

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 64 (1973)
Heft: 26

Rubrik: Mitteilungen SEV

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: 03.04.2026

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

Übertragung, Verteilung und Schaltung
Transmission, distribution et couplage

Elektrische Lichttechnik, Lampen
Technique de l'éclairage, lampes

Beitrag zur Zuverlässigkeit von Kabeln

621.315.3.027.3 : 62-192

[Nach J. M. Oudin, L. Causse und A. Lacoste: Contribution générale à l'étude de la disponibilité des réseaux haute tension de câbles isolés. Rev. Gen. d'Electr. 82(1973)6, S. 388...394]

Die technische und wirtschaftliche Qualität eines Hochspannungsnetzes wird durch die Qualität seiner Elemente bestimmt, wobei die Kabel eine besonders wichtige Rolle spielen. Wenn bisher Hersteller und Elektrizitätswerke einen einwandfreien Betrieb dadurch sicherstellen konnten, dass man sich auf langjährige Erfahrung stützte und indem man die Betriebsfeldstärke im Kabel weit unter der Durchschlagfeldstärke hielt, so wird sich in naher Zukunft diese Methode nicht mehr als genügend zuverlässig erweisen, wenn man, um grosse Energien zu übertragen, Kabel mit gasförmiger (SF₆) oder flüssiger Isolation und später supraleitende Kabel verwenden wird. Es wird notwendig sein, um wissenschaftlich einwandfreie und damit sichere Voraussagen über die wahrscheinliche Lebensdauer machen zu können, sich der für die elektronischen Grosskonstruktionen entwickelten Methode der «Zuverlässigkeit» zu bedienen. Man benutzt hierbei die folgenden Grössen:

Zuverlässigkeit		$F(t)$			
Fehlerwahrscheinlichkeit		$P(t) = 1 - F(t)$			
		$\frac{dP(t)}{dt}$			
Ausfallhöhe		$\lambda(t) = \frac{\frac{dP(t)}{dt}}{1 - P(t)}$			
Mittlere Lebensdauer		$\theta = \int_0^{\infty} t \frac{dP(t)}{dt} dt = \int_0^{\infty} F(t) dt$			

Man wendet nun die Theorie auf die drei bekannten Fehlerarten an, welche durch folgende Ursachen bedingt sind:

Beschädigung von aussen
Isolationsfehler (hauptsächlich durch Fabrikation oder Montage bedingt)

Alterserscheinungen

Man kommt so zu der Grösse: «Fehler pro 100 km × Jahr», deren Werte man aus 20jähriger Beobachtung kennt (sie beträgt 1,6 für in Stahlrohre verlegte Kabel und 6,3 für Ölkabel).

Die benutzten Formeln erlauben auch Theorien zu entwickeln für eine statistische Theorie des Durchschlags, der Grenzfeldstärke (diesen Wert verträgt das Kabel für unendlich lange Zeit), der Durchschlagfeldstärke für polyäthylenisolierte Kabel, des Unterhalts (Zeitspanne, nach der nach Eintreten eines Fehlers die Reparatur beginnen kann) und der Bereitschaft (Zeitspanne zwischen zwei Fehlern). Da die Anwendung dieser Theorien auf Hochspannungskabel noch neu ist, wurde eine Arbeitsgruppe des CE 21 (Kabel) der CEI gebildet, die auf internationaler Basis Unterlagen beschaffen und Vorschläge machen soll. R. Goldschmidt

Die installierte Leistung eines Wasserkraftwerkes als Funktion ihrer Kennwerte und der Entwicklung des Verbundsystems

621.311.21 : 621.311.161

[Nach H. Požar und B. Udovičić: Die installierte Leistung eines Wasserkraftwerkes — als Funktion seiner Kennwerte und der Entwicklung des Verbundsystems. ÖZE 26(1973)9, S. 357...370]

Ausgehend von den Gesamtkosten eines Verbundsystems (Kosten in den Wasserkraftwerken, feste Kosten in sämtlichen Wärmekraftwerken, Brennstoffkosten, Betriebskosten des Netzes und eventuelle Verluste durch Betriebsbeschränkungen), kann man die Kosten der Errichtung neuer Wasserkraftwerke von jenen, die von diesen Neubauten unabhängig sind, unterscheiden. Der Einfluss der Wasserkraftwerke auf die Kosten im Verbundsystem kann mittels einer Simulierungsmethode bestimmt werden. Einmal unter der Voraussetzung, dass das untersuchte Wasserkraftwerk nicht ausgebaut wurde, und dann, dass dieses Kraftwerk in Betrieb steht. Dabei sind die Verhältnisse im Verbundsystem für einen längeren hydrologischen Zeitabschnitt (25...40 Jahre) zu untersuchen, um die Verhältnisse, die im Verbundsystem auftreten können, für einen längeren künftigen Stromverbrauch entsprechend den hydrologischen Verhältnissen der Vergangenheit simulieren zu können. Beim Vergleich der Ausbaukosten des neuen Wasserkraftwerkes und der Kostensenkung im System als Folge der Errichtung des neuen Wasserkraftwerkes kann man beurteilen, ob der Ausbau des betreffenden Wasserkraftwerkes gerechtfertigt ist oder nicht. Die Rechnungen sind unter gleichen Bedingungen der sichergestellten Energieabgabe an die Verbraucher durchzuführen. Im Fall, dass ein neues Wasserkraftwerk nicht besteht, ist eine Erweiterung jener Wärmekraftwerke vorzusehen, die im betreffenden Verbundsystem normalerweise gebaut werden.

Die entwickelte Methode ergibt die optimale Ausbauleistung von Wasserkraftwerken und den optimalen Speicherinhalt von Speicherwerken. Im ersten Fall simuliert man die Errichtung des behandelten Wasserkraftwerkes mit verschiedenen Ausbauleistungen und untersucht den Einfluss auf die Kosten im System. Die Bestimmung der Ausbaukosten ist durch die Bedingung der geringsten Kosten im System gegeben. Bei der Ermittlung des optimalen Speicherinhaltes ist eine Untersuchung der Auswirkung des neuen Wasserkraftwerkes auf die Kosten im Verbundsystem bei verschiedenen Grössen des Gesamtinhalts und verschiedene Nutzinhalte der Speicherung notwendig, wobei verschiedene Ausbauleistungen anzunehmen sind.

Mit zunehmendem Energieverbrauch steigt die optimale Ausbauleistung des Wasserkraftwerkes, besonders in Systemen, in welchen mit steigendem Verbrauch gleichzeitig die Anzahl der Wasserkraftwerke abnimmt. Bei grösserem Gefälle wird die relative Ausbaugrösse (Verhältnis der Zuflussmenge zur installierten Leistung und mittleren jährlichen Durchsatzmenge) immer grösser. Sie wird bei Verlängerung des Stollens bei gleichem Gefälle kleiner. Die saisonmässige Durchsatzverteilung beeinflusst die installierte Leistung (Ausbauleistung). Bei gleichen Bedingungen haben ein Wasserkraftwerk mit einer günstigen Durchsatzverteilung (die dem Verbrauch besser angepasst wird) eine höhere optimale installierte Leistung. Eine Wochenspeicherung erlaubt eine wesentliche Erhöhung der optimalen Ausbauleistung. Dieser Einfluss ist beim Vergleich mit Laufkraftwerken um so grösser, je kleiner der Anteil der Wasserkraftenergie im betreffenden Verbundsystem ist. Ausserdem zeigt eine Analyse, dass anscheinend ein Entwicklungszustand des Systems (Anteil der Wasserkraftenergie) besteht, in dem ein maximales nutzbares Speichervorkommen erforderlich ist. Jedenfalls ist dieser Umstand von den Kennwerten des Staudamms und den Beziehungen des Speicherinhalts zum Gefälle abhängig. Für Wasserkraftwerke mit Saisonspeicherung steigt die optimale Ausbauleistung mit zunehmendem Energieverbrauch bzw. mit fallendem Anteil der Wasserkraftenergie steil an.

E. Königshofer

Fernbeheizte Schweiz ?

697.34(494)

[Nach R. Hohl: Fernbeheizte Schweiz? Die totale Energieverwertung und ihre mögliche Rolle in einer umweltfreundlichen Gesamtenergieversorgung. BBC-Sonderdruck CH-T 010032 1973]

Heute dienen ca. 45 % des Gesamtenergieverbrauches der Schweiz der Raumheizung und Warmwasserversorgung. Dieser Anteil wird auch im Jahre 2000 ungefähr gleich bleiben, die Gesamtenergiemenge jedoch auf ca. das Dreifache steigen. Dadurch stellen sich ernsthafte Probleme des Umweltschutzes, zumal dieser Energieanteil bisher fast ausschliesslich durch umweltbelastigende individuelle Ölfuerungen gedeckt wird, eine Feuerungsart, die fünfmal soviel Immissionen verursacht wie eine Grossanlage (Fernheizwerk) mit kontrollierter Feuerung, hohem Kamin und Rauchgasreinigung.

Es ist daher an der Zeit, sich ernsthaft Gedanken über die zukünftige Energieversorgung der Schweiz unter Berücksichtigung des Umweltschutzes und der Gesamtwirtschaftlichkeit zu machen. Von besonderem Interesse ist die Versorgung mit Wärmeenergie für Raumheizung und Warmwasserbereitung. Als saubere Energieträger kommen praktisch nur Heisswasser und Elektrizität in Frage. Erdgas hat zwar einen fünfmal besseren Immissionsindex als Heizöl, die Vorräte sind jedoch verhältnismässig knapp, so dass sich ein eigenes Verteilnetz nicht lohnt und die dafür nötigen Investitionen in einem Verteilnetz für Heisswasser besser angelegt wären.

Möglichkeiten der Wärmeversorgung

Die allelektrische Heizung der Schweiz scheidet von vornherein aus, da sie das Erstellen einer zusätzlichen Kraftwerkleistung von 80 000 MW erfordern würde. Zum Vergleich: Gegenwärtig sind in der Schweiz ca. 9000 MW installiert. Dazu kommt noch, dass der Ausbau der Wasserkraftwerke in diesem Lande seine Grenze erreicht hat, also ausschliesslich thermische Kraftwerke gebaut werden müssten.

Einen wesentlichen Fortschritt würde ein Heisswasser-Fernheizsystem bringen, das jedoch nur für Ballungsräume wirtschaftlich anwendbar ist. Bei Erweiterungen oder Erneuerungen solcher Fernheizwerke kann man zudem leicht auf diejenige Primärenergie umstellen, die aus Gründen des Umweltschutzes und der Versorgungssicherheit gerade am vorteilhaftesten ist. Die Fernheizung ist eine technisch ausgereifte Lösung. Sie hält die Wohngebiete immissionsfrei und hat einen wesentlich geringeren Gesamt-Immissionsindex als Individualheizungen. Ihr Hauptnachteil sind höhere Primärinvestitionen, die aber teilweise durch niedrigere Betriebskosten ausgeglichen werden. Vorbedingung für das Einrichten einer Fernheizanlage ist jedoch, dass mindestens 90 % aller Verbraucher an das System angeschlossen werden.

Fernheizkraftwerke liefern sowohl Heisswasser für Heizzwecke als auch elektrische Energie. Bisher wurden in Fernheizkraftwerken hauptsächlich Entnahme-Kondensationsturbinen eingesetzt. Für das schweizerische Konzept erscheint die vorwiegende Verwendung von Gegendruckturbinen vorteilhafter, die sowohl mit ihrer nutzbaren Abwärme als auch mit der erzeugten elektrischen Energie nur der Heizung dienen. Soweit wie möglich soll auch Prozesswärme, die in Form von Dampf oder Heisswasser an nahe gelegene Industrien geliefert werden kann, bei der Projektierung von Fernheizkraftwerken berücksichtigt werden. Auch Gasturbinen könnten in Sonderfällen Anwendung finden.

Kernkraftwerke eignen sich ihrer hohen Investitionskosten wegen hauptsächlich zum Decken von Grundlast, wie sie z. B. die Versorgung mit Warmbrauchwasser darstellt. Der Wärmepreis liegt dann incl. Verteilverluste wesentlich unter demjenigen für Heizöl. Durch die Verbindung von Elektrizitäts- und Wärmelieferung vermindert sich auch die thermische Umweltbelastung, wie folgendes Beispiel für ein Kraftwerk mit Leichtwasserreaktor zeigt: Werden bei 900 MW Normalleistung dauernd 500 Gcal/h (580 MW thermisch) an Wärme geliefert, vermindert sich die unbrauchbare Abwärme um 30 %, die elektrische Leistung je-

doch nur um 12 %. Kondensator und Kühlturm können um 30 % verkleinert werden.

Eine andere Energiequelle sind Müllverbrennungsanlagen, die zwar nur ca. 1,5 % des künftigen Energiebedarfes decken können, was aber immerhin einer äquivalenten Heizölmenge von 600 000 t/a entspricht.

Modell der fernbeheizten Schweiz

Umweltschutz ist nicht gratis und ist auch nicht ohne, für Einzelne vielleicht einschneidende Massnahmen im Interesse der Gesamtheit durchzuführen. Es bestehen drei Bedingungen:

- Die Art des Wärmeversorgungssystems (Heisswasser oder Elektrizität) ist je nach Standort des Verbrauchers vorzuschreiben. Je bezogene Wärmeinheit wird ein Paritätspreis berechnet, egal ob Heisswasser oder Elektrizität bezogen wird.

- Das System kann nur innerhalb der durch die Rücksicht auf den Umweltschutz gegebenen Grenzen unter Berücksichtigung der Summe aller Einflüsse wirtschaftlich optimiert werden.

- Eine enge überregionale und überkantonale Zusammenarbeit zwischen Behörden, Energiewirtschaft und den mit dem Wohnbau befassten Körperschaften ist unerlässlich.

Im Jahre 2000 wird es voraussichtlich in der Schweiz ca. 40 Agglomerationen mit über 20 000 Einwohnern geben, in denen 62,5 % der Bevölkerung (ca. 5 Millionen) leben werden. Die übrigen 37,5 % der Einwohner (ca. 3 Millionen) werden in kleineren Orten und Streusiedlungen wohnen. Der Energiebedarf der Agglomerationen für Raumheizung und Warmbrauchwasser ist durch Heisswasser zu decken, während die Bewohner der übrigen Gegenden vorwiegend elektrisch beheizt werden. Fernheiz- und Kernkraftwerke sowie Müllverbrennungsanlagen liefern sowohl das Heisswasser als auch die elektrische Energie. Ein eventueller Mehrbedarf der Berggegenden im Sommer könnte aus den übrigen Kraftwerken bezogen werden.

Der jährliche Energiebedarf für Raumheizung und Warmwasserbereitung sieht ungefähr wie folgt aus:

- Für die Raumheizung liefern Fernheizkraftwerke 84 000 Tcal¹⁾ (98 TWh thermisch) als Wärme an die Agglomeration und gleichzeitig 42 TWh (36 000 Tcal) als elektrische Energie an die Restsiedlungen. Diesen fehlen dann aber noch 10,5 TWh (9000 Tcal), die durch elektrische Speicherheizungen und Wärmepumpen aus anderen Kraftwerken sowie mit einer beschränkten Anzahl von Öl-, Kohlen- oder Holzheizungen aufzubringen sind.

- Für die Warmwasserbereitung stellen Kernkraftwerke 17 000 Tcal (20 TWh thermisch) und Müllverbrennungsanlagen 3500 Tcal (4,1 TWh thermisch) den Agglomerationen an Wärme zur Verfügung. Gleichzeitig erhalten die Restsiedlungen an elektrischer Energie 0,93 TWh (800 Tcal) aus Müllverbrennungsanlagen und 11,2 TWh (9000 Tcal) aus Kernkraftwerken.

Der Aufbau des Fernheizsystems könnte sich in drei Phasen vollziehen:

Während der ersten 5 bis 10 Jahre ist mit dem Ausbau der Heisswassernetze zu beginnen. Fernheizzentralen mit Niederdruckkesseln ohne Erzeugung elektrischer Energie sind zu errichten. Zum Bau vorgesehene Kraftwerke werden der Konzeption angepasst.

Innerhalb weiterer 10 bis 15 Jahre sind die Heisswassernetze weiter anzubauen und alle Zentralen als Fernheizkraftwerke zu erstellen. Die elektrischen Verteilnetze der Restsiedlungen sind zu verstärken und diese Verbraucher auf elektrische Heizung umzustellen. Die Niederdruckkessel der ersten Phase dienen nur noch als Reserve.

Während der folgenden 15 bis 20 Jahre ist das System voll auszubauen.

Diese Vorschläge sind ein Beitrag zur Gestaltung einer Energieversorgung, die auf die Umwelt Rücksicht nimmt und der nächsten Generation voll zugute kommen wird. Obwohl ihre Verwirklichung bedeutende Investitionen erfordert, kommt sie die Gemeinschaft in Summe wahrscheinlich noch billiger zu stehen als das nachträgliche Beheben von Folgeschäden einer unbedrückten Umweltbelastung.

G. Tron

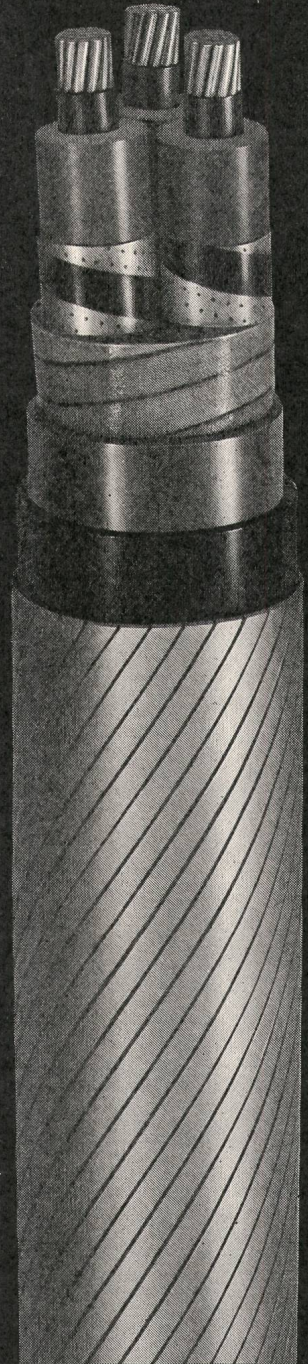
1) 1 Tcal = 10¹² cal = 10⁹ kcal
1000 Tcal = 1,163 TWh
1 TWh = 10¹² Wh = 10⁹ kWh

Kabel arbeiten



Im Verborgenen – tief verlegt in der Erde oder auf dem Grund von Gewässern, erfüllen Kabel pausenlos und über grosse Distanzen ihre genau berechneten Funktionen ... Kabel leiten, vermitteln, arbeiten: tote Materie – durch eine physikalisch-technische Konzeption aufgewertet zum lebendigen Energieleiter, zum vitalen Informationsvermittler. Ein sicher funktionierendes Netz von Kabeln bildet heute ein nicht mehr wegzudenkendes System von lebenswichtigen Verbindungen: Nervenstränge unserer Wirtschaft, unserer öffentlichen und privaten Existenz – Lebenslinien einer aktiven, gesunden Nation. Kabel aus Brugg sind hochwertige Qualitätserzeugnisse – aufgrund von immenser praktischer Erfahrung und theoretischem Wissen erdacht, entwickelt, erprobt und perfektioniert. Durch grösste Sorgfalt in der Fabrikation und durch ständige Kontrollen auf den höchstmöglichen Stand der Sicherheit gebracht – Brugger Qualität. Beim Menschen wie beim Kabel sind sichere Verbindungen ein entscheidender Faktor – erste und letzte Anforderung zugleich. Heute und in Zukunft ...

**Sicherheit
aus Brugg**

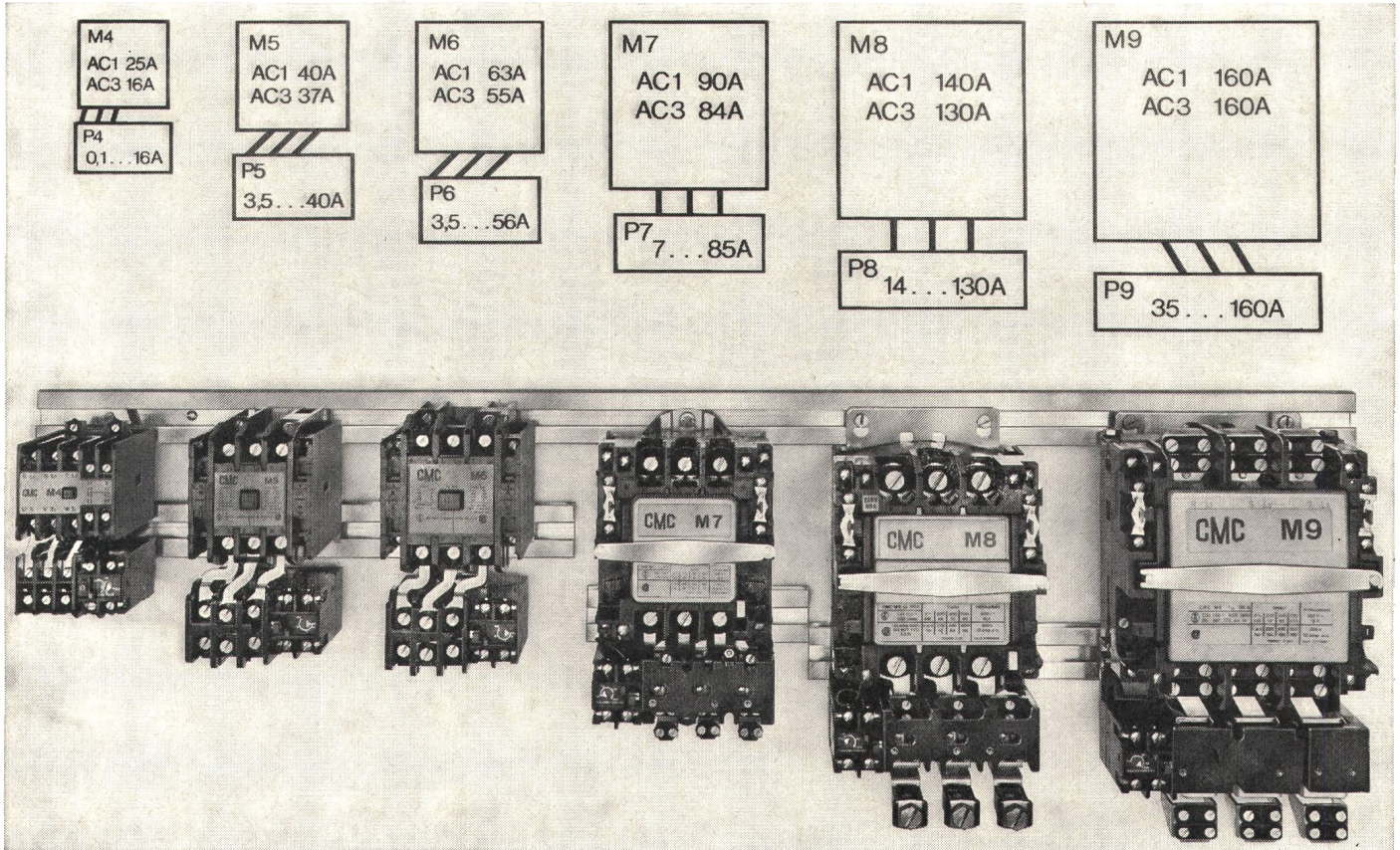


KABELWERKE BRUGG AG, 5200 BRUGG
Elektrische Kabel, Drahtseile Telefon 056 - 41 11 51

Zukunft mit CMC

M4P ... M9P Ihre Schützerreihe

Aus dieser Schützerreihe tanzt keines; die konstruktiv einheitliche, fein abgestufte Reihe ermöglicht eine technisch-wirtschaftlich optimale Auswahl des richtigen Schützes.



Die Schützerreihe M4P ... M9P hat zu viele Vorteile, um hier alle zu erwähnen. Für den Schalttafelbauer zählt die Möglichkeit, den M4, M5, M6 bei gleichem Traversenabstand montieren zu können; der Grossist schätzt die Einsatzmöglichkeit des P4 auch am M5 und M6; alle profitieren von den leichtzugänglichen Anschlussklemmen, dem raffinierten Zubehör, den schönen Gehäusen und ganz besonders der kleinen Grundfläche.

Unsere Schütze sind auch im Elektrogrosshandel erhältlich. Verlangen Sie die Listen F 10 und F 15.

CMC

Carl Maier + Cie 8201 Schaffhausen

Elektrische Schaltapparate und Steuerungen

Telefon 053-81666