkerung, denn rein kommerzielle Überlegungen würden nie zu solchen Investitionen führen. In ca. 3 Jahren wird der Anschluss aller Bergliegenschaften an das Verteilnetz beendet sein.

Bauvorschriften

Beim Bau von Hoch- und Niederspannungsleitungen sind folgende gesetzliche Bestimmungen und Werkvorschriften einzuhalten:

1. Das Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 betr. die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz).
2. Die Verordnung vom 7. Juli 1933 über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt elektrischer Starkstromanlagen.
3. Die Verordnung vom 7. Juli 1933 über die Parallelführungen und Kreuzungen elektrischer Leitungen unter sich und mit Eisenbahnen.
4. Die Vorschriften des SEV betr. Erstellung, Betrieb und Instandstellung elektrischer Hausinstallationen (betr. Hauseinführungen).
5. Die Werkvorschriften des Elektrizitätswerkes für den Leitungsbau.

Die Vorschriften, die im Leitungsbau eingehalten werden müssen, sind in diesen gesetzlichen Bestimmungen enthalten. Ich möchte hier nicht näher darauf eingehen, da sie jedem Leitungsbauer bekannt sein müssen. In den Werkvorschriften der CKW und des EWA sind in Form von Zeichnungen mit ergänzenden Texten und Tabellen die Grundlagen für den einheitlichen Bau von Freileitungen festgelegt. In periodisch durchgeführten Instruktionstagungen wird jeder Freileitungsmonteur mit diesen Bauvorschriften vertraut gemacht.

Niederspannungs-Verteilanlagen

Bei der *Projektierung* neuer Verteilnetze müssen prinzipiell folgende Punkte abgeklärt werden:

1. Wie kann die Hochspannungszuleitung geführt werden?
2. Welche Ausdehnung soll das Sekundärverteilstromnetz haben?
3. Wie gross sind die zu erwartenden Belastungen?
4. Wo liegt der Belastungs-Schwerpunkt, der als Standort der Transformatorenstation gewählt wird?
5. Wie soll die Transformatorenstation ausgeführt werden?
6. Was für Leiterquerschnitte und Sicherungen sind zu wählen, damit der Spannungsabfall nicht mehr als 5 % beträgt und die Berührungsspannung die Grenze von 50 V nicht übersteigt?
Was ist vorzukehren, damit die Sicherung den Fehlerstrom innerhalb 5 Sekunden abschaltet?
7. Welches Schutzsystem ist zu wählen? Die Schutz-erdung oder die Nullung?

In abgelegenen Verteilnetzen mit Belastungen unter 160 kVA wählen wir aus finanziellen Gründen die Stangen-Transformatorenstation. Handelt es sich jedoch um eine kleine, geschlossene Ortschaft mit allfälliger Bautätigkeit, verwenden wir eine Kabinen-Transformatorenstation oder eine solche aus vorfabrizierten Betonelementen, die von innen bedienbar ist und später ohne grössere Kosten erweitert werden kann. Diese Erdgeschoss-Stationen bedingen allerdings Kabelanschlüsse. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, die Sekundärabgänge in mehrere Gruppen zu unterteilen, wodurch sich für den Betrieb Vorteile erreichen lassen und eine schönere Leitungsführung bewirkt wird. Zum Schutze des Landschaftsbildes ist dieser Bauart bestimmt der Vorzug zu geben, da weder die Turmstation noch die vielen Leitungsdrähte zur Verschönerung beitragen. In den letzten 10 Jahren wurden keine neuen Turmstationen mehr erstellt.

In *ländlichen* Gebieten mit ausgedehnten Verteilnetzen verwenden wir für die Leitungen ab Transformatorenstation Kupferdraht von höchstens 8 mm ϕ . Die Leitungsstränge werden als Stichleitungen erstellt, mit Leitungslängen bis 1 km.

In *grösseren Ortschaften* trachten wir darnach, Ringleitungen zu erhalten, die jedoch durch eingebaute Trenner normalerweise als Stichleitungen betrieben werden. In grösseren, eng überbauten Ortschaften wählen wir eine Distanz von ca. 500 m zwischen den Transformatorenstationen.

das technische Büro, wo anhand der Skizze die Eintragung in die Netzpläne erfolgt. Anschliessend trägt die Baubuchhaltung die effektiven Baukosten in den Arbeitsauftrag ein, womit eine Nachkalkulation möglich wird.

Für die Benützung von öffentlichem Grund und Boden für den Bau von Freileitungen sind in den Konzessionsverträgen mit den Kantonen und Gemeinden allgemeine Vereinbarungen getroffen worden. Für jede Stange wird ein Durchleitungsvertrag abgeschlossen, wobei für die Entschädigungen die Richtlinien des VSE massgebend sind.

Über die Durchleitungsrechte für elektrische Leitungen und Baurechte für Transformatorenstationen wurde an der 16. Diskussionsversammlung des VSE vor zwei Jahren berichtet (s. Bull. SEV, Seiten des VSE, Jahrgang 1957, Nr. 18...21).

Sowohl im Kanton Luzern (Entlebuch) als auch im Kanton Uri gibt es eine grosse Zahl sehr abgelegener Bergliegenschaften. Die Versorgung dieser Gebiete mit elektrischer Energie ist mit sehr hohen Kosten verbunden, so dass es für den einzelnen Besitzer nicht möglich ist, die Mittel dazu aufzubringen. Seit ca. 10 Jahren werden auch diese Gebiete elektrifiziert, wobei das Werk 60 % der Leitungskosten übernimmt. Der Rest wird ca. zur Hälfte durch Bund, Kanton und Gemeinden subventioniert, so dass der minderbemittelte Bergbauer nur noch einen kleinen Anteil zu übernehmen hat (ca. Fr. 300.—...1200.—). Die Interessenten eines bestimmten Gebietes schliessen sich in diesem Falle zu einer Genossenschaft zusammen. Das Werk projiziert die Verteilanlagen und gibt im Auftrag der Interessenten die Kosten dem Meliorationsamt zur Weiterleitung für die Subventionierung ein.

Seit dem Kriege wurden im Kanton Luzern ca. 800 Bergliegenschaften und im Kanton Uri ca. 250 Häuser und 400 Ställe an das Verteilnetz angeschlossen. Der totale Kostenaufwand beläuft sich auf ca. 5 Millionen Franken, wovon die Werke ca. 3 Millionen Franken übernommen haben. Es ist dies eine beachtliche Hilfe für die Bergbevölkerung, denn rein kommerzielle Überlegungen würden nie zu solchen Investitionen führen. In ca. 3 Jahren wird der Anschluss aller Bergliegenschaften an das Verteilnetz beendet sein.

Bauvorschriften

Beim Bau von Hoch- und Niederspannungsleitungen sind folgende gesetzliche Bestimmungen und Werkvorschriften einzuhalten:

1. Das Bundesgesetz vom 24. Juni 1902 betr. die elektrischen Schwach- und Starkstromanlagen (Elektrizitätsgesetz).
2. Die Verordnung vom 7. Juli 1933 über die Erstellung, den Betrieb und den Unterhalt elektrischer Starkstromanlagen.
3. Die Verordnung vom 7. Juli 1933 über die Parallelführungen und Kreuzungen elektrischer Leitungen unter sich und mit Eisenbahnen.
4. Die Vorschriften des SEV betr. Erstellung, Betrieb und Instandstellung elektrischer Hausinstallationen (betr. Hauseinführungen).
5. Die Werkvorschriften des Elektrizitätswerkes für den Leitungsbau.

Die Vorschriften, die im Leitungsbau eingehalten werden müssen, sind in diesen gesetzlichen Bestimmungen enthalten. Ich möchte hier nicht näher darauf eingehen, da sie jedem Leitungsbauer bekannt sein müssen. In den Werkvorschriften der CKW und des EWA sind in Form von Zeichnungen mit ergänzenden Texten und Tabellen die Grundlagen für den einheitlichen Bau von Freileitungen festgelegt. In periodisch durchgeführten Instruktionstagungen wird jeder Freileitungsmonteur mit diesen Bauvorschriften vertraut gemacht.

Niederspannungs-Verteilanlagen

Bei der *Projektierung* neuer Verteilnetze müssen prinzipiell folgende Punkte abgeklärt werden:

1. Wie kann die Hochspannungszuleitung geführt werden?
2. Welche Ausdehnung soll das Sekundärverteilstück haben?
3. Wie gross sind die zu erwartenden Belastungen?
4. Wo liegt der Belastungs-Schwerpunkt, der als Standort der Transformatorenstation gewählt wird?
5. Wie soll die Transformatorenstation ausgeführt werden?
6. Was für Leiterquerschnitte und Sicherungen sind zu wählen, damit der Spannungsabfall nicht mehr als 5 % beträgt und die Berührungsspannung die Grenze von 50 V nicht übersteigt?
Was ist vorzukehren, damit die Sicherung den Fehlerstrom innerhalb 5 Sekunden abschaltet?
7. Welches Schutzsystem ist zu wählen? Die Schutz-erdung oder die Nullung?

In abgelegenen Verteilnetzen mit Belastungen unter 160 kVA wählen wir aus finanziellen Gründen die Stangen-Transformatorenstation. Handelt es sich jedoch um eine kleine, geschlossene Ortschaft mit allfälliger Bautätigkeit, verwenden wir eine Kabinen-Transformatorenstation oder eine solche aus vorfabrizierten Betonelementen, die von innen bedienbar ist und später ohne grössere Kosten erweitert werden kann. Diese Erdgeschoss-Stationen bedingen allerdings Kabelanschlüsse. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, die Sekundärabgänge in mehrere Gruppen zu unterteilen, wodurch sich für den Betrieb Vorteile erreichen lassen und eine schönere Leitungsführung bewirkt wird. Zum Schutze des Landschaftsbildes ist dieser Bauart bestimmt der Vorzug zu geben, da weder die Turmstation noch die vielen Leitungsdrähte zur Verschönerung beitragen. In den letzten 10 Jahren wurden keine neuen Turmstationen mehr erstellt.

In *ländlichen* Gebieten mit ausgedehnten Verteilnetzen verwenden wir für die Leitungen ab Transformatorenstation Kupferdraht von höchstens 8 mm ϕ . Die Leitungsstränge werden als Stichleitungen erstellt, mit Leitungslängen bis 1 km.

In *grössern Ortschaften* trachten wir darnach, Ringleitungen zu erhalten, die jedoch durch eingebaute Trenner normalerweise als Stichleitungen betrieben werden. In grössern, eng überbauten Ortschaften wählen wir eine Distanz von ca. 500 m zwischen den Transformatorenstationen.

Bei den heutigen Belastungen zeigt es sich, dass auch bei Verwendung von 8-mm-Kupferdraht für die Hauptleitungen bei grösseren Distanzen der Spannungsabfall zu Beanstandungen führt, bzw. die Nullungsbedingungen nicht mehr eingehalten werden können. In den Fällen von Leitungslängen über 1 km wird der Einbau von Streckensicherungen notwendig, wobei allerdings eine gewisse Vorsicht am Platze ist, sofern nach einer solchen Sicherung noch mehrere Liegenschaften angeschlossen werden. Wenn z. B. in einer der Liegenschaften ein Kurzschluss in der Hausinstallation erfolgt und die 20-A-Hauptsicherung vorher nicht belastet war, so ist es möglich, dass bei gleichem Trägheitsgrad die vorbelastete 40-A-Stecksicherung durchschmilzt.

Ich habe hier ein Problem angeschnitten, das dem Leitungsbautechniker öfters Kopfzerbrechen verursacht. In den letzten Jahren sind die Belastungen in den Landwirtschaftsbetrieben durch die Anschaffung verschiedener Apparate auf ein Mehrfaches angestiegen. Waren es früher einige Lampen, so finden wir heute vielerorts die elektrische Küche, Heisswasserspeicher und Futterkocher, sowie grosse Motoren für die Jauche-Verschlauchungen, Futter-schneider, Aufzüge, Heubelüfter, Dreschmaschinen etc. Dies bedingt eine Verstärkung der Strang- und Streckensicherungen, so dass jedoch in den meisten Fällen die Nullungsbedingungen nicht mehr eingehalten werden können. Man muss unbedingt darauf achten, dass den Bauern nicht Apparate mit übermässig hohen Anschlusswerten verkauft werden, da die Mehreinnahmen aus dem Energieverkauf in keinem Verhältnis zu den Aufwendungen für die Netzverstärkungen stehen. Seit einigen Jahren haben wir öfters grosse Netzverstärkungen und Sanierungen vorzunehmen. Ist der Hauptstrang schon mit 8-mm-Kupferdraht ausgeführt, erstellen wir weitere Transformatorenstationen und teilen so die Sekundärnetze auf. Aber auch da, wo die Leitungen in 5...6 mm-Kupferdraht erstellt sind, ist es finanziell meistens interessanter, statt die Drähte auszuwechseln, neue Transformatorenstationen zu erstellen, sofern dies nicht eine abnormal lange Primärzuleitung erfordert. Wenn durch diese Massnahmen die Leitungslängen auf ca. 1 km reduziert werden können, wird eine Reserve geschaffen, indem die Leiterquerschnitte später immer noch verstärkt werden können.

Schutz-Systeme

Beide Systeme, die Erdung und die Nullung, sollen verhindern, dass bei Isolationsdefekten normalerweise spannungslose Apparateteile unter Spannung gelangen. Es genügt nicht, die Apparategehäuse mit der Erde zu verbinden. Eine besondere Berechnung der Leitungsnetze, eine sorgfältige Ausführung und periodische Kontrolle sind unerlässlich.

Schutzerdung

Nach den grundlegenden Bestimmungen der Hausinstallationsvorschriften soll die Schutzerdung bewirken, dass beim Auftreten von Isolationsfehlern der defekte Anlagenteil entweder durch das Schmelzen einer vorgeschalteten Sicherung innert 5 Sekunden selbsttätig abgetrennt wird oder dass am defekten Anlagenteil keine höhere Spannung als 50 V

bestehen bleibt. Die gleichen Bestimmungen gelten gemäss Art. 26, Ziff. 4, der bundesrätlichen Starkstromverordnung für Niederspannungsnetze, bei denen der in die Hausinstallationen eingeführte Nullleiter für die Erdung von Apparategehäusen usw. benützt wird. Das Schmelzen der Sicherung lässt sich bekanntlich bei der Schutzerdung nur erreichen, wenn sowohl der Transformatorensternpunkt als auch die schutzgeerdeten Anlageteile in den Hausinstallationen mit einem sehr guten Wasserleitungsnetz verbunden sind. Müssen andere künstliche Erdelektroden, Platten, Bänder oder Rohre verwendet werden, so ist dafür zu sorgen, dass keine höhere Berührungsspannung als 50 V bestehen bleibt. Grundsätzlich bedingt dies, dass man die Erdung des Sternpunktes mit den Objekterdungen der Abonnenten entsprechend abstimmt; dabei können, ganz extreme Fälle ausgenommen, die Leitungsimpedanzen vernachlässigt werden.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn sowohl für die Erdung des Transformatorensternpunktes als auch für die Objekterdungen der Abonnenten ausgedehnte Wasserleitungsnetze mit Erdungswiderständen in der Grössenordnung von 0,5...2 Ω zur Verfügung stehen. Bei so kleinen Erdungswiderständen spielen für das Einhalten der ersten Bedingung (Schmelzen der vorgeschalteten Sicherungen) auch die Leitungswiderstände bzw. deren Querschnitte eine gewisse Rolle.

Nullung

In genullten Anlagen ist ebenfalls dafür zu sorgen, dass die Berührungsspannung zwischen defekt gewordenen Apparaten und Erde keinen höheren Wert als 50 V annimmt oder aber dass das fehlerhafte Objekt selbsttätig vom Netz abgeschaltet wird. Bestehen aber bei einem Verteilnetz mehrere Stränge und besitzt jeder Strangnullleiter mindestens am Ende eine Erdung, so sind alle Nulleitererdungen im Netz unter sich parallel geschaltet. In den meisten Fällen wird bei einem einpoligen Erdschluss die Berührungsspannung die Grenze von 50 V übersteigen und gleichzeitig alle genullten Apparategehäuse unter Spannung setzen. Daher ist es notwendig, dass im Falle eines Isolationsdefektes der Fehlerstrom die vorgeschaltete Sicherung innert 5 Sekunden zum Schmelzen bringt.

Bei der Schutzerdung wird man sich im allgemeinen damit begnügen, dass in der Hausinstallation der Fehlerstrom die betreffende Sicherung (es kann dies auch die Einführungssicherung sein) innert der vorgeschriebenen Zeit zum Schmelzen bringt. Tritt dagegen in einem genullten Verteilnetz auf der Freileitung ein Kurzschluss zwischen einem Polleiter und dem Nulleiter auf, so muss die Kurzschluss-Stromstärke die praktisch immer höher dimensionierten Streckensicherungen oder die Strangsicherungen in der Transformatorenstation zum Schmelzen bringen. Die Höhe des zu erwartenden Kurzschlussstromes hängt in erster Linie von der Impedanz des Kurzschlussstromkreises, nämlich Polleiterimpedanz plus Nulleiterimpedanz, und damit von den Leitungsquerschnitten ab. Liegt die Fehlerstelle in der Nähe der Transformatorenstation, so ist allerdings noch die Phasenimpedanz des Transformators zu berücksichtigen.

Die eigentlichen Erdströme, die über die Nullleitererdungen und die Erde zurück zum Transformatorsternpunkt fließen, vergrößern bei der Nullung im allgemeinen die Kurzschluss-Stromstärke nur unerheblich, es sei denn, dass ausgedehnte Wasserleitungsnetze für die Erdung des Netznullleiters zur Verfügung stehen; dann ergibt sich aber eine wesentliche Zunahme des Fehlerstromes. Ist jedoch der Leitungswiderstand bis zur Fehlerstelle so gross, dass der Fehlerstrom die erforderliche Höhe nicht erreicht, so müssen an geeigneten Stellen Streckensicherungen in die Polleiter der Leitungsstränge eingebaut werden, die im Vergleich mit den Stationsicherungen so zu bemessen sind, dass sie beim Kurzschluss vor den letztern schmelzen.

Für die Berechnung genullter Verteilnetze hat sich das im Bulletin SEV, Nr. 5, Jahrgang 1935, von H. Ludwig, Bern, beschriebene Verfahren (Beitrag zur Untersuchung von Normalspannungsnetzen in bezug auf Fehlerströme und Berührungsspannungen beim Auftreten von Erdschlüssen) bei verschiedenen Werken gut eingeführt. Bei der Projektierung neuer Verteilnetze ist es jedoch ratsam, jeden Strang für sich zu behandeln und bei der Berechnung der Querschnitte des Polleiters und des Nullleiters die Erdströme zu vernachlässigen, sofern für den Anschluss der Nullleitererdungen nicht ausgedehnte Wasserleitungsnetze zur Verfügung stehen. Für die Ermittlung der Leiterimpedanzen stehen meistens Tabellen oder Kurvenblätter zur Verfügung, in denen die Impedanzen für ein bestimmtes Leiterbild in Abhängigkeit vom Querschnitt und von der Leitungslänge aufgetragen sind. Die Bestimmung der Phasenimpedanz eines Transformators nach der einfachen Formel $\frac{8}{\text{kVA}}$ für die Normalspannung 220/380 V basiert auf der Annahme einer Kurzschlussspannung von 5%. Dieser Wert ist eher etwas zu hoch und wird heute von den üblichen Transformatorfabrikaten eher unterschritten. In die Berechnung eingesetzt, ergibt er aber eine gewisse Sicherheitsmarge. Ihm kommt damit gewissermassen die gleiche Bedeutung zu wie dem 10%igen Zuschlag auf die Impedanz der Leiterschleife (Polleiter + Nullleiter) für die Berücksichtigung des Übergangswiderstandes an der Kurzschlußstelle, sowie allfälliger Ungenauigkeiten in der Bestimmung der Leiterwiderstände.

Ein nach diesem Verfahren berechnetes Verteilnetz ergibt in vereinzelt Fällen wohl etwas grössere Leiterquerschnitte, bietet aber grosse Gewähr dafür, dass die Nullungsbedingungen erfüllt sind; es genügt auch hohen Anforderungen bezüglich des Spannungsabfalles.

Für die Bemessung der Schmelzeinsätze der Strang- und Streckensicherungen muss der ermittelte Kurzschlußstrom durch 2,75 dividiert werden, d. h. der Fehlerstrom muss bei normalen Schmelzeinsätzen der D-Systeme mindestens den 2,75fachen Betrag des Nennstromes der Sicherung erreichen, wenn eine Abschaltung sicher erfolgen soll. Die von den CKW seit einigen Jahren in genullten Verteilnetzen verwendeten Niederspannungs-Hochleistungs-(NH)-Sicherungen mit Trägheitsgrad 0 weisen eine etwas günstigere Charakteristik auf, indem bei diesen

Typen im Mittel schon der 2,3fache Nennstrom genügt, um sie innerhalb der vorgeschriebenen Zeit zum Schmelzen zu bringen. Bei der Verwendung von Steckautomaten, bei welchen die Auslösestromstärke und die Auslösezeit voneinander unabhängig eingestellt werden können, ist eine maximale Belastung der Leitungen möglich.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in genullten Verteilnetzen und besonders in jenen mit langen Ausläufern sowohl die Polleiter als auch die Nullleiter verhältnismässig stark bemessen werden müssen. Allein die in Ziff. 6 und 7 von Art. 26 der Starkstromverordnung geforderte mechanische Festigkeit verlangt schon einen bestimmten Minimalquerschnitt des Nullleiters, der mindestens gleich gross sein muss wie die Querschnitte der zugehörigen Polleiter. Wenn nämlich ein Nullleiter zwischen zwei Erdungsstellen bricht, so fliesst im Falle eines Erdschlusses an einem genullten Apparat der Fehlerstrom nicht mehr über den Nullleiter, sondern über die Erdungsstellen zum Transformatorsternpunkt zurück. Die Berührungsspannungen nehmen dann aber nicht nur am defekten genullten Apparat, sondern an sämtlichen genullten Apparaten gefährliche Werte an und können bis zur Sternspannung ansteigen; sie hängen vom Widerstandsverhältnis der einzelnen Erdungen ab.

Leitungsbau

Im Flachland und im hügeligen Voralpenland ist es üblich, die Freileitungsnetze in Regelleitungen mit Spannweiten zwischen 35 und 50 m zu erstellen. Als Leitermaterial werden halbharte Kupferdrähte oder Aldrey-Seile, als Tragwerke imprägnierte Holzstangen verwendet, die auf dem Stangenlager durch Impfung mit einem Doppelstockschutz versehen werden. Es kommt auch vor, dass die Holzstangen bei der Montage in Bodenhöhe mit einer ca. 40 cm breiten Bandage versehen werden. Hier ist grösste Vorsicht geboten, da das weidende Vieh mit Vorliebe an diesen Bandagen leckt. Die giftigen Stoffe des Salzkissens sollen durch Anbringen eines Aluminiumschutzes, der um die Stange montiert wird, gut abgedeckt werden.

Für das Leiterbild wählen wir Abstände von 40 cm und montieren den Nullleiter am obersten Isolator; dann folgen die drei Phasenleiter und zuletzt der Strassenbeleuchtungsdraht. Bei Verwendung von Aldrey werden die Abstände des Leiterbildes auf 50 cm vergrößert. Als Isolator verwenden wir den braunen Glockenisolator Typ RM, Art. Nr. 69/57, Betriebsspannung 3 kV. Für die Befestigung kommen sowohl für Kupferdrähte als auch für Aldrey-Seile bis 50 mm² die Linienbünde zur Anwendung, wobei wir Binddraht von 1,5...2 mm ϕ benützen. Beim EWA werden alle Leiter mit Bögli-Bünden befestigt, die sich bei Föhnstürmen besser bewährt haben. Bei halbhartem Kupferdraht sind die Leiterdurchhänge für eine Montagespannung von 3,5 kg/mm² bei 10 °C berechnet und in unsern Werkvorschriften für verschiedene Spannweiten angegeben. Für Leiterverbindungen werden konzentrische Verbindungsmuffen und für Abzweigungen eine geeignete Abzweigklemme verwendet. Für den Anschluss der Erdungen werden ausgedehnte Wasserleitungsnetze bevorzugt und, wo diese nicht vor-

handen sind, Kupferbänder als Erdelektroden verwendet.

Im zerklüfteten Gebirge sind wir gezwungen, auch die Sekundär-Verteilnetze als Weitspannleitungen zu bauen; infolge der Transportschwierigkeiten werden hauptsächlich Holzstangen verwendet. Kuppel- oder Weitspanngestänge werden durch das Anbringen von geeigneten Eisenkonstruktionen verstärkt und die Leiterzüge durch Stahlseilanker aufgenommen. Die Befestigung derselben erfolgt durch im Fels eingelassene Ringbolzen oder durch Eisenkreuze, die mindestens 1,50 m im Boden vergraben und mit Steinen belastet werden. Zur Ankerisolierung wird mindestens 50 cm unter dem untersten Leiter eine Isolierkugel angebracht. Das Stangenbild muss je nach der Spannweite gewählt werden, wobei in Föhngegenden auf möglichst grosse Leiterdistanzen zu achten ist. Besonders bei dieser Bauart sind oft kleinere Leiterdurchhänge erwünscht, so dass das Aldrey-Seil, eventuell mit Stahlseele, den Vorzug hat. In Gebieten mit Steinschlag können allerdings bei Verwendung dieses Leichtmetalls grössere Beschädigungen auftreten.

Bei der Projektierung neuer Verteilanlagen in ausgesprochenen Gebirgsgegenden ist ein sorgfältiges Studium der Leitungsführungen unumgänglich. So werden zu verschiedenen Jahreszeiten von der gegenüberliegenden Talseite aus fotografische Aufnahmen gemacht, woraus bei entsprechender Beleuchtung allfällige Schneerutschungen, Steinrufen und Lawinenzüge sehr gut ersichtlich sind. Alte Leute werden über Lawenniedergänge ausgefragt, so dass für die Leitungs-Stützpunkte die voraussichtlich sichersten Standorte gewählt werden können. Abgesehen von Lawinen können auch schon kleinere Schneebewegungen und Schneebretter die Leitungstangen über dem Boden abscheren. Hier können bergseits angebrachte Schutzvorrichtungen gute Dienste leisten. Staublawinen mit grossem Luftdruck knicken nicht nur Holzstangen und führen zu Leiterbrüchen, sondern gefährden auch die Gittermasten.

Um den Lawinen und dem Steinschlag auszuweichen, müssen solche Gebiete umgangen oder hoch überspannt werden. An Orten, wo dies nicht möglich ist, kommt nur das Verlegen von Kabeln in Frage. Eine interessante Situation haben wir an einer Stelle bei Bristen, wo die Freileitung längs einer Halde verläuft und schon öfters die Staublawine mit grosser Geschwindigkeit über die Leitung ins Tal stürzte, ohne diese zu beschädigen. Selbstverständlich müssen die Gestänge solcher Leitungen nach allen Seiten gut verankert sein.

Im Sommer kennen wir als bösen Feind der Freileitungen die atmosphärischen Entladungen, die vor allem im luzernischen Mittelland sehr oft und sehr heftig auftreten. Als wirksamer Schutz werden in die Niederspannungsverteilmaste, vorzugsweise vor der Hauseinführung bei der letzten Stange, Überspannungsschutz-Apparate eingebaut. Den Einbau solcher Schutzapparate in den Hauptsicherungskasten haben wir nicht vorgenommen.

Was die technischen Fragen im Zusammenhang mit der Verwendung von Betonmasten in Niederspannungs-Verteilnetzen betrifft, verweise ich auf den Artikel im Bulletin SEV, Seiten des VSE, 49. Jg., 1958, Nr. 26 «Der Betonmast in Niederspannungs-

Verteilnetzen». Der Verfasser, Herr J. Stösser, Chef des Leitungsbaues EKZ, vergleicht die Kosten zwischen Sekundärverteilnetzen mit Beton- oder Holzmasten und kommt zur Schlussfolgerung:

«Die Erfahrungen im Leitungsbau mit ‚leichten und billigen‘ Betonmasten für Niederspannungsnetze zerstreuen viele Bedenken, insbesondere in bezug auf Montage und Transport. Betonmastenleitungen sind wohl ca. 30 % teurer als Holzmastenleitungen, ergeben aber dennoch um 10 bis 12 % kleinere Jahreskosten. Deshalb ist damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahren die Betonmasten in Niederspannungsverteilnetzen vermehrt angewendet werden. Ihre Wirtschaftlichkeit bleibt auch dann bestehen, wenn die Standdauer der Holzmasten in naher Zukunft durch bessere Imprägnierungsverfahren oder vermehrte periodische Nachbehandlungen verlängert werden kann.»

Hausanschlüsse

Die Hausanschlussleitungen werden durch die Elektrizitätswerke erstellt. Jede Liegenschaft soll normalerweise nur einen Anschluss erhalten, und die Anschlußstelle ist so zu wählen, dass der Freileitungsanschluss und die Hauptsicherungen vorschriftsgemäss angebracht werden können. Die Hausanschlüsse von Freileitungen können entweder direkt an den Aussenwänden oder an den Dachständern erfolgen. Es ist jedoch darauf zu achten, dass die blanken Zuleitungsdrähte weder vom Boden noch von allgemein zugänglichen Gebäudeteilen aus ohne besondere Hilfsmittel berührt werden können. Ausserdem sollen Zuleitungsdrähte von äusseren Metallteilen an Gebäuden, von First- und Gratblechen, Dachrinnen, Abfallrohren und dergleichen sowie von Gebäude-Blitzschutzanlagen mindestens 1 m entfernt sein.

Der Abstand der Zuführungsdrähte vom Boden soll mindestens 5,5 m betragen. Das Überführen von Balkonen, Vorbauten und ebenen Dächern mit Zuleitungsdrähten ist möglichst zu vermeiden, oder es soll mindestens ein Abstand von 4 m eingehalten werden. Hauseinführungen dürfen nicht in feuergefährliche, nasse, staubige oder mit ätzenden Dünsten angefüllte Räume einmünden, sofern irgendeine andere Möglichkeit besteht. Sind Einführungen in solche Räume nicht zu vermeiden, so müssen die Hausanschluss-Sicherungen in einen gut schliessenden Kasten aus feuerfestem, mechanisch widerstandsfähigem Material eingebaut werden. Scheunen sind als feuergefährliche Räume zu betrachten, und die Hauptsicherungen dürfen nicht in Heu- oder Strohbühnen angebracht werden, da auch das Durchführen von Leitungen nach andern Räumen nicht zulässig ist. Bei allen Gebäudeanschlüssen sind Warnungstafeln anzubringen.

Dachständer

Damit der Isolationsgrad der Freileitung eingehalten werden kann, ist dem Dachständereinzug und der Anschlußsicherung grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Die isolierten Leiter sind den Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüssen sehr stark ausgesetzt und stehen untereinander und mit dem Ständerrohr in enger Berührung. Zudem ist eine periodische

Kontrolle des Isolationszustandes im Innern des Ständerrohres sehr erschwert. Atmosphärische Überspannungen können Isolationsdurchschläge an den Dachständerdrähten bewirken, und bei bestimmten Voraussetzungen entsteht ein durch den nachfolgenden Betriebsstrom gespiesener Stehlichtbogen, der unangenehme Folgen haben kann.

Wir haben eine Dachständer-Einführung entwickelt, die eine distanzierte, isolierte Leiterführung im Ständer sowie eine geschlossene Leitungsführung vom Ständer in den Sicherungskasten gestattet.

Andere Werke verwenden das Mehrkanalrohr aus Isoliermaterial, wobei jeder Leiter getrennt in einen Kanal eingezogen wird. Im Bulletin SEV, 45. Jg. 1954, Nr. 12, wurde über Versuche der FKH an Dachständer-Einführungen mit Isodur-MK-Rohr berichtet. Einige Hinweise mögen zeigen, was bei der Dachständereinführung zu beachten ist.

Dachständer sind, den mechanischen Beanspruchungen entsprechend, aus galvanisierten Eisenrohren von mindestens 2,5" zu erstellen. Die Rohre sind mit Schutzkappen zu versehen, damit kein Regenwasser eindringen kann, und sie müssen so hoch sein, dass die Höhe der Freileitungsdrähte (inkl. Strassenbeleuchtungsdraht) über dem Dach an keiner Stelle weniger als 1,8 m beträgt. Die Dachständer sollen wenn möglich die Hausfirste nicht überragen und in der Regel keinen Verteilpunkt bilden. Der Standort ist so zu wählen, dass das untere Ende des Rohres sich an einem gut ventilierten Ort befindet; sie dürfen nicht in heizbare Räume einmünden, da sich sonst Kondenswasser bildet! Ist dies nicht möglich, so sollen der Dachständer mit dem Sicherungskasten an der Aussenwand montiert und die Leitung mit Thermoplastkabel ins Innere geführt werden. In Heustöcken dürfen die Dachständerrohre weder ein- noch durchgeführt werden; sie sind so zu montieren, dass die Verbindung mit dem Sicherungskasten über ein Steatiteinführungsstück geschlossen erfolgen kann.

Der Dachständereinzug darf nur noch mit Thermoplastdrähten mit verstärkter Isolation in wärmebeständiger Ausführung Typ Twv erfolgen; innerhalb des Ständerrohres dürfen keine Löt- oder Klemmenverbindungen gemacht werden. Wo die Ständer auf den Boden zu stehen kommen, ist das Einlegeblech in den Gussflansch einzulegen.

Ständer, die nicht auf dem Boden abgestützt werden, sind durch eine Stützschaube, die in einen am untern Ende des Rohres angebrachten Schlitz eingeführt wird, gegen Abrutschen und Verdrehen zu sichern und mit einer Abschlusskappe zu versehen. Dreileiteranschlüsse sind wegen der Verdrehung des Ständers zu vermeiden.

Dachständer sollen wenn möglich nicht in erreichbarer Nähe von Gebäudeblitzschutzanlagen oder von mit der Erde in Verbindung stehenden metallischen Baubestandteilen angebracht werden (Abstand mindestens 1 m). In diesem Falle dürfen sie *nicht* mit dem Nulleiter verbunden und nicht an die Gebäudeblitzschutzanlage angeschlossen werden.

Kann dieser Abstand nicht eingehalten werden oder ist ein Blechdach vorhanden, so ist der Dachständer zu erden bzw. zu nullen, d. h. mittels Klemmbride mit der Gebäudeblitzschutzanlage und in genullten Netzen gleichzeitig mit dem Nulleiter

zu verbinden. Dadurch dient die Gebäudeblitzschutzanlage als Erdleiter bzw. als Nulleitererde und ist isoliert oder mit Abstand zu führen, wenn sie über brennbare Gebäudeteile verlegt wird.

Auch Dachständer in unmittelbarem Berührungsbereich von allgemein zugänglichen, nicht isolierenden Standorten sind zu erden bzw. zu nullen.

Fassaden-Anschlüsse

Aus ästhetischen Gründen soll der Anschluss wenn möglich an der hinteren Hausfassade erfolgen. Die Anschlüsse dürfen nicht unterhalb von Fenstern angebracht werden und wenn sie neben oder über den Fenstern angeordnet sind, sollen die Drähte von den Fenstern aus ohne Hilfsmittel nicht berührt werden können. Die Isolatoren der Anschlußstelle sollen eine Distanz von mindestens 70 cm in vertikaler und 50 cm in horizontaler Richtung aufweisen und wenn möglich das gleiche Bild wie auf der Stange haben.

Für Durchführungen durch Mauerwerk und Holzwände verwenden wir Novodur- oder Porzellanrohre, die nach aussen leicht geneigt sein müssen, um den Wassereintritt zu verhindern (andere Werke verwenden das Mehrkanalrohr). Jeder Leiter ist separat in ein Durchführungsrohr oder in einen Kanal einzuziehen, der direkt von hinten in den Sicherungskasten eingeführt wird. Damit wird eine geschlossene Leitungsführung erreicht.

Freileitungs-Fassadenanschlüsse unter steilen Dächern sind zu vermeiden, da durch das Abrutschen des Schnees Störungen auftreten können. Wenn keine andere Anschlussmöglichkeit vorhanden ist, so sind Schneefänge oberhalb des Anschlusses anzubringen. In Ausnahmefällen haben wir auch schon Anschlüsse mit Isoportkabel ausgeführt.

Bei den Fassadenanschlüssen ist speziell darauf zu achten, dass das den Drähten entlang laufende Wasser nicht ins Gebäudeinnere gelangen kann. Dies ist besonders bei steilen Zuleitungsdrähten der Fall, wo nach Möglichkeit das Einführungsrohr über dem Isolator anzubringen ist; andernfalls sind Abtropfvorrichtungen vorzusehen.

Kabelanschlüsse

Diese werden auch in ländlichen Verteilgebieten immer mehr angewendet, z. B. für einzelne grössere Bauten, wie Mehrfamilienhäuser, Gewerbe- und Landwirtschaftsbetriebe oder in Ortschaften mit geschlossener Bauweise. Hierüber hat Herr Dir. Strehler in seinem Referat weitgehend orientiert.

Hochspannungsleitungen

Meine Ausführungen über den Bau von Hochspannungsleitungen beschränken sich auf Mittelspannungen von 12 kV, 16 kV und 50 kV. Bei der Projektierung ist darauf zu achten, dass das Landschaftsbild geschont wird. Die Trasseführung soll auf möglichst lange Strecken geradlinig sein; scharfe Winkel sind zu vermeiden. Hochspannungsleitungen mit diesen Spannungen können als Regel- oder Weitspannungsleitungen erstellt werden. Aus betrieblichen Gründen ist dem Ringleitungs-System der Vorzug zu geben. Als Stützpunkte kommen für Spannungen bis 20 kV meistens Holzstangen oder Betonmasten, für höhere Spannungen Holz-, Beton- oder Eisen-

masten in Frage. Holzstangen werden zum Teil auch auf Mastfüsse gestellt, wo es die Bodenbeschaffenheit infolge starker Stangenfäulnis bedingt, oder wo es die Vorschriften, z. B. bei Bahnkreuzungen, verlangen. Vielerorts werden Hochspannungsleitungen mit Schleuderbetonmasten erstellt und Spannweiten von 80...120 m gewählt. Können die Spannweiten auf 120 m festgelegt werden und ist es möglich, mit wenigen Winkel-Stützpunkten auszukommen, so ist die Betonmastenleitung gegenüber der Holzstangen-Regelleitung mit Spannweiten bis 50 m nebst der grösseren Betriebssicherheit auch in finanzieller Hinsicht vorteilhaft. Im Gebirge sind jedoch die Transportmöglichkeiten und die Transportkosten für Betonmasten mitbestimmend bzw. ausschlaggebend.

Für Regelleitungen wählen wir für 12, 16 und 50 kV ein Stangenbild mit Leiter-Distanzen von 70 cm. Die Befestigung der Leiter an den Isolatoren wird mit Böglbüden bewerkstelligt und für 12 und 16 kV Isolatoren Typ Beznau, für 50 kV Isolatoren Typ Delta und Weitschirm verwendet. Bei Weitspannleitungen bestehen die Hänge- oder Abspannketten aus Doppelteller-Isolatoren, Typ Motor, oder aus Einteller-Isolatoren Ohio-Brass. Für 16 kV verwenden wir einen Motor-Isolator oder zwei Ohio-Brass-Isolatoren und für 50 kV zwei bzw. 4 Elemente. Die Stangenlochtiefen variieren je nach Stangenlänge, z. B. für 10...15 m lange Stangen zwischen 1,5 und 2 m; die Holzstangen werden durch 2...3 Steinkränze verkeilt. Holz-Kuppelstangen werden meistens auf Stangenfüsse montiert und mittels speziellen, verstellbaren Distanz-Stücken zusammen verschraubt. Damit wir im Fels keine Stangenlöcher aussprengen müssen, fertigen wir einen Stangenfuss aus Eisen an, der mittels 4 Steinschrauben auf dem Fels befestigt wird. Einige Sonder-Ausführungen für Spannweiten in der Grössenordnung von 500...1000 m, mit grossen Höhendifferenzen, finden sich in abgelegenen Gebieten des Kantons Uri. Um grosse Phasen bzw. Leiterabstände zu erhalten, was für jeden Leiter ein Einzelgestänge erfordert, wurden die Leiterseile direkt am Fels abgespannt und einige Meter vor der Befestigung eine Isolatorenkette ein-

gesetzt. Als Zuleitung zu einer temporären Transformatorstation auf der Baustelle Göschenalp wird diese Art der Abspannung im Talboden verwendet.

Für stark belastete Hochspannungsleitungen verwenden wir als Streckenschalter den Freileitungs-Stangenschalter mit aufgebauten Löschkammern und einer Abschaltleistung von 8500 kVA.

Bei Kabelabgängen, z. B. für eine Transformatorstation ab einer durchgehenden Hochspannungsfreileitung, montieren wir auf einem Betonmast unterhalb dem Leiterbild einen Abzweigtrenner vor dem Kabelendverschluss. Meistens wird bei der Montage von Freileitungsschaltern auf Holzstangen der isolierte Antrieb an ein separat verlegtes Erdband geerdet. Bei Montage auf Eisen- oder Betonmasten ist es nur möglich, den ganzen Mast inkl. Antrieb gut zu erden.

Bei Holzstangen-Leitungen haben wir nur in ganz exponierten, blitzgefährdeten Lagen ein Erdseil gezogen. Beton- und Eisenmasten dagegen sind normalerweise durch ein Erdseil miteinander verbunden, so dass es möglich ist, in gewissen Abständen gute Erdungen zu bewerkstelligen. Auf dem Gipfel des Fronalpstocks, auf 2000 m Höhe, haben wir, nebst Überspannungsableitern beim Kabelübergangs-Gestänge, auf einer grossen Strecke an den Holzgestängen weit überragende Eisenstangen als Blitzableiter angebracht, die jedoch erst ihre volle Wirkung zeigten, als sie alle miteinander längs der Leitung durch einen im Boden verlegten Kupferdraht verbunden wurden.

Durch den Einbau sehr vieler Überspannungsableiter in den Hochspannungsnetzen konnten bei atmosphärischen Entladungen die Abschaltungen und die Beschädigungen wesentlich reduziert werden. Grössere Zerstörungen durch den im Lichtbogen nachfolgenden Betriebsstrom werden zudem durch sehr kurze Abschaltzeiten vermieden, wobei sich besonders der selektive Schnelldistanzschutz im 50-kV-Netz vorteilhaft bewährt hat.

Adresse des Autors:

M. Ammann, Betriebsleiter des Elektrizitätswerkes Altdorf, Altdorf.

Wirtschaftliche Mitteilungen

Die verschiedenen Rohenergieträger bei der Erzeugung elektrischer Energie in den Vereinigten Staaten

620.9: 621.311.1(73)

Kürzlich hat die «Electrical World»¹⁾ in einem Aufsatz mit dem Titel «King Coal to Reign through 1975» einige Schätzungen über den Anteil veröffentlicht, der in den nächsten 15 Jahren den verschiedenen Rohenergieträgern bei der Erzeugung elektrischer Energie in den Vereinigten Staaten zukommen wird. Bekanntlich stützt sich die Erzeugung elektrischer Energie in den USA praktisch auf alle Rohenergieträger, die es gibt und über die dieses Land selbst in grossem Masse verfügt: Kohle, Öl, Naturgas, Wasserkraft und Uran. In Anlehnung an diese Studie und an eine Zusammenfassung in Nr. 16 der «Economie électrique», dem alle drei Monate erscheinenden Bulletin der UNIPÉDE, sollen nachstehend einige Zahlen von allgemeinem Interesse mitgeteilt werden.

Die Erzeugung der Werke der Allgemeinversorgung betrug in den Vereinigten Staaten im Jahre 1957 631,4 TWh. Für das Jahr 1965 rechnet die «Electrical World» mit einer Erzeugung von

1175 TWh und für 1975 mit einer solchen von 2400 TWh. Der Anteil der Rohenergieträger an der Erzeugung elektrischer Energie im Jahre 1957 war:

Kohle	55 %
Wasserkraft	20 %
Erdgas	18 %
Erdöl	7 %

Welche Entwicklung ist nun für die Zukunft zu erwarten?

Der Anteil der Wasserkräfte an der Erzeugung elektrischer Energie, der im Jahre 1957 rund 20 % betrug, wird relativ stark zurückgehen. Selbst wenn bis zum Jahre 1975 die Hälfte der von der Federal Power Commission registrierten Wasserkräfte ausgebaut wären, würde sich der Anteil der hydraulisch erzeugten elektrischen Energie in jenem Jahr nur mehr auf etwa 11 % der Gesamterzeugung belaufen. Es ist aber zu bedenken, dass aus politischen Gründen und durch den relativ starken Anstieg der Baukosten für Wasserkraftwerke eher mit einer Zurückhaltung im weiteren Ausbau der verfügbaren Wasserkräfte zu rechnen ist.

Die Erdölvorräte wurden auf den 31. Dezember 1956 auf 4,8 Milliarden Kubikmeter geschätzt, was einem Verbrauch von

¹⁾ «Electrical World», Band 149, Nr. 21, 1958, S. 101...104

ungefähr 12 Jahren entspricht. Bis heute hat die Erfahrung gezeigt, dass die jährlich entdeckten Erdölvorkommen einer Zunahme der Produktionskapazität entsprechen, die grösser ist als die Zunahme der tatsächlichen Produktion. Im Jahre 1975 werden die Erdölvorräte noch bedeutend sein; trotzdem wird der Anteil des schweren Öls an der Erzeugung elektrischer Energie wahrscheinlich zurückgehen. Gegenwärtig beträgt der Anteil des schweren Öls an den bei der Raffination anfallenden Erdölprodukten nur etwa 15%, und es besteht die Aussicht, dass er infolge der anhaltenden Anstrengungen zur Erzeugung immer hochwertigerer Produkte noch weiter zurückgeht. Das schwere Öl seinerseits sollte zudem noch jenen Verbrauchern vorbehalten bleiben, die den Rohstoff wirtschaftlicher ausnützen als die Elektrizitätswerke. Voraussichtlich wird sein Preis im Laufe der nächsten Jahre wiederum steigen und im Jahre 1975 vielleicht etwa um 40% höher sein als im Jahre 1957.

Die ähnlichen Überlegungen können auch in bezug auf die Verwendung des Erdgases zur Erzeugung elektrischer Energie gemacht werden; sein Preis ist ebenfalls im Steigen begriffen. Wenn die gegenwärtige Preisentwicklung andauert, wird er voraussichtlich im Jahre 1975 doppelt so hoch sein wie im Jahre 1957. Im Jahre 1954 hat der Anteil des Erdgases an der Erzeugung elektrischer Energie mit 25,7% sein Maximum erreicht. Aber er ist inzwischen bereits auf 18% zurückgegangen und wird sehr wahrscheinlich im Jahre 1975 kaum 12% überschreiten, es sei denn, dass in den nächsten Jahren grosse Reserven an Erdgas entdeckt werden. Gegenwärtig werden die Erdgasvorkommen auf 6700 Milliarden Kubikmeter geschätzt.

Im Gegensatz zu den drei erwähnten Energieträgern ist vor auszusehen, dass der Anteil der Kohle an der Erzeugung elektrischer Energie, der sich im Jahre 1957 auf 55% belief, im Jahre 1975 mindestens 66% der Gesamterzeugung erreichen wird, d. h. etwa 1600 TWh. Die Kohlevorkommen sind sehr umfangreich; sie werden auf 943 Milliarden Tonnen Steinkohle und 525 Milliarden Tonnen Braunkohle geschätzt.

Die Vorräte an Kernbrennstoffen in den Vereinigten Staaten sind bedeutend.

In kcal ausgedrückt verteilen sich die wirtschaftlich auswertbaren Brennstoffvorkommen klassischer und nuklearer Herkunft in den USA wie folgt:

Kohle (Torf inbegriffen)	15,6 × 10 ¹⁷ kcal
Erdöl	1,5 × 10 ¹⁷ kcal
Gas	0,5 × 10 ¹⁷ kcal
Kernbrennstoffe	37,0 × 10 ¹⁷ kcal

Bei der Schätzung der relativen Anteile der verschiedenen Rohenergieträger an der Erzeugung elektrischer Energie in den kommenden Jahren hat die «Electrical World» folgende Faktoren in Berücksichtigung gezogen: Vorräte, Kosten, Kapitalbedarf, Konkurrenz der Elektrizität mit andern Energieformen, politisches Klima. Aus den obigen Ausführungen geht hervor, dass die Kohle in den nächsten 20 Jahren ihre dominierende Stellung in der Erzeugung elektrischer Energie behalten wird. Wenn auch die Kosten der Erzeugung elektrischer Energie in Kernkraftwerken sinken werden, ist trotzdem nicht anzunehmen, dass die Kernenergie schon im Jahre 1975 als Rohenergieträger eine ausschlaggebende Rolle spielen wird. Vielmehr wird ihr Anteil in jenem Jahr kaum 4% übersteigen. In beinahe allen Gegenden der USA werden die Kosten der Erzeugung elektrischer Energie in Wasserkraftwerken und klassischen thermischen Kraftwerken immer noch tiefer liegen als in Atomkraftwerken.

Allerdings muss man sich bewusst sein, dass Voraussagen über die zu erwartende Entwicklung in der Elektrizitätswirtschaft, wie allgemein auf dem Gebiete der Wirtschaft, unsicher bleiben. Dies gilt ja auch, wenn es darum geht, über die Entwicklung des Bedarfes an elektrischer Energie oder an Energie überhaupt Voraussagen zu machen. FL

Unverbindliche mittlere Marktpreise

je am 20. eines Monats

Metalle

		Mai	Vormonat	Vorjahr
Kupfer (Wire bars) ¹⁾	sfr./100 kg	295.—	295.—	230.—
Banka/Billiton-Zinn ²⁾	sfr./100 kg	980.—	980.—	900.—
Blei ¹⁾	sfr./100 kg	93.—	93.—	92.—
Zink ¹⁾	sfr./100 kg	97.—	94.—	84.—
Stabeisen, Formeisen ³⁾	sfr./100 kg	49.50	49.50	56.50
5-mm-Bleche ³⁾	sfr./100 kg	47.—	47.—	61.—

¹⁾ Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 t.

²⁾ Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 5 t.

³⁾ Preise franko Grenze, verzollt, bei Mindestmengen von 20 t.

Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		Mai	Vormonat	Vorjahr
Reinbenzin/Bleibenzin ¹⁾	sfr./100 kg	37.—	37.—	40.—
Dieselöl für strassenmotorische Zwecke ²⁾	sfr./100 kg	35.20	35.20	36.15
Heizöl Spezial ²⁾	sfr./100 kg	16.15	16.15	15.50
Heizöl leicht ²⁾	sfr./100 kg	15.45	15.45	14.70
Industrie-Heizöl mittel (III) ²⁾	sfr./100 kg	12.10	12.10	11.50
Industrie-Heizöl schwer (V) ²⁾	sfr./100 kg	10.90	10.90	10.30

¹⁾ Konsumenten-Zisternenpreis franko Schweizer-grenze Basel, verzollt, inkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.

²⁾ Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Schweizergrenze Buchs, St. Margrethen, Basel, Genf, verzollt, exkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t. Für Bezug in Chiasso, Pino und Iselle reduzieren sich die angegebenen Preise um sfr. 1.—/100 kg.

Kohlen

		Mai	Vormonat	Vorjahr
Ruhr-Brechkoaks I/II ¹⁾	sfr./t	105.—	105.—	136.—
Belgische Industrie-Fettkohle				
Nuss II ¹⁾	sfr./t	81.—	81.—	99.50
Nuss III ¹⁾	sfr./t	78.—	78.—	99.—
Nuss IV ¹⁾	sfr./t	76.—	76.—	97.—
Saar-Feinkohle ¹⁾	sfr./t	72.—	72.—	87.50
Französischer Koks, Loire ¹⁾	sfr./t	124.50	124.50	144.50
Französischer Koks, Nord ¹⁾	sfr./t	119.—	119.—	136.—
Polnische Flammkohle				
Nuss I/II ²⁾	sfr./t	88.50	88.50	101.—
Nuss III ²⁾	sfr./t	82.—	82.—	100.—
Nuss IV ²⁾	sfr./t	82.—	82.—	100.—

¹⁾ Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon Basel, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.

²⁾ Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon St. Margrethen, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie.

Redaktion der «Seiten des VSE»: Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Bahnhofplatz 3, Zürich 1, Postadresse: Postfach Zürich 23, Telefon (051) 27 51 91, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrunion Zürich.

Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.

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