

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 54 (1963)  
**Heft:** 13

**Artikel:** Eine neue Methode für Leitungsreparaturen  
**Autor:** Howald, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-916497>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.02.2026

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

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

### Eine neue Methode für Leitungsreparaturen

von W. Howald, Thalwil

*Das Ausschalten von Leitungen zur Vornahme von Reparaturarbeiten bietet immer grössere Schwierigkeiten. Aus diesem Grund ist man bereits vor längerer Zeit in den USA dazu übergegangen, Isolatorauswechselungen unter Spannung vorzunehmen. Das nachstehend beschriebene Verfahren bedient sich der neuen hydraulischen Montage-Maschinen (Ellbogen), wobei der Monteur unmittelbar mit der Spannung in Berührung steht und sich auf Leitungspotential befindet.*

*Obwohl ein solches Verfahren nach unseren Vorschriften nicht zulässig ist und auch unserer Auffassung vom Schutz des Arbeitenden nicht entspricht, glauben wir, dass es unsere Leser interessieren wird, über die Entwicklung in anderen Ländern etwas zu erfahren.*

Jeder Betriebsleiter elektrischer Anlagen kennt die Schwierigkeiten, welche sich dem Ausschalten einer Leitung zur Vornahme von Reparaturen entgegen stellen. Je höher die Spannung und je grösser die auf einem Strang übertragene Leistung ist, um so grösser werden diese Schwierigkeiten.

In den USA ist man deshalb bereits vor vielen Jahren dazu übergegangen, mittelst Werkzeugen, welche eine grössere Isolierstrecke einschlossen, an Leitungen unter Spannung zu arbeiten. Neben dem Prüfen und Auswechseln der Hängeisolatoren, wurde weiter das Anbringen von Armierungen in den Hängeklemmen ausgeführt. Es ist dies die sogenannte «Hot-Stick-Methode».

Da für diese Arbeitsweise bei Leitungen mit Stützisolatoren das Anbringen von Drahtbünden nicht tunlich war, wurden solche Isolatoren gegen Typen mit oberer Klemme ausgewechselt.

Nachdem nun aber neue Hilfsmittel mit den hydraulisch gesteuerten Montage-Ellbogen geschaffen worden sind, welche die Monteure rasch und sicher an den Arbeitsort heben, wurde deren Anwendung systematisch weiterentwickelt. Es ist nun möglich, nachdem die Isolation dieser Hebearme elektrisch und mechanisch verbessert wurde, den Monteur

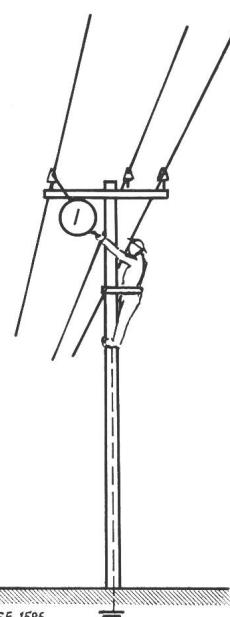


Fig. 1  
**Hot-Stick-Methode**  
Ableitstrom  $I$  fliesst durch Isolierwerkzeug und Mann

*Le déclenchement des lignes en vue de réparations présente des difficultés toujours croissantes. C'est pour cette raison qu'aux Etats-Unis on a commencé, voici déjà assez longtemps, de remplacer sous tension les isolateurs de lignes aériennes. Le procédé décrit ci-après utilise les nouvelles machines hydrauliques de montage (coudes articulés) qui permettent de placer le monteur immédiatement en contact avec la tension, de sorte qu'il se trouve au même potentiel que la ligne.*

*Bien que ce procédé ne soit pas admis par nos prescriptions et soit incompatible avec notre conception de la protection du travailleur, nous croyons devoir renseigner nos lecteurs sur ce qui se fait dans d'autres pays.*

bis zu den höchsten Spannungen direkt mit der Leitung in Berührung zu bringen, so dass die Arbeiten mit normalen Werkzeugen und daher rascher und sicherer ausgeführt werden können.

Entsprechend der Arbeitsweise, wird die Methode als «Live-Line-Barehand-Method» bezeichnet. Ihre Merkmale sollen nachstehend etwas näher beschrieben werden.

Die bisherige «Hot-Stick-Methode» besitzt den Nachteil, dass der Monteur selbst Teil der Isolation eines Kondensators wird und auch die Kriechströme durch seinen Körper

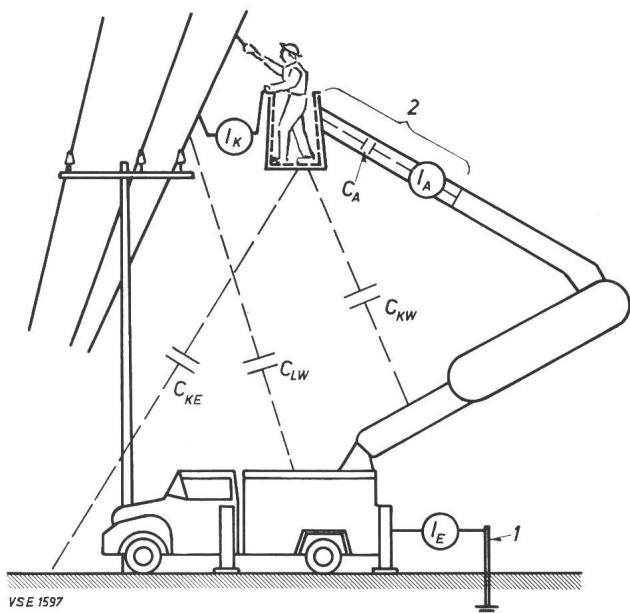


Fig. 2  
**Live-Line-Methode**

$I_K$ : Ableitstrom durch Ankopplung-Korb-Arm, bestimmt durch  $C_A$ ,  $C_{KW}$  und  $C_{KE}$   
 $I_A$ : Strom im Arm, bestimmt durch  $C_A$   
 $I_E$ : Erdstrom ab Wagen, bestimmt durch  $C_{LW}$ ,  $C_{KW}$  und  $C_A$   
1 Erdung des Wagens  
2 Isolierstrecke im Arm

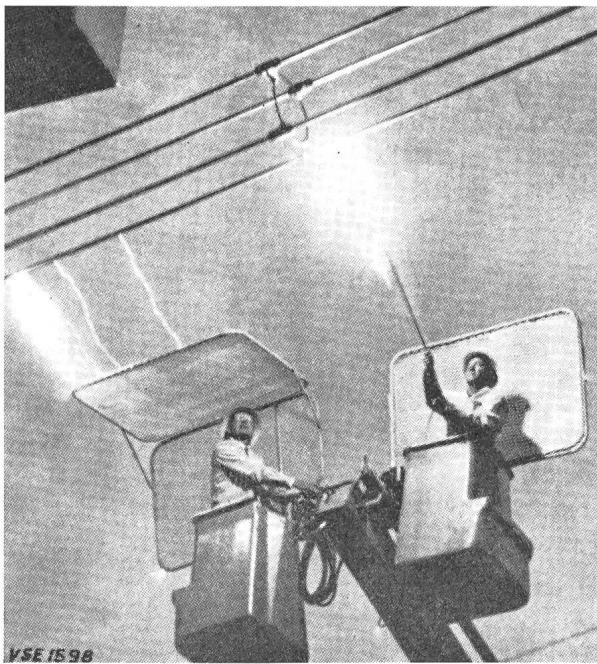


Fig. 3

**Ladefunken beim Ankoppeln an die 775-kV-Versuchsleitung «Apple-Grove»**

Man beachte die über 230 kV nötige zusätzliche Abschirmung

nach der Erde fliessen (Fig. 1). Diese können aber bei sehr hohen Spannungen, und besonders bei ungünstiger Witterung, grössere Werte annehmen, so dass die Arbeit nicht ausgeführt werden kann.

Im Gegensatz dazu wird bei der «Live-Line-Methode» der Monteur mittelst eines isolierenden Hebearmes und eines Korbes aus Isoliermaterial (Glas-Fibern) direkt an die Leitung herangebracht und damit von den Ableitströmen nicht beeinflusst (Fig. 2).

Der Korb ist mit einer leitenden Innenfläche versehen, wie auch der Monteur Schuhe mit einer leitenden Sohle trägt. Ferner muss der Belag des Korbes direkt leitend mit dem spannungsführenden Leiter verbunden werden. Damit befindet sich der Monteur wie ein Vogel auf dem Leitungsdraht auf dem Potential der Leitung.

Das Anschalten an die Leitung hat über ein Kabel mit Isoliergriff zu erfolgen, da hierbei je nach Spannung be-

trächtliche Ladungsfunkens entstehen. Fig. 3 zeigt z. B. das Ankuppeln an die 775 kV Versuchsleitung «Apple-Grove» mit einem 4-Leiterbündel.

In Fig. 2 sind weiter die verschiedenen Kapazitätskreise gezeigt, welche zu Ableitströmen führen können. Hier von ist  $I_A$ , welcher über den Montagearm führt, der wichtigste. Er muss aus Sicherheitsgründen jeweils vor Beginn einer Arbeit gemessen werden. Hierzu wird der Korb an die Leitung herangebracht und am unteren Ende des Armes kann beim Drehzapfen ein Micro-Ampèremeter eingestöpselt werden. Dadurch kann der Ableitstrom auch während der Arbeit fortwährend verfolgt werden, wenn dies aus Witterungsgründen nötig ist.

In Tabelle I sind die Nominalwerte für die Kapazitätsströme  $I_K$  (Leiter—Korb) und  $I_E$  (Lastwagen—Erde) in Milliampère, sowie die Nominalwerte und die bei schönem und feuchtem Wetter zulässigen Armströme  $I_A$  zusammengestellt. Die letzteren werden in Microampère gemessen.

*Ableit- und Kriechströme*

Tabelle I

Leitungs-Spannung kV	Nominalwerte Milliampère		Nominal- $I_A$	Zulässige Werte Microampère	
	$I_E$	$I_E$		$I_A'$	$I_A''$
23	0,40	0,09	13	33	1 000
46	0,76	0,18	25	66	1 000
69	1,20	0,27	38	100	1 000
138	2,20	0,55	78	200	1 000
230	4,00	0,90	130	330	1 000
345	5,50	1,25	195	500	1 000
460	8,00	1,75	280	700	1 000

$I_A'$  Trockenes Wetter

$I_A''$  Nasses Wetter

*Erforderliche Abstände*

Tabelle II

Leitungsspannung kV	Abstand gegen Phase cm	Abstand gegen Erde cm
0...46	61	61
69	91,5	61
138	135	91,5
230	245	185
345	305	245
500	430	335
750	670	520

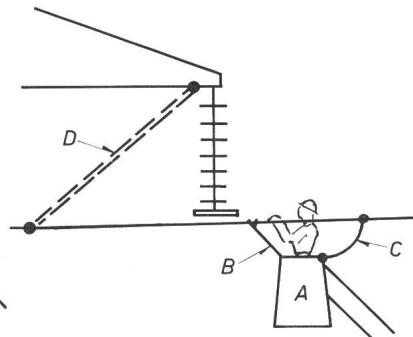
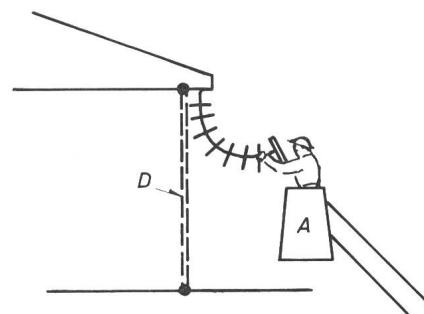
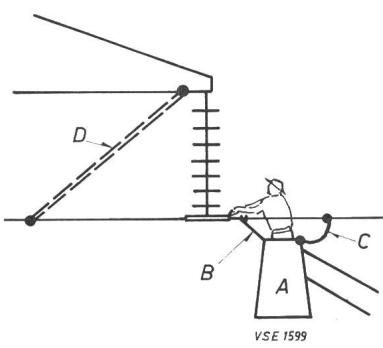


Fig. 4  
**Auswechseln eines Hängeisolators unter Spannung**

a) *Phase 2/3*

Korb A durch Montagearm B und Seil C ankoppeln  
Hilfsstange D einhängen  
Klemme lösen und Leiter mit Montagearm B absenken bis Stange  
D trägt

c) *Phase 5*

Korb A ankoppeln  
Leiter durch Montagearm B heben, in Klemme einlegen und befestigen  
Hilfsstange D seitwärts schieben und wegnehmen

b) *Phase 4*

Leiter hängt an Hilfsstange D  
Korb A ist abgekoppelt  
Isolator auswechseln

Wenn auch die isolierten und in jeder Richtung beweglichen Arme der Montage-Ellbogen jede erforderliche Stellung ermöglichen, so müssen doch genügende Abstände von den anderen Phasen und wenn der Korb an die Leitung gekuppelt ist, von geerdeten Teilen (Mastenausleger) innegehalten werden. Tabelle II gibt die als nötig erachteten Werte.

Es soll nun der Vorgang für die Auswechselung einer Hängekette, resp. eines defekten Isolators beschrieben werden:

1. Messung des Stromes  $I_A$  bei leerem Korb mit Anlegen an die Leitung und Einstöpseln des Instrumentes bei geerdetem Lastwagen.
2. Auffahren des Korbes mit den Monteuren und Ankupeln an die Leitung. Lösen der Hängeklemme und Einführen einer Isolierstange mit Klemme zwischen Tragarm und Leiter.
3. Abheben des Leiters aus der Hängeklemme mit Hilfe eines Hakens am Montagearm und Absenken bis die Isolierstange den Leiter trägt.
4. Abkuppeln des Korbes, Rückfahren auf Erddistanz, Heranziehen der leeren Kette und Auswechseln des Isolators.
5. Wiederankoppeln des Korbes an die Leitung. Auffahren mit dem an den Haken angehängten Leiter und einlegen in die Hängekette und befestigen. Ablösen der isolierten Hilfsstange.
6. Arbeit beendet, abkoppeln des Korbes und Absenken.

Die nachfolgende Fig. 4 zeigt schematisch die Etappen 2/3, 4, 5, der vorstehend beschriebenen Arbeit, während Fig. 5 den Augenblick darstellt, wo bei abgekuppeltem Leiter an der Hilfsstange, der drittunterste Isolator einer 161 kV Kette von dem auf Erdpotential stehenden Korb aus ausgewechselt wird. Der erwähnte Montage- und Traghaken ist ebenfalls deutlich ersichtlich. Dabei arbeitet die hydraulische Steuerung so exakt, dass das Einhängen in die Klöppelösen ohne manuelle Kraftanstrengung rein mechanisch erfolgen kann.

Es ist einleuchtend, dass diese gegenüber früher stark vereinfachte Methode bedeutende Einsparungen an Arbeitszeit ermöglicht und auch bedeutend sicherer ist, als die Arbeit mit den langstieligen «Hot-Stick-Werkzeugen». Aus

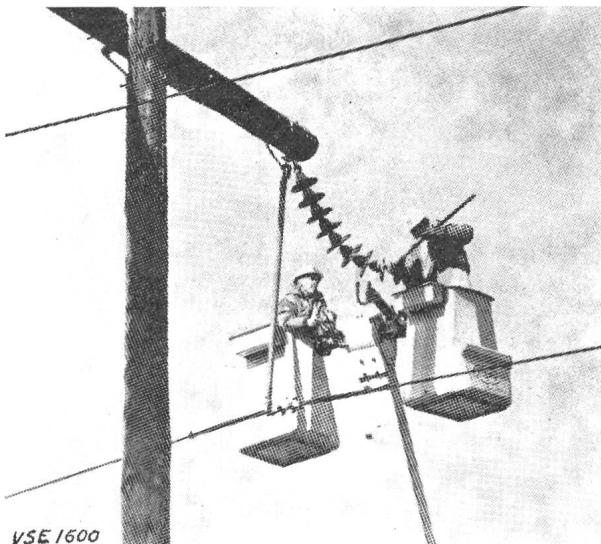


Fig. 5

**Auswechseln eines Isolators bei abgehängtem Leiter (Phase 4)**  
Man beachte die Hilfsstange und den Montagearm am Korb

längerer Erfahrung hat sich folgende Gegenüberstellung ergeben.

Es muss bei dieser Gegenüberstellung besonders darauf hingewiesen werden, dass bei der alten Methode jeweils 3...4 Mann auf der Leitung beschäftigt waren, während bei der neuen Methode nur je 1 Mann in den beiden Körben arbeitet.

Wie die frühere «Hot-Stick-Methode», so bedingt auch die neue Arbeitsweise ein eingehendes Training der hierzu aussersehenden Mannschaft. In speziellen Einführungskursen von ca. 5 Tagen werden die Theorie des elektrischen Feldes, Kenntnis, Gebrauch und Unterhalt des zur Verwendung gelangenden Materials, der Werkzeuge und Maschinen und die Sicherheitsmassnahmen behandelt. Dann folgen praktische Arbeiten an Leitungen, zuerst in abgeschaltetem Zustand, nachher unter Spannung.

Von den Sicherheitsvorkehrten sollen die wichtigsten und immer wieder eingehämmerten Grundsätze erwähnt werden. Diese lauten:

- Vor jedem Arbeitsbeginn ist der Ableitstrom zu messen. Ergibt er zu hohe Werte, ist der Montagearm von Staub zu säubern.
- Berühre immer nur denjenigen Anlageteil, mit dem Dein Korb leitend verbunden ist.
- Die Ankopplung an die Leitung muss immer zweifach erfolgen.
- Die Bedienung der Montagearme (verstellen) darf nur vom Korb aus vorgenommen werden. Die auf dem Wagen angebrachten Steuerorgane sind nur im Notfall zu betätigen, sonst dürfen sie nicht berührt werden.
- Auf dem Arbeitplatz soll strikte Ruhe herrschen.

Die weiteren Bilder geben noch einige Ansichten der verwendeten Montage-Ellbogen bei der Vornahme verschiedener Arbeiten. Es sei auch noch erwähnt, dass sie z. B. bei Montagearbeiten in Freiluftstationen ebenfalls gute Dienste leisten können, da je nach Armstellung bis 1000 kg Zusatzlast angehängt werden können.

Fig. 6 und 7 zeigen einen Montage-Ellbogen in verschiedenen Positionen, aus denen ihre grosse Beweglichkeit sich deutlich zeigt.

Es ist natürlich auch möglich, mit diesen Hilfsmitteln Reparaturen in den Spannweiten selbst auszuführen. Fig. 8 zeigt den Ersatz einer Verbindungsmauffe. Man beachte, wie die Leitung um die Arbeitsstelle geshuntet und nachher der

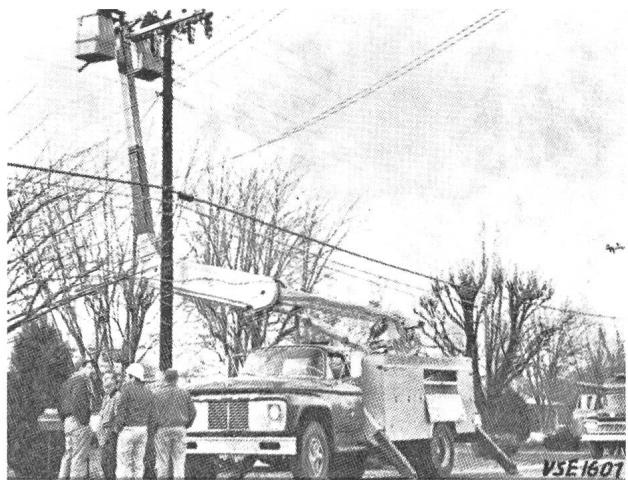


Fig. 6  
**Einsatz bei einer Verteilleitung**

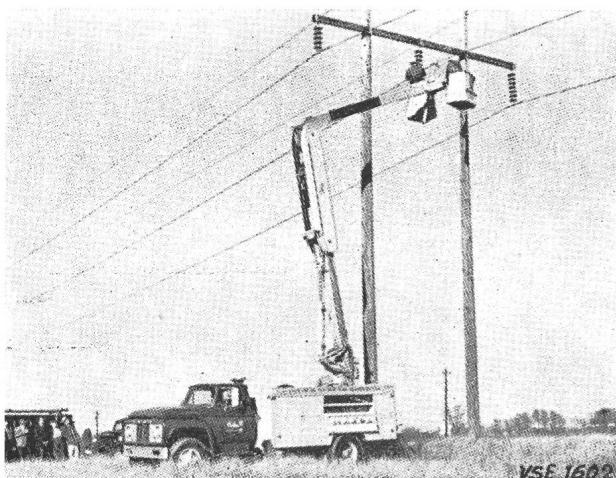


Fig. 7  
Verlängen von Isolatorketten von 69 auf 120 kV

Zug mit Hilfsseil und Handratsche aufgenommen wird, während der Mann links im Bild die hydraulische Presse für die neue Muffe betätigt.

Abschliessend sei bemerkt, dass jede zu dieser Arbeitsweise vorgesehene Montage-Maschine im Höchstspannungslabor der Herstellerfirma eingehenden Prüfungen unterworfen wird. Zuerst wird jeder Ellbogen auf dessen Nennspannung gegen Erde gesetzt und die durch den Arm fliessenden Ströme gemessen.

Nachher wird die doppelte Nennspannung während 1 Minute aufgedrückt.

Das Protokoll beider Prüfungen geht mit dem Ellbogen, wobei die Messungen bei Nennspannung als Grundlage für die späteren Kontrollen vor Arbeitsbeginn dienen.

Die Vorteile der neuen Methode waren trotz der kurzen Einführungszeit von noch nicht 2 Jahren so augenscheinlich, dass die meisten grossen Gesellschaften, wie auch das staatliche Bureau of Reclamation hierzu übergegangen sind.

Wenn auch vorläufig für unsere Verhältnisse ein Arbeiten unter Spannung gesetzlich nicht in Frage kommt, so lässt sich doch ermessen, dass diese neuen Montage-Beihilfen

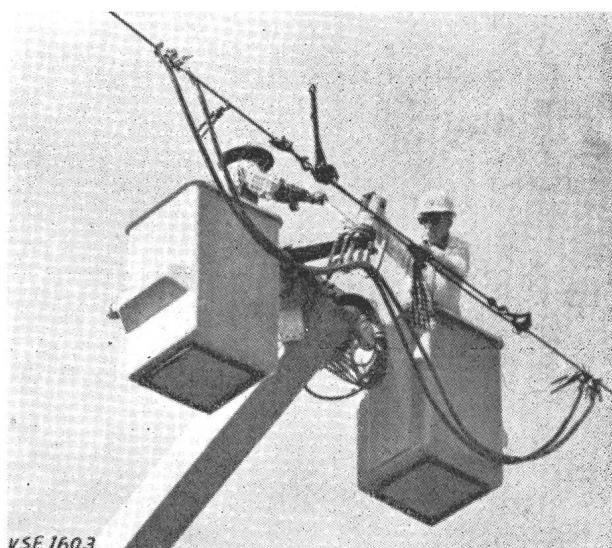


Fig. 8  
Ersetzen einer Verbindungsmuffe unter 138 kV

auch für konventionelle Verwendung grosse Vorteile bieten. Sie werden denn auch etwas vereinfacht hergestellt als:

Ausstossbarer Schwenkarm bis 12,5 m Höhe

Zweiteiliger Ellbogen bis 12,5 m Höhe

mit 1 Montagekorb

Zweiteiliger Ellbogen mit

2 Montagekörben von 16, 17,5, 20 m Höhe

Von diesen dürften sich gerade die kleineren Modelle vorzüglich zum Unterhalt der Strassenbeleuchtung als Ersatz der bisherigen und verkehrshindernden Leitern eignen. Sie können aber auch für das Baumschneiden und Ausasten, wie auch für das Fensterreinigen an Fabrikfassaden eingesetzt werden.

#### Adresse des Autors:

W. Howald, dipl. Ing., berat. Ing., Thalwil.

#### Literatur

AIEE Paper CP 62—1483.

Ch. J. Miller jr., University of Maine, Seminar on electr. Safety, Sept. 1962 by J. E. Lane.

#### Benötigte Arbeitszeit

Tabelle III

Leitung kV	auszuführende Arbeit <sup>1)</sup>	Methode <sup>2)</sup>	Anzahl Monteure	Zeit pro Monteur min. <sup>3)</sup>	Total Zeit min.	Vorhältnis Hot-Stick — Live-Line
34,5	2 Stützer ersetzen	H-S	3	240	720	7,2 : 1
		L-L	2	50	100	
34,5	2 Stützer ersetzen	H-S	4	150	600	8,6 : 1
		L-L	2	35	70	
34,5	1 Hängekette ersetzen	H-S	3	60	180	9,0 : 1
		L-L	2	10	20	
45	Ersatz des beweglichen Isolators an Hörnerschalter	H-S	nicht möglich	—	—	—
		L-L				
69	3 Hängeketten ersetzen	H-S	4	135	540	6,0 : 1
		L-L	2	45	90	
115	1 Hängeisolator und Klemme auswechseln	H-S	4	240	960	5,3 : 1
		L-L	2	90	180	
120	2 Hängeketten auswechseln	H-S	4	180	720	4,0 : 1
		L-L	2	90	180	
138	1 Hängeisolator auswechseln	H-S	3	60	180	2,7 : 1
		L-L	2	34	68	

<sup>1)</sup> Die Arbeitszeit ist von der jeweiligen Isolatorenanordnung abhängig. Diese ist hier nicht angegeben, weshalb die angeführten Beispiele nicht verglichen werden können.

<sup>2)</sup> H-S = Hot-Stick-Methode  
L-L = Live-Line-Methode

<sup>3)</sup> Hot-Stick-Methode: geschätzte Werte  
Live-Line-Methode: gemessene Werte