

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 42 (1951)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Zur Frage des Leitungsschutzes in neuzeitlichen Installationen  
**Autor:** Hartlieb, U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056852>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 18.01.2025

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

punkte für ein Zeit-Azimuthdiagramm. Die Zwischenwerte werden daraus interpoliert. So viele Peil-Ablesungen als überhaupt niedergeschrieben werden können, werden in dieses Zeit-Azimuthdiagramm eingetragen, wobei bei der Ablesung nicht etwa Mittelwerte gebildet, sondern auch Extremwerte berücksichtigt werden, damit daraus ein Bild über den *wahrscheinlichen Fehler* in Abhängigkeit des Azimutes entsteht. Es kann sich beim praktischen Gebrauch aber nicht darum handeln, aus einer Funkbeschickung Korrekturen zu ermitteln, die zur Ablesung angebracht werden müssen, da die Korrekturen für eine gegebene Richtung auch von der Distanz und Flughöhe abhängen (Reflexionen!). Die Funkbeschickung von Klotten hat in jeder Beziehung befriedigende Resultate ergeben.

### 5. Weiterentwicklungen

In England wird durch die Standard Telephones & Cables Ltd. an der Entwicklung von Zusatzgeräten für den PV-1B-Peiler gearbeitet, welche die Übertragung der Peilresultate über beliebige Entfernungen mit beliebigen Übertragungsmitteln ermöglichen werden. Dieses System wird sich zu einem vollautomatischen, verzögerungsfreien Triangulationsnetz erweitern lassen, das mit besonderen Projektions-Kathodenstrahlröhren arbeiten wird. Dieses UKW-Navigationssystem wird künftige Radarnetze ergänzen und sie bei Störungen ersetzen. Ferner besteht die Möglichkeit, die Empfänger durch ein Zusatzgerät auf 5 fernwählbare Frequenzen zu erweitern, so dass in Zukunft total 10 Frequenzen zur Verfügung stehen werden.

### 6. Einsatzmöglichkeiten der UKW-Peiler

Mit UKW-Peilern lassen sich einerseits Einzelaufgaben des praktischen Flugsicherungsdienstes lösen, wie z. B. die Führung von Flugzeugen bei Anflug oder Wegflug, die Überprüfung der Positionsmeldungen der Flugzeugbesatzungen, die Überwachung des Fortschrittes eines Fluges durch Seitenpeilung. In Europa bestehen heute gegen 50 UKW-Peiler verschiedener Typen, unter denen das beschriebene PV-1B-Gerät die modernste Variante darstellt.

Der Internationale Verband ICAO (International Civil Aviation Organization) empfiehlt den weiteren Ausbau des UKW-Peilnetzes für die meisten Zonen. Selbst nach Einführung des VOR/DME (Visual Omni Range/Distance Measuring Equipment) Navigationssystem wird das UKW-Peilnetz die Bedeutung eines Überwachungs- und Ersatz-Navigationsmittels beibehalten, vor allem weil keine zusätzlichen Bordausrüstungen benötigt werden (Militär- und Sportaviatik!). Im Überwachungsradar erleichtert es ausserdem die Identifizierung wesentlich.

Die beschriebene Anlage steht seit November 1949 in Klotten in Betrieb.

#### Literatur

*Cleaver, R. F.*: Development of Single-Receiver Automatic Adcock Direction-Finders for Use in the Frequency Band 100...150 Megacycles per Second. Electrical Communication (Technical Journal of the International Telephone and Telegraph Corporation) Bd. 25(1948), Nr. 4, S. 337...362.

#### Adresse des Autors:

W. Schoeberlein, Dipl. Ing., Standard Telephon & Radio A.-G., Seestrasse 395, Postfach Zürich 38.

## Zur Frage des Leitungsschutzes in neuzeitlichen Installationen

Von U. Hartlieb, St. Pölten (Österreich)

621.316.923

*Die ständig steigenden Ansprüche an die Betriebssicherheit von Industrie-Verteilnetzen lassen es wünschenswert erscheinen, ungewollte Abschaltungen weitgehend zu vermeiden. Es werden die Bedingungen zur Kurzschlussabsicherung der Stromkreise von Leitungen und Kabeln, statt der üblichen Querschnittsabsicherung, untersucht.*

*Afin d'augmenter la sécurité d'exploitation des réseaux de distribution industriels, il y a lieu d'éviter autant que possible des déclenchements inopinés. L'auteur envisage une protection des circuits de lignes aériennes et de câbles contre les courts-circuits, au lieu d'une protection basée sur les sections des conducteurs.*

Allen üblichen Ausführungsformen von Niederspannungs-Verteilnetzen für Kraft- und Lichtversorgung liegt die Annahme zu Grunde, dass die verwendeten Leitungen (worunter man sinngemäss auch die Kabel zu verstehen hat) überlastbar sind und daher jeder Leiter durch Sicherungen (Schmelzsicherungen oder Selbstschalter) geschützt werden muss, um gefahrbringenden Überlastungen, Bränden und dergleichen vorzubeugen. Solange die Anlagen räumlich und leistungsmässig nur klein waren, mag es erwünscht gewesen sein, auf diese Weise eine gewisse Sicherheit zu erhalten gegen die Auswirkungen von mangelhaftem Leitungsmaterial und unsachgemässer Montage. Gänzlich anders sind die Verhältnisse, wenn man moderne Installationen in Industrieanlagen, in Grossbetrieben oder in Kranken- und Warenhäusern, auf Schiffen usw. betrachtet. Für Installationen dieser Art ist in

erster Linie die Forderung nach unbedingter Betriebssicherheit, d. h. nach ungestörter Energieversorgung des Betriebes massgebend.

Vom Standpunkt der Betriebssicherheit sind Leitungen die zuverlässigsten Betriebsmittel, die in Installationen verwendet werden. Man muss sich bewusst sein, dass der Gesamtsicherheitsgrad des Netzes nicht dadurch erhöht werden kann, dass man in die Leitung zusätzliche Schutzgeräte einbaut, deren eigener Sicherheitsgrad geringer ist als jener der Leitungen. Hingegen sind Schmelzsicherungen in der üblichen Anordnung unsichere Betriebsmittel, weil ihre Wirkungsweise durch unkontrollierbare Zufälligkeiten, gegenseitige Aufheizung, Alterung, Fabrikationsabweichungen usw. beeinflusst wird. Zudem ist ihr Schmelzleiter bei Strömen in der Nähe des Nennstromes so vorbelastet, dass Veränderungen in seiner Struktur eintreten können, die

ein Ansprechen der Sicherung auch schon vor Erreichen ihrer Nennstrombelastung zur Folge haben können. Zahlreiche Energieunterbrechungen und Betriebsstörungen werden durch das ungewollte Ansprechen von Sicherungen hervorgerufen, ohne dass der Zustand des Verteilnetzes oder der angeschlossenen Verbraucher die Abschaltung erfordert hätte.

Es erscheint daher berechtigt, zu prüfen, ob die grundsätzliche Forderung des Einbaus von Schmelzsicherungen bei jeder Querschnittänderung der Leiter nicht durch zweckmässigere Massnahmen ersetzt werden kann, da die Anhäufung von Sicherungen in grossen Anlagen oder in besonders betriebswichtigen Anlageteilen den hohen Sicherheitsgrad des Verteilnetzes auf den niedrigeren Sicherheitsgrad der Schmelzsicherungen herabdrückt.

Um ein Bild zu gewinnen über die thermische Beanspruchung von Leitungen ausserhalb des normalen Betriebszustandes, darf man feststellen, dass diese allein von Ursachen abhängig ist, die ihrer Entstehung und ihrer Auswirkung nach sich klar voneinander unterscheiden. Solche thermische Beanspruchung kann entstehen durch: 1. Überlastung, 2. durch Kurzschluss und 3. durch Erdschluss.

#### Überlastung

Es ist unvermeidbar, dass Arbeitsmaschinen verschiedener Art, Werkzeugmaschinen usw. gelegentlich aus betrieblichen Gründen überbeansprucht werden und dadurch auch eine Überlastung des motorischen Antriebes herbeiführen. Soweit überlastbare Verbraucher mit einem Überlastschutz versehen werden müssen, ist damit auch die Anschlussleitung gegen Überlastung geschützt, und zwar auch dann, wenn das Schutzgerät in einem beliebigen Punkt der Leitung oder an deren Ende angeordnet ist. Selbstverständlich muss der Querschnitt für mindestens den Auslösenennstrom bemessen sein. Nichtüberlastbare Verbraucher, z. B. Widerstandsgeräte, können von sich aus keine grössere Energie aufnehmen, als ihrem Nennstrom entspricht. Auch Motoren können unter Umständen als nichtüberlastbar betrachtet werden, wenn sie mit Arbeitsmaschinen gekuppelt sind, die betriebsmässig überwacht werden. Dasselbe gilt für verschiedene Werkzeugmaschinen, die zum Schutze ihres hochempfindlichen, mechanischen Teiles durch Bruchkupplungen und ähnliche Einrichtungen vor Überbeanspruchung geschützt werden. Es entfällt damit auch die Möglichkeit, den Motor *und* die Anschlussleitung zu überlasten, und zwar ohne Zuhilfenahme eines Überlastschutzes für den elektrischen Teil. Die Anschlussleitung nichtüberlastbarer Verbraucher ist daher durch ihre dem Nennstrom entsprechende Bemessung schon hinreichend gegen Überlastung geschützt.

#### Kurzschluss

Innerhalb des Energieverteilungssystems ist mit Belastungszuständen zu rechnen, die durch Beschädigung der Leitungsisolierung, Klemmenüberschläge und dgl. entstehen können. Wenn sich solche Störungen als Kurzschlüsse auswirken, so müssen sie

durch einen geeigneten Kurzschlußschutz unschädlich gemacht werden. Da die Fehlerstelle in jedem Punkt der Leitung, im Verbraucher oder dem zugehörigen Schaltgerät liegen kann, ist der Kurzschlußschutz stets am Anfang der zu schützenden Leitung anzuordnen. Der Kurzschluss stellt für die Leitung eine geringe thermische Beanspruchung dar, wenn für seine kurzzeitige Abschaltung gesorgt wird; er bedeutet aber immer eine höchst unerwünschte Betriebsstörung, weil angeschlossene Verbraucher für längere Zeit stillgesetzt werden.

#### Erdschlüsse

entstehen, wenn ein Pol mit geerdeten Teilen der Anlage in Verbindung kommt. Erdschlüsse können durch Lichtbogenbildung an der Übertrittsstelle Ursache von Bränden sein, auch dann, wenn der Erdschlußstrom nur klein ist. Da der Erdschlußstrom aber vielfach zu klein ist, um abschaltende Massnahmen einzuleiten, bildet auch eine vorgeschaltete Schmelzsicherung erfahrungsgemäss keinen verlässlichen Schutz. Das zweckmässigste Mittel zur Vermeidung von Erdschlüssen ist, durch Wahl geeigneter Installationsmaterials und durch sorgfältige Montage ihr Entstehen von vorneherein auf ein Mindestmass zu reduzieren, oder mindestens sie im Augenblick ihres Entstehens in Kurzschluss überzuführen.

Unsere Überlegungen zeigen zusammenfassend, dass Überlastungen in der Leitung selbst selten entstehen, meistens aber vom Verbraucher herrühren, der gegebenenfalls mit einem Überlastschutz (Selbstschalter, Geräteschutz, Wärmefühler) zu versehen ist. Für die Leitung ist nur ein Kurzschlußschutz erforderlich, zu dem sich Schmelzsicherungen mit erhöhter Nennstromstärke als geeignet erwiesen haben<sup>1)</sup>. Diese Kurzschlußsicherungen sind betriebsmässig weit unter ihrer Abschmelzgrenze beansprucht, wodurch die erwähnten Eigenschaften der Schmelzsicherungen sich nicht mehr in Form von ungewollten Abschaltungen auswirken. Aus der Kurzschlußsicherung ergeben sich aber auch erhebliche Ersparnisse an Leitermaterial, weil die Leitungen bis zu ihrer Belastungsgrenze ausgenützt werden können, während sie bei Verwendung von Überlastsicherungen nur bis zu der um 20 bis 30 % niedriger angesetzten Nennstromstärke der Sicherung beansprucht werden dürfen.

Die zulässige Grösse der Kurzschlußsicherung ist an die Voraussetzung gebunden, dass bei einem Kurzschluss ein hinreichend grosser Kurzschlußstrom entsteht, unter dessen Einfluss die Sicherung noch rasch genug abschmilzt, um eine gefährliche Erwärmung der nachgeschalteten Leitung zu vermeiden. Wie eingehende Versuche und Berechnungen zeigten, ist hierzu ein Kurzschlußstrom vom 10...20fachen des Sicherungsnennstromes erforderlich, wobei eine Endtemperatur von 90 °C (60 °C Betriebstemperatur plus 30 °C Übertemperatur während des Abschaltvorganges) nicht überschritten werden soll. Die Abschmelzzeiten für unverzögerte

<sup>1)</sup> siehe auch: Neue Grundsätze für elektrische Verteilungsnetze. Pottiez u. Hartlieb, Springer-Verlag, Wien 1948.

*Abschmelzzeiten von Schmelzsicherungen bei Kurzschluss*  
Tabelle I

Nennstrom der Sicherung $I_n$	Abschmelzzeit unverzögerter Schmelzeinsätze bei	
	10 $I_n$	20 $I_n$
A		
20	0,032	0,01
25	0,047	0,0142
35	0,023	0,0082
50	0,023	0,0055
60	0,032	0,013
80	0,05	0,0075
100	0,037	0,013
125	0,09	0,014
160	0,11	0,012
200	0,15	0,02

Schmelzeinsätze sind in Tabelle I zusammengestellt. Bei Kurzschluss weisen verzögerte Schmelzeinsätze nur unwesentlich längere Abschmelzzeiten auf. Damit ergibt sich nach Gl. (1) und (2) ein Zusammenhang zwischen Leiterquerschnitt und zulässiger Nennstromstärke der Sicherung zum Kurzschlußschutz.

Bei 10  $I_n$        $q = \frac{I_n}{15} \cdot 2\sqrt{t_{10}}$       (1)

Bei 20  $I_n$        $q = \frac{I_n}{15} \cdot 4\sqrt{t_{20}}$       (2)

(Für Aluminium sind die Querschnitte mit 1,5 zu multiplizieren).

Es bedeuten:

- $q$       Cu-Querschnitt der zu schützenden Leitung in  $\text{mm}^2$ .
- $I_n$       Nennstrom der Schmelzsicherung zum Kurzschlußschutz in A.
- $t_{10} \dots t_{20}$       Abschmelzzeiten bei 10- bzw. 20fachem Sicherungsnennstrom.

Aus der rechnerischen Ermittlung ist ersichtlich, dass z. B. Cu-Leiter mit einem Querschnitt von  $2,5 \text{ mm}^2$ , dem nach Belastungstabelle eine 15-A-Sicherung zugeordnet ist, noch durch eine 80-A-Sicherung kurzschlussgeschützt ist; das entspricht einer um 5 Stufen grösseren Sicherung. Es besteht jedoch keine Notwendigkeit, so hoch zu gehen, und man wird im allgemeinen die Kurzschlußsicherung nur bis zu etwa drei Sicherungsstufen grösser wählen (Tabelle II). Es stellen sich dann folgende thermische Verhältnisse in der Leitung ein:

*Zuordnung von Kurzschlußsicherungen*  
Tabelle II

Nennstrom der Überlaststromsicherung	Nennstrom der grössten entsprechenden Kurzschlußsicherung	Nennstrom der Überlaststromsicherung	Nennstrom der grössten entsprechenden Kurzschlußsicherung
A	A	A	A
6	20	100	200
10	25	125	225
15	35	160	260
20	60	200	300
25	80	225	350
35	100	260	430
60	125	300	500
80	160	350	600

Ein Cu-Leiter von  $2,5 \text{ mm}^2$ , dem eine 35-A-Sicherung vorgeschaltet ist, nimmt mit dem 10fachen Sicherungsnennstrom während der Dauer von 1 s belastet, eine Temperatur von  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  an. Die Abschaltzeiten von 35-A-Sicherungen, die den Prüfbedingungen entsprechen, betragen bei 350 A 23 ms (Mittelwert aus zahlreichen Werksversuchen). Da die Abschaltzeiten nur Millisekunden betragen und die Wärmespeicherung nur solange wirkt, als der Schmelzleiter noch nicht durchgeschmolzen ist, dauert die Erwärmung der Leitung ebenfalls nur Millisekunden. Die Temperaturzunahme des Cu-Leiters von  $2,5 \text{ mm}^2$  beträgt daher:  $100 \cdot 0,023 = 2,3 \text{ }^\circ\text{C}$ . Diese Übertemperaturen sind absolut ungefährlich, selbst um ein Mehrfaches höhere Abschaltzeiten würden die zu schützende Leitung thermisch nicht gefährden<sup>2)</sup>.

Um das Zustandekommen eines Kurzschlußstromes in der Grösse des etwa 10fachen Sicherungsnennstromes in der Leiterschleife sicherzustellen, sind für die Kurzschlussabsicherung von Leitungen folgende zwei Bedingungen zu erfüllen:

1. An der Einbaustelle der vorgeschalteten Schmelzsicherung muss bei Kurzschluss zweier Leitungen der Kurzschlußstrom mindestens der 15fache des Sicherungsstromes sein.

2. Der Widerstand der hinter dieser Schmelzsicherung liegenden Leiterschleife darf das kurzzeitige Ansprechen der Sicherung nicht beeinflussen. Diese Forderung gilt als erfüllt, wenn der Spannungsabfall in der Leiterschleife, berechnet mit dem Nennstrom der vorgeschalteten Schmelzsicherung, 3,5 % nicht überschreitet.

Bei Einhaltung dieser Bedingungen kann eine Schmelzsicherung an der Verzüngungsstelle von Leitungen ausfallen, wenn der schwächere Querschnitt durch nachgeschaltete Schmelzsicherungen gegen Überlastung geschützt ist und um höchstens drei Querschnittstufen niedriger gewählt wird als der stärkere Querschnitt, von dem abgezweigt wird. Bei dieser Anordnung übernimmt die Schmelzsicherung in der stärkeren Leitung den Schutz der Leitung gegen die Auswirkungen des Kurzschlußstromes. Auf einen Überlastschutz bei Leitungen kann verzichtet werden, wenn der angeschlossene Verbraucher selbst durch einen Überlastschutz (Motorschutzschalter usw.), der an beliebiger Stelle der Leitung oder an deren Ende angeordnet sein kann, gegen länger dauernde Überlastungen geschützt ist oder der Verbraucher als nichtüberlastbar betrachtet werden kann. Es genügt dann am Anfang der Leitung eine Schmelzsicherung gegen Kurzschluss, die bis zu drei Stufen grösser sein darf als die Überlastsicherung, die dem Querschnitt nach den üblichen Belastungstabellen zugeordnet ist. Wo die Bedingungen der Kurzschlussabsicherung nicht erfüllbar sind, oder andere Gründe dagegen stehen, kann die bisherige Methode beibehalten werden.

Die vorstehenden Überlegungen könnten möglicherweise den Eindruck erwecken, dass die Zweiteilung des Leitungsschutzes in einen vorgeschalteten Kurzschlußschutz und einen nachgeschalteten

<sup>2)</sup> siehe VDE-Vorschriften Nr. 0100/IV. 42, § 14, und Nr. 0183/IV. 42.

Überlastschutz gegenüber der bisherigen Methode eine überflüssige Komplikation bedeutet, oder es seien umständliche Berechnungen erforderlich, um die Kurzschluss- bzw. Spannungsverhältnisse in den Leiterschleifen im Einzelnen zu überprüfen. Das ist jedoch keineswegs der Fall. Der Anlagenbauer ebenso wie der Betriebsmann werden sich — auch aus anderen Gründen — über die Kurzschlussverhältnisse an den Hauptpunkten ihrer Anlagen ohnedies ein Bild zu machen haben. In Industrie- und ähnlichen Anlagen werden Kurzschlußströme in der erforderlichen Grössenordnung in der Regel erreicht, wenn sie nicht vielfach höher als erwünscht sind. Andererseits werden überlastbare Verbraucher fast stets mit dem stromabhängigen Schaltgerät zusammengebaut, so dass der geforderte nachgeordnete Überlastschutz von vorneherein besteht. Auch die Verwendung verlässlichen Leitungsmaterials und sachgemässer Montage muss als selbstverständliche Voraussetzung betrachtet werden.

In den folgenden Beispielen wird die Anwendung der Kurzschlussabsicherung mit den sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Bauweise von Verteilanlagen gezeigt.

**Beispiel 1**

Von einer Hauptleitung 70 mm<sup>2</sup> Al, die in einem Fabrikaal an der Decke verlegt ist (Fig. 1), zwei-

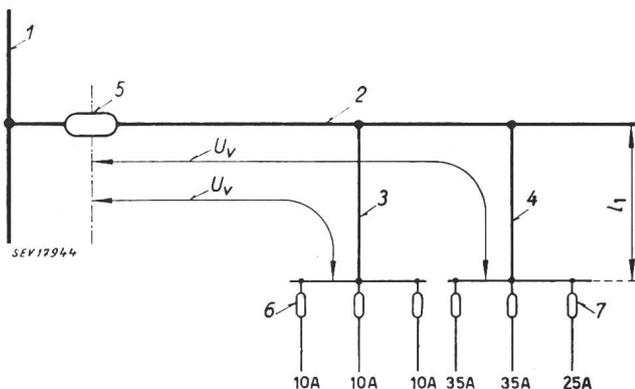


Fig. 1

Leitungsschutz durch vorgeschalteten Kurzschlußschutz und nachgeschalteten Überlastungsschutz

- 1 Sammelschiene  $I_n \cdot 15 = 1875$  A; 2 Hauptleitung 70 mm<sup>2</sup> Al;
- 3 Zweig I 25 mm<sup>2</sup> Al; 4 Zweig II 35 mm<sup>2</sup> Al; 5 Hauptsicherung  $I_n = 125$  A;
- 6, 7 Überlastsicherungen;  $l_1$  Entfernung zwischen Haupt- und Verteilleitung;  $U_v$  maximaler Spannungsabfall 3,5 %

gen an zwei Stellen Zuleitungen zu Verteilleitungen ab. Die Hauptleitung ist an ihrem Anfang mit 125 A gesichert. Die Entfernung zwischen der Hauptleitung und den Verteilleitungen betrage 4,5 m. Es ist zunächst zu ermitteln, ob an der Einbaustelle der 125-A-Sicherung ein Kurzschlußstrom vom 15fachen des Sicherungsnennstromes auftreten kann und ob der Spannungsabfall in der Leiterschleife von der 125-A-Sicherung bis zur Verteilleitung 3,5 % bei 125 A Nennstrom nicht überschreitet. Sind diese Bedingungen erfüllt, so könnte für den Zweig I ein Querschnitt von 25 mm<sup>2</sup> verlegt werden anstelle von 70 mm<sup>2</sup>, während für Zweig II

ein Querschnitt von 35 mm<sup>2</sup> zu verwenden ist, weil die Summe der im Zweig II vereinigten Sicherungen 95 A beträgt, wofür gemäss üblicher Belastungstabellen der Leiter einen Querschnitt von 35 mm<sup>2</sup> haben muss. Die maximalen Leitungslängen, berechnet aus dem Spannungsabfall von 3,5 %, betragen bei Annahme eines 380/220-V-Netzes für die Zweige I und II rund 120 m.

**Beispiel 2**

Einem Drehstrommotor von 19 A Nennstrom ist ein Motorschutzschalter vorgeschaltet (Fig. 2), des-

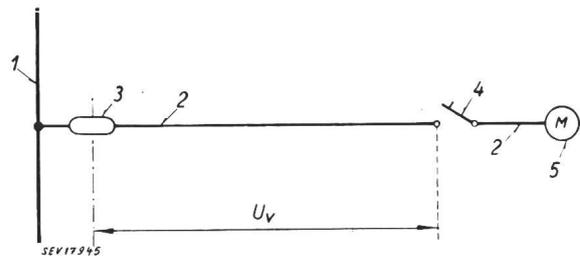


Fig. 2

Kurzschlußsicherung eines überlastbaren Verbrauchers und der Anschlussleitung

- 1 Sammelschiene; 2 Motoranschlussleitung 2,5 mm<sup>2</sup> Al;
- 3 Hauptsicherung  $I_n = 35$  A; 4 Motorschutzschalter 19 A;
- 5 Motor, Nennstrom 19 A;  $U_v$  maximaler Spannungsabfall 3,5 %

sen Überstromauslöser auf 19 A eingestellt sein muss. Damit übernimmt der am Ende der Leitung angeordnete Motorschutzschalter neben dem Überlastschutz des Motors auch den Schutz der Leitung gegen Überlastung. Die Leitung kann für den Betriebsstrom des Motors bemessen sein und erhält einen Querschnitt von 2,5 mm<sup>2</sup> Al. Zum Kurzschlußschutz wird eine um drei Stufen grössere Sicherung vorgeschaltet, die von kurzzeitigen, betriebsbedingten Überlastungen, Anlaufströmen und dergleichen weitestgehend unberührt bleibt. Vorausgesetzt ist, dass der Kurzschlußstrom an der Einbaustelle der Sicherung den 15fachen Wert des Sicherungsnennstromes erreicht und in der Leiterschleife bis zum Schalter der Spannungsabfall 3,5 % bei einem Nennstrom von 35 A nicht überschreitet.

**Beispiel 3**

Für eine Werkzeugmaschine mit drei Motoren und einem Betriebsstrom von 26 A sei mit Rücksicht auf die Anlaufverhältnisse eine 60-A-Schmelzsicherung in der Zuleitung erforderlich (Fig. 3). Dieser

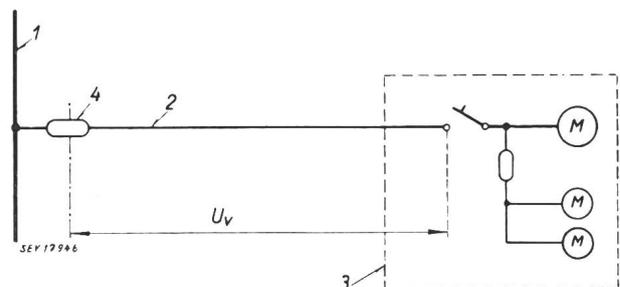


Fig. 3

Kurzschlußsicherung eines nichtüberlastbaren Verbrauchers und der Anschlussleitung

- 1 Sammelschiene; 2 Anschlussleitung 4 mm<sup>2</sup> Al; 3 Werkzeugmaschine, Betriebsstrom 26 A; 4 Hauptsicherung 60 A;
- M Motor;  $U_v$  max. Spannungsabfall 3,5 %

Sicherung entspricht nach den Belastungstabellen ein Querschnitt von  $16 \text{ mm}^2$  Al, der somit bis zum Schalter zu verlegen wäre. Bei Anwendung der Kurzschlussabsicherung steht nichts dagegen, den Querschnitt nach dem Betriebsnennstrom zu wählen, also  $4 \text{ mm}^2$  zu verlegen statt  $16 \text{ mm}^2$ , unter Beibehaltung der vorgeschalteten 60-A-Sicherung.

#### Beispiel 4

Fig. 4 zeigt die Gegenüberstellung einer und derselben Installation, z. B. die Energieverteilung eines grösseren Werkzeugmaschinenbetriebes mit zahlreichen motorischen Verbrauchern. *A* ist die Ausführung

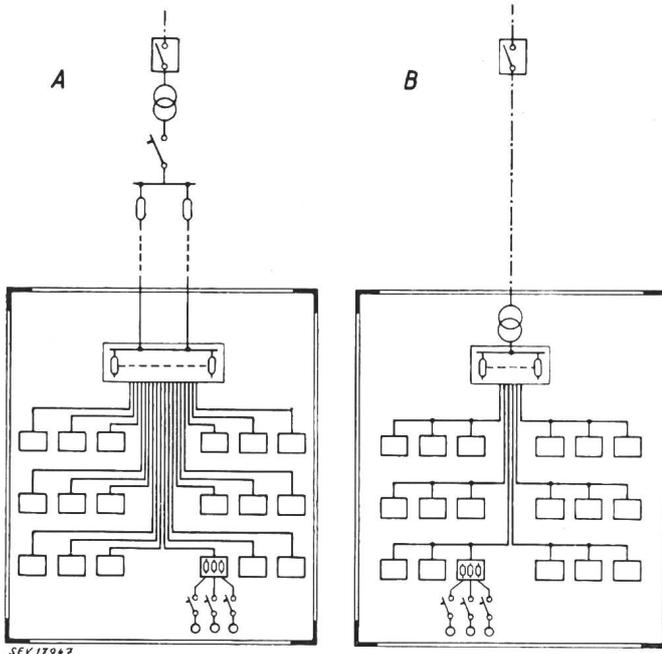


Fig. 4

Gegenüberstellung derselben Installation in der üblichen (*A*) bzw. in der vorgeschlagenen Bauweise (*B*)

zung der Anlage in der traditionellen Bauweise, *B* in der Bauweise mit Kurzschlussabsicherung.

In *A* richtet sich die Bemessung der Querschnitte nach den vorgeschalteten Sicherungen. Da mit Rücksicht auf den Motoranlauf stärkere Sicherungen in den Verteilleitungen gewählt werden müssen, ergeben sich stark überdimensionierte Anschlussleitungen. Im Verteilnetz selbst ist man gezwungen, einen sehr fraglichen Gleichzeitigkeitsfaktor für den Motoranlauf anzunehmen, um nicht allzugrosse Querschnitte zu erhalten. Es ergibt sich eine Anhäufung von Leitungen mit entsprechenden Material- und Montagekosten. Die Errichtung einer grossen Hauptverteilertafel mit grösserem Platzbedarf ist nötig.

In *B* richtet sich die Dimensionierung der Querschnitte nach den Betriebsnennströmen. Die Zahl der Leitungen verringert sich erheblich, und die Zuleitungen zu den Unterverteilungen können ohne Zwischenschaltung von Sicherungen mit verjüngtem Querschnitt ausgeführt werden. Die Hauptverteilertafel wird wesentlich kleiner. Überlegungen bezüglich eines anzunehmenden Gleichzeitigkeitsfaktors sind in den meisten Fällen nicht nötig, und die Se-

lektivität zwischen Überlastschutz und Kurzschluss-sicherungen ist gewährleistet.

Bei Neuanlagen nach *B* ist es zweckmässig, auch für die überspannungsseitige Gestaltung der Anlage von der traditionellen Bauweise abzugehen und die Transformatoren unmittelbar in der Nähe der Belastungsschwerpunkte, z. B. an Gebäudeaussenwänden, aufzustellen. Damit kann die Errichtung zentraler Transformatorenstationen und kostspieliger Niederspannungsanlagen wegfallen, da der Transformator in dieser Anordnung als Verbindungsmuffe zwischen Hoch- und Niederspannungsseite aufzufassen ist. Die Vielzahl starker und langer Niederspannungskabel im Gelände und in den Bauwerken ist vermieden, ebenso die erheblichen Spannungs- und Leistungsverluste in diesen Kabelnetzen. Naturgemäss wird sich im Einzelfall die räumliche Anordnung nach den jeweiligen Betriebsverhältnissen richten; so kann man gegebenenfalls auch jedem Transformator einen eigenen überspannungsseitigen Leitungsschalter zuordnen oder für einzelne Grossverbraucher eigene Speisepunkte vorsehen<sup>3)</sup>. Schliesslich darf nicht ausser acht gelassen werden, dass diese Ausführungen gemäss den örtlichen Vorschriften entsprechend geändert werden müssen.

Wie die Erfahrungen bei den ausgeführten Anlagen aller Grössen erwiesen haben, ist die beschriebene Bauweise betriebssicher, weil ihr Sicherheitsgrad durch Vermeidung störanfälliger Bauteile, wie Schutzgeräte u. dgl., dem der Leitungen nahekommt. Zudem verringern sich die Erstellungs- und Unterhaltskosten. Es bestehen somit beachtenswerte Gründe, diese Bauweise überall dort anzuwenden, wo ihr Nutzen von vorneherein erkennbar ist.

Adresse des Autors:

Dipl.-Ing. Udo Hartlieb, Glanzstofffabrik, St. Pölten (Österreich).

#### Bemerkungen der Redaktion

Der Schutz der Leitungen gegen Überströme wird in der Schweiz gegenwärtig im Rahmen der Gesamtrevision der Hausinstallations-Vorschriften behandelt. In dieser Hinsicht sind besonders die Ausgangspunkte interessant, von denen aus der Verfasser zu seinen Vereinfachungsvorschlägen gelangt, nämlich die Tatsachen, dass Sicherungen oft sogar unterhalb ihrer Nennstromstärke ansprechen, und dass sie Erdschlußströme vielfach nicht zu unterbrechen vermögen. Hier wäre auch der weniger bekannte, aber im gleichen Sinne nachteilige Umstand anzuführen, dass vorschriftsgemässe Sicherungen auch Überströme zulassen, die bereits für die Isolation der nachgeschalteten Leiter schädliche Erwärmungen ergeben können. Trotzdem also für einen ungestörten Betrieb die Leitungen vielfach überdimensioniert werden müssen, besteht nicht in allen Fällen die wünschbare Sicherheit gegen Personen- und Sachschäden. Um diese Sicherheit zu erhöhen und gleichzeitig eine Überdimensionierung der Leitungen zu vermeiden, müsste daher in erster Linie

<sup>3)</sup> siehe Hartlieb, U.: Neue Wege im Anlagenbau. E und M Bd. 65(1948), Nr. 12, S. 189...194.

durch eine Verfeinerung der Prüfvorschriften für Sicherungen gewährleistet werden, dass die Sicherungen mindestens ihre Nennstromstärke dauernd ohne Nachteil aushalten, und dass sie in jedem Falle Ströme unterbrechen, die für die Isolation der nachgeschalteten Leiter schädlich sein können.

Dem Verfasser geht es aber offenbar nicht um eine Erhöhung der Sicherheit vor Personen- und Sachschäden, sondern um die Vereinfachung und die Betriebssicherheit grösserer Anlagen. Er beschränkt sich deshalb bei der Leitungs-Sicherung auf die Erhaltung der Kurzschluss-Sicherheit und gelangt zu den Voraussetzungen, dass die Leitungen durch nachgeschaltete Sicherungen in der Leitung selbst oder in den Verbrauchern gegen Überlast geschützt sind, und dass Erdschlußströme auch durch Sicherungen üblicher Stärke ohnehin nicht abgeschaltet werden. Wo diese Voraussetzungen zutreffen und eine einfachere Installation angebracht erscheint, bleibt immer noch die Frage offen, ob dem Installateur und dem Kontrolleur zugemutet werden kann, für jede Sicherung die zum Ansprechen erforderliche Kurzschluss-Stromstärke zum voraus zu berechnen bzw. zu messen.

Es ist aber zu bedenken, dass z. B. bei allen Leitungen, hinter denen ungesicherte Steckdosen angeschlossen sind, zum voraus nicht beurteilt werden kann, mit welchen Überlastungen im Betrieb gerechnet werden muss. Ferner darf man annehmen, dass bei der heutigen Art der Sicherung Erdschlussströme, besonders in genullten Installationen, oft durch Sicherungen unterbrochen werden. Bei der vorgeschlagenen, um mehrere Stufen stärkeren Absicherung der Leitungen wären daher die Fälle wesentlich häufiger zu erwarten, in denen die Sicherungen Erdschlußströme nicht mehr zu unterbrechen vermögen. Damit würde die Wirksamkeit der Nullung als Schutzmassnahme gegen Personen- und Sachschäden stark beeinträchtigt. So erstrebenswert die Vereinfachung einer Installation auch ist, so muss ihr doch die Sicherheit von Personen und Sachen übergeordnet bleiben.

Trotzdem wir uns nicht in allem mit dem Autor einverstanden erklären können, glauben wir, die Arbeit eigne sich dazu, eine Diskussion anzuregen, um der Lösung dieses umstrittenen Problems näher zu kommen.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### A propos d'un projet français d'unification internationale des législations sur les unités de mesure

(Communiqué de la Commission fédérale des Poids et Mesures et du Bureau fédéral des Poids et Mesures)

389.16(44)

Le travail en collaboration effectué jusqu'ici sur le plan international dans le domaine de l'unification des systèmes de mesures et de symboles a obtenu des résultats remarquables. Le dernier grand progrès a été l'introduction des unités électriques et magnétiques dans le système métrique, grâce à l'adoption du système Giorgi. Un nouveau progrès a encore été acquis récemment par une décision de la Commission Electrotechnique Internationale recommandant la forme rationalisée pour les équations des champs dans l'électromagnétisme. On peut dire en toute certitude, qu'avec ces innovations, un grand service a été rendu à de nombreux milieux, tant scientifiques et techniques que législatifs ou pédagogiques.

Un projet visant à unifier les législations et réglementations nationales sur les unités de mesure a été présenté par la Délégation française à la 9<sup>e</sup> Conférence générale des Poids et Mesures. Les décisions relatives à ce projet prises par la Conférence générale dans sa séance du 21 octobre 1948 sont les suivantes [1]<sup>1)</sup>:

#### Résolution 6

La Conférence générale,

considérant que le Comité International des Poids et Mesures a été saisi d'une demande de l'Union Internationale de Physique le sollicitant d'adopter pour les relations internationales un système pratique international d'unités, recommandant le système MKS et une unité électrique du système pratique absolu, tout en ne recommandant pas que le système CGS soit abandonné par les physiciens, et

considérant qu'elle-même a reçu du Gouvernement français une demande analogue, accompagnée d'un projet destiné à servir de base de discussion pour l'établissement d'une réglementation complète des unités de mesure, charge le Comité international

d'ouvrir à cet effet une enquête officielle sur l'opinion des milieux scientifiques, techniques et pédagogiques de tous les pays (en offrant effectivement comme base le document français) et de la pousser activement, de centraliser les réponses,

et d'émettre des recommandations concernant l'établissement d'un même système pratique d'unités de mesure, susceptible d'être adopté dans tous les pays signataires de la Convention du Mètre.

On se demandera peut-être pourquoi nous présentons ce projet seulement maintenant, c'est-à-dire après l'introduction des unités absolues [2]. Il faut remarquer à ce propos que la création d'une loi est une chose si complexe, tant au point de vue de la forme qu'aux points de vue juridique, technique et didactique, que même après la dernière mise au point par la Conférence générale des Poids et Mesures, de nombreuses questions restent ouvertes. Quelques-unes de ces dernières seront mentionnées plus loin. On peut considérer le projet français comme une tentative d'amener une discussion sur ces questions, et plus particulièrement sur les rapports existant entre ces diverses questions. Soumettre un projet au feu croisé des critiques était certainement le meilleur moyen d'atteindre ce but.

Il ne faut pas s'attendre à ce que les résultats de l'enquête internationale permettent d'établir dans un proche avenir une loi internationale sur les unités qui serait adoptée immédiatement dans la législation de tous les pays. Un projet de loi unique bien étudié serait une base très utile en premier lieu aux pays dont la législation sur les poids et mesures nécessite une réforme. En Suisse, on a quelque peu retardé l'adoption des unités absolues [2] pour pouvoir tenir compte, dans la loi et l'ordonnance, de quelques innovations à prévoir, comme la rationalisation des unités, la dénomination de l'unité de force (newton), ainsi que de la recommandation expresse d'employer le système Giorgi [3]. En ce qui nous concerne, une série de questions sont donc résolues pour un long terme et ne peuvent être que discutées. Mais cela ne doit pas empêcher que l'idée d'un modèle international pour une loi future ne soit poursuivie et ne retienne notre pleine attention. Pour un avenir encore lointain, il faut prévoir une révision totale de la loi fédérale sur les poids et mesures; l'esquisse d'une loi internationale type serait alors la bienvenue pour nos autorités

<sup>1)</sup> voir la bibliographie à la fin.