Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 83 (1992)

Heft: 15

Artikel: Technologie und Einsatz der Energiekabel : eine Übersicht

Autor: Gyger, Heinz W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-902845

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: 10.12.2025

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

Technologie und Einsatz der Energiekabel – eine Übersicht

Heinz W. Gyger

Energiekabel spielen in der Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie eine bedeutende Rolle. Im Artikel werden kurz die Konstruktion und die Herstellung von Energiekabeln beschrieben. Ein weiterer Abschnitt geht auf das Energiekabel-Zubehör ein, und anschliessend werden die wichtigsten Kriterien dargestellt, die bei der Planung von Kabelanlagen zu beachten sind. Der Abschluss behandelt die Normierung, was im Zusammenhang mit politischer und wirtschaftlicher Integration immer wichtiger wird.

Les câbles d'énergie jouent un rôle considérable dans la transmission et la distribution d'énergie électrique. Dans l'article on décrit brièvement la construction et la fabrication de ces câbles. Un autre chapitre est consacré aux accessoires pour câbles d'énérgie, puis on présente les critères essentiels dont il faut tenir compte lors de l'étude d'installations de câbles. Pour terminer, on traite de la normalisation, ce qui devient de plus en plus important au vu de l'intégration politique et économique.

Adresse des Autors
Heinz W. Gyger, Dipl. Ing. ETH, Direktor Brugg Kabel AG, 5200 Brugg.

Bedeutung von Energiekabeln in der Schweiz

Hand in Hand mit der praktischen Anwendung der elektrischen Energie gegen Ende des letzten Jahrhunderts entwickelte sich in unserem Lande eine bedeutende Kabelindustrie. Die Energiekabel-Ära in der Schweiz begann 1878 mit der Erfindung der Bleipresse, System Berthoud et Borel, in Cortaillod. Mit dem Bau der ersten Wasserkraftwerke an Rhein und Aare kamen papierisolierte Energiekabel mit Bleimantel zum Einsatz, die teilweise über 70 Jahre in Betrieb standen (Bild 1). Weitere wichtige Ereignisse in der Energiekabelentwicklung sind:

- 1928 erste längere 50-kV-Kabelleitung zwischen Guttannen und Handegg für die KWO
- 1933 erste 70-kV-Ölkabel für die NOK in Winterthur-Töss
- 1942 erste grössere 150-kV-Ölkabelanlage für die KWO Innertkirchen
- 1953 erste 220-kV-Ölkabel für die Maggia-Kraftwerke
- 1964 erste 400-kV-Ölkabel für den Export nach Schweden.

Ab Ende der 60er Jahre begann eine rege Weiterentwicklung von Kunststoff-Energiekabeln, die heute mit dazugehörigem Zubehör bis zu einer Spannung von 400 kV zur Verfügung stehen.

Der Umsatz der Kabelindustrie beträgt heute auf dem Gebiete der Energiekabel über 400 Mio. sFr., wobei mehr als 90% davon in der Schweiz investiert wird. Entsprechend hoch ist der Anteil der verkabelten elektrischen Netze in unserem Lande. Auch in bezug auf Betriebssicherheit können diesen Kabelanlagen, wie systematische Erfassungen von Störungen zeigen, im Vergleich zu ausländischen Anlagen ein sehr gutes Zeugnis ausgestellt werden. Dies ist auf die Anlagekonzeption, den Unterhalt und insbesondere auch auf die hervorragende Qualität dieser Schweizer Produkte zurückzuführen.

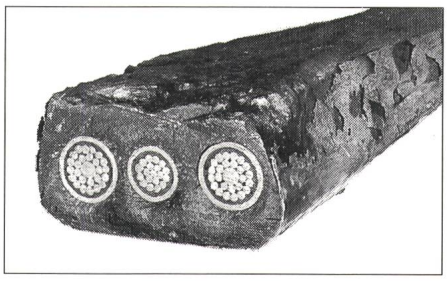

Bild 1 Papierbleikabel älterer Technologie
Die drei Einleiter Papierbleikabel, verlegt in mit Bitumen ausgegossenem Blechkanal, waren in Betrieb seit der Jahrhundertwende bis Mitte der 70er Jahre

Konstruktion von Energiekabeln

Energiekabel dienen der Übertragung und Verteilung von elektrischer Energie; sie leiten den elektrischen Strom vom Erzeuger zum Verbraucher. Sie beherrschen heute weitgehend die Nieder- und Mittelspannungsverteilungen in städtischen Agglomerationen und sind in den Übertragungsnetzen von 50 bis 220 kV als Verbindungselemente zwischen den Freileitungen und den Transformatoren einerseits und den Schaltanlagen andererseits kaum mehr wegzudenken. Selbst im 380-kV-Netz wird heute der Einsatz von Kabelverbindungen erwogen.

Aufgrund ihres Aufbaus und ihrer Anwendung unterscheidet man zahlreiche verschiedene Kabeltypen. Bei den Kabeln befindet sich zuinnerst der Kupfer- oder Aluminiumleiter. Die

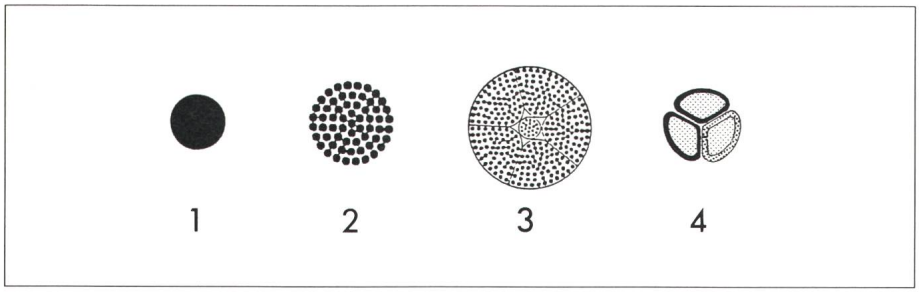

Bild 2 Verschiedene Leiterkonstruktionen
1 runder Massivleiter *re*
2 runder, verseilter Leiter *rm*
3 runder, segmentierter und verseilter Leiter
4 sektorförmige, massive Al-Leiter *se-AL*

Konstruktion und die Grösse des Leiterquerschnittes hängt von der zu übertragenden Leistung bzw. des Leiterstromes und der Betriebsspannung ab. Von entscheidender Bedeutung sind die Leiterverluste, wozu – neben den ohmschen Verlusten – die durch die elektromagnetischen Wechselfelder verursachten dielektrischen Verluste und weiteren Zusatzverluste wesentlich beitragen (Skin- und Proximityeffekt). Unterschieden werden folgende Leiterkonstruktionen (Bild 2):

- Massivleiter (Volleiter)
  bis 10 mm² / ca. 40 A
- mehrdrähtiger Leiter
  Rundleiter
  bis 800 mm² / ca. 1400 A
  Hohlleiter für Ölkabel
  bis 800 mm² / ca. 1200 A
- mehrdrähtiger, segmentierter Leiter
  Rundleiter für Polymerkabel
  ab 1000 mm² / ca. 3000 A
  Hohlleiter für Ölkabel
  ab 1000 mm² / ca. 2500 A
- Sektorleiter aus massivem Aluminium für Niederspannungs-Netzkabel
  bis 240 mm² / ca. 600 A

Die Verlustwärme wird entweder durch natürliche Kühlung abgeführt oder, bei hoher Stromstärke, mittels einer künstlichen Kühlung entweder indirekt durch Kühlung der Umgebung oder direkt durch Kühlung im oder unmittelbar neben dem Kabel.

Stromführende Leiter müssen untereinander und gegen Erde elektrisch zuverlässig isoliert sein. Dazu dient das Dielektrikum, das heisst die Isolierschicht zwischen dem Leiter und der äusseren Abschirmung (Bild 3). Bei Mittel- und Hochspannungskabeln befindet sich zudem zwischen Leiter und Leiterisolation eine etwa 1 mm dicke, mit einer im Vergleich zu jener der Isolation höheren Leitfähigkeit, die sogenannte halbleitende Schicht (Polymer mit Russzusatz). Diese hat die Aufgabe der Leiterglättung (Erzielung eines homogenen radialen Feldverlaufs) und der Unterdrückung des Transports unerwünschter Ladungsträger (Ionenfalle). Obwohl die halbleitende Schicht den Verlustfaktor tg δ merklich erhöht, kann aus Gründen der Durchschlagsfestigkeit nicht darauf verzichtet werden. Für das Dielektrikum werden folgende Isoliermaterialien eingesetzt:

- Gas
- Kombination von Flüssigkeit und Feststoff (Mischdielektrikum)
- Feststoff.

Bei den Mittel- und Hochspannungskabeln wird über der Leiterisolation eine weitere halbleitende Schicht aufgebracht; diese äussere halbleitende Schicht dient dem gleichen Zweck wie der innere Halbleiter. Ein darüberliegender, elektrisch leitfähiger Schirm soll allfällige Ausgleichsströme aus unsymmetrischen Belastungen und, im Extremfall, Kurzschluss-Ströme zurückführen können. Metallische Mäntel schliesslich sorgen für eine Sperre gegen Wasserdampfdiffusion in radialer Richtung und, bei mit Flüssigkeit gefüllten Kabelisolationen, für deren Begrenzung nach aussen. Sie können gleichzeitig die Schirmfunktion und bei genügend grossem Querschnitt auch die Ableitung der Kurzschluss-Ströme übernehmen.

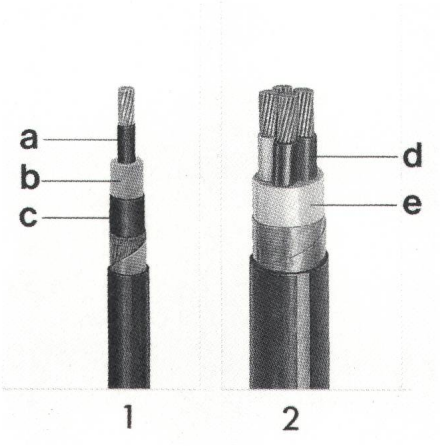

Bild 3 Kabelisolationen
1 MS- und HS-Kabel: innerer Halbleiter *a*, Leiterisolation *b* und äusserer Halbleiter *c*
2 NS-Kabel: Leiterisolation *d* und Gürtelisolation *e*

Bei Niederspannungskabeln wird direkt über die Kabelisolierung, bei den Mittel- und Hochspannungskabeln über dem Schirm oder dem metallischen Mantel, ein Kabelschutz – ein Kabelmantel aus Kunststoff – aufgebracht, der mechanische, thermische und elektrische Schutzfunktionen übernimmt (siehe Bild 4).

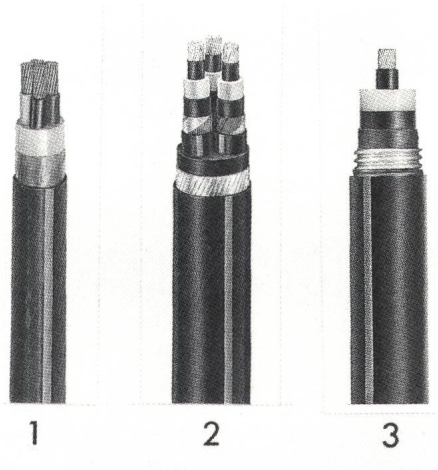

Bild 4 Schutzmantel und Armierung
1 verbleite Eisenbandarmierung und Kunststoffschutzmantel
2 verzinkte Flachdrahtarmierung und Kunststoffschutzmantel
3 Kupferwellmantel und doppelter Kunststoffschutzmantel

In der Praxis werden die Energiekabel nach den eingesetzten Materialien, insbesondere des Isoliermaterials, eingeteilt. So werden unterschieden:

- Gas-Innendruck- und Gas-Aussendruckkabel
- Papierölkabel
- Polymerkabel aus vernetztem Polyäthylen (VPE, XLPE) und Ethylene-Propylene-Rubber (EPR).

Von zunehmender Bedeutung sind dabei die polymerisolierten Kabel, die sowohl bei der Verlegung als auch bei der Montage der Anlage inkl. Zubehör Vorteile bieten und zudem im Betrieb wartungsfrei sind. Die Weiter-

SATW
SCHWEIZERISCHE AKADEMIE DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
ACADÉMIE SUISSE DES SCIENCES TECHNIQUES
ACCADEMIA SVIZZERA DELLE SCIENZE TECNICHE
SWISS ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

Congrès annuel 1992
Jahrestagung 1992

Jeudi/Vendredi 24/25 septembre – Donnerstag/Freitag, 24./25. September
à Yverdon-les-Bains
Présidence/Präsidium: Professeur Dr h.c. A.P. Speiser, président/Präsident ASST/SATW

Jeudi/Donnerstag, 24.9.1992 Avant-programme/Vorprogramm

Lieu/Ort: Y-Parc, parc scientifique et technologique, ch. de la Sallaz, Yverdon-les-Bains

17.00 h **Ouverture du Congrès annuel**
Discours du président
Bienvenue et admission des membres individuels

Eröffnung der Jahrestagung
Ansprache des Präsidenten
Aufnahme von Einzelmitgliedern

18.30 h Apéritif à l'Hôtel de Ville à la «Salle Pas-Perdus» (offert par la ville)
Allocution de Monsieur R. Guyaz, Syndic de la ville

Apéritif im Stadthaus «Salle Pas-Perdus» (offeriert von der Stadt Yverdon)
Begrüssung durch Herrn R. Guyaz, Stadtammann

20.00 h Banquet au Salon Belle Epoque du Grand Hôtel des Bains (offert par l'ASST)

Bankett im Salon Belle Epoque des Grand Hotel des Bains (offeriert durch die SATW)

Vendredi/Freitag, 25.9.1992

CO_2 et effet de serre: Situation et perspectives
CO_2 und der Treibhauseffekt: Situation und Perspektiven
Président/Vorsitzender: Professeur Dr W.H. Richarz
Lieu/Ort: Ecole d'Ingénieurs de l'Etat de Vaud (EINEV)
Rte Cheseau 1, Yverdon-les-Bains

10.00 h **Allocution de bienvenue**
Professeur Dr W.H. Richarz

Begrüssung
Professor Dr. W.H. Richarz

10.05 **CO_2 et effet de serre: situation et perspectives**
Professeur Dr H. Oeschger, Université de Berne

En se fondant entre autres sur les plus récentes évaluations du groupe d'experts intergouvernemental pour l'étude des changements climatiques (International Panel of Climatic Change), l'auteur présente l'état actuel des connaissances sur la teneur en CO_2 et sur l'effet de serre. Depuis plus d'une dizaine d'années, on évalue entre 1,5 et 4,5°C le réchauffement global que provoquerait un doublement de la teneur en CO_2 dans l'atmosphère. Les estimations les plus vraisemblables se situent au milieu de cette fourchette, soit vers 3°C.

La répartition du CO_2 émis dans l'ensemble atmosphère-biosphère-océans semble bien simulée par des modèles d'évaluation comme le montre la comparaison entre l'augmentation de CO_2 dans l'atmosphère effectivement constatée de 1950 à 1990 et l'estimation des émissions de CO_2 d'origine fossile. De 1950 à 1973, les émissions de CO_2 augmentaient de 4,4% par an. Certes, après la crise pétrolière de 1973, l'augmentation annuelle s'est réduite à 2% jusque vers 1990.

Les émissions actuelles de CO_2 d'origine fossile correspondent à 6 gigatonnes de carbone par an. Si la croissance s'était maintenue au niveau d'avant la crise du pétrole, on en serait à 10 Gt C par an. Pour stabiliser la teneur en CO_2 à 150% de sa valeur préindustrielle, il semble nécessaire de réduire de 50% les émissions actuelles de CO_2 (sans les effets de la crise du pétrole, la réduction aurait dû être portée à 80%).

L'analyse de la composition de l'air emprisonné dans les anciennes couches de glace polaire permet d'évaluer les concentrations préindustrielles des gaz à effet de serre CO_2, CH_4 et N_2O. On a également observé des concentrations nettement plus faibles dans les échantillons datant de la dernière période glaciaire. Il semble vraisemblable que les variations de l'effet de serre liées à ces changements de concentrations ont contribué aux modifications climatiques pendant la dernière glaciation.

L'opinion publique est de plus en plus sensibilisée aux questions liées à l'effet de serre. Pour stabiliser cet effet de serre, il faudrait prendre une voie qui minimise les problèmes aussi bien écologiques que sociaux ou économiques. Comme elle l'a fait pour l'élimination des CFC (hydrocarbures fluoro-chlorés), l'industrie devrait assumer ses responsabilités et trouver les voies qui mènent à une meilleure gestion de l'énergie, au développement des énergies renouvelables non fossiles, ainsi qu'au transfert des techniques énergétiques à faible impact sur l'environnement dans les pays en développement ou en restructuration.

CO_2 und der Treibhauseffekt: Situation und Perspektiven
Professor Dr. H. Oeschger, Universität Bern

Basierend unter anderem auf dem neusten Assessment (1992) des International Panel of Climatic Change, wird der gegenwärtige Wissensstand über die CO_2- und Treibhausproblematik diskutiert. Seit mehr als einem Jahrzehnt liegt die Abschätzung für die globale Erwärmung bei einer CO_2-Verdoppelung oder deren Äquivalent – im 1,5°C–4,5°C-Band – mit den wahrscheinlichsten Werten in der Mitte.

Die Verteilung des emittierten CO_2 im System Atmosphäre-Biosphäre-Ozean wird durch die Modelle gut simuliert, wie der Vergleich des atmosphärischen CO_2-Anstiegs 1950–1990 mit den geschätzten fossilen CO_2-Emissionen zeigt. 1950–1973 nahmen die CO_2-Emissionen mit einer Wachstumsrate von 4,4% pro Jahr zu. Wohl als Konsequenz der Ölkrise im Jahr 1973 betrug das mittlere Wachstum von 1973 bis 1990 nur noch 2% pro Jahr.

Die heutige Emission von fossilem CO_2 entspricht 6 GT C pro Jahr; hätte sich das hohe Wachstum fortgesetzt, würden sie ca. 10 GT C pro Jahr betragen. Um den atmosphärischen CO_2-Gehalt bei 150% des vorindustriellen Wertes zu stabilisieren, ist bis zur Mitte des nächsten Jahrhunderts eine Reduktion um 50% erforderlich. (Bei einem angenommenen Wert eines nicht durch die Krise gebremsten Wachstums müsste eine entsprechende Reduktion 80% betragen.)

Die Messung der Zusammensetzung von in altem Polareis eingeschlossener Luft ermöglicht die Bestimmung der vorindustriellen Konzentrationen der Treibhausgase CO_2, CH_4 und N_2O, wie auch die Beobachtung deutlich niedrigerer Konzentrationen in Proben aus der Eiszeit. Es scheint wahrscheinlich, dass die damit verbundenen Änderungen des Treibhauseffekts zur klimatischen Kopplung der Hemisphären während des letzten Vereisungszyklus beigetragen haben.

Das Problem des sich verstärkenden Treibhauseffekts wird von der Öffentlichkeit mehr und mehr wahrgenommen. Zur Stabilisierung des Treibhauseffekts sollte ein Weg beschritten werden, bei dem sowohl die ökologischen wie auch die sozioökonomischen Auswirkungen minimalisiert werden. Wie im Falle der FCKWs sollte die Industrie die Führung übernehmen und Wege finden, die in Richtung besserer Energienutzung, Entwicklung erneuerbarer und nicht fossiler Energien, wie auch den Transfer vorhandener Energietechniken mit niedriger Umweltbelastung in Entwicklungsländer und Länder, die sich im Neuaufbau befinden, führen.

10.45 h **Energie grise et effet de serre pré-investi dans l'amélioration énergétique des bâtiments**

Professeur Dr P. Suter, ETH Zurich

Une part importante de la demande d'énergie (combustible ou électricité) concerne l'utilisation dans les bâtiments; ainsi ce secteur contribue pour une bonne part à l'effet de serre, soit à environ ⅓ au niveau mondial et environ 50% en Suisse.

Il convient donc d'évaluer le potentiel de réduction dans ce domaine, soit par des améliorations concernant l'architecture, l'enveloppe ou les installations, soit par l'utilisation des énergies renouvelables.

Mais dans ce contexte on doit tenir compte de la pollution «grise» causée par la production de nouveaux matériaux, appareils et installations. Cette pollution grise doit être considérée intégralement en incluant aussi bien tous les procédés d'amont que le traitement des déchets et la démolition. Si ces étapes laissent échapper des gaz CFC, elles contribuent à l'effet de serre.

Les résultats de telles considérations globales sont discutés; ils permettent de définir un temps de retour écologique des mesures proposées.

Der Erntefaktor verbesserter Haustechnik bezüglich des Treibhauseffektes

Professor Dr. P. Suter, ETH Zürich

In Gebäuden wird ein grosser Teil der gesamten Energienachfrage (Elektrizität und Brennstoffe) verursacht, weltweit etwa ⅓, in der Schweiz beinahe die Hälfte, und damit wird auch der Treibhauseffekt anteilig mitverschuldet.

Es wird uns dargestellt, welches Linderungspotential abzüglich Treibhauseffekt auf diesem Sektor besteht, sei es in der Bautechnik, in der Gebäudeausrüstung oder durch den Einsatz erneuerbarer Energien, und wie es mit dem Zeithorizont steht.

Besondere Beachtung verlangt der Umstand, dass bei der Sanierung von Bauten, bei der Herstellung neuer Geräte oder Anlagen den erneuerbaren Energien schon auch Emissionen vorinvestiert wurden, sogenannte «graue Umweltbelastung». Diese muss ganzheitlich erfasst werden, inklusive vorgelagerte Prozesse und nachgelagerte Entsorgung. Werden dabei Methan oder FCKW frei, so wird ein grosser Beitrag zu den Treibhausgasen geliefert.

Es werden Resultate solcher gesamtheitlicher Betrachtungen dargestellt, welche zu einem Erntefaktor oder einer Rückzahldauer bezüglich Treibhauseffekt führen.

11.30 **Pause café**

Kaffeepause

12.00 **Concours «Energie renouvelable» de l'ASST et de l'OFEN**

Professeur Dr A. Zuberbühler, Université de Bâle

L'énergie ne peut être ni produite ni détruite. Au sens rigoureux elle n'est pas non plus renouvelable.

Première catégorie, les principales formes d'énergie utilisées par l'homme proviennent toutes de réactions entre noyaux d'atomes, donc d'énergie nucléaire. Le conférencier décrit les chemins qui mènent de la réaction nucléaire jusqu'à l'utilisation de l'énergie, avec de très grandes différences dans le temps et dans l'espace. Trois voies son décrites: 1. L'utilisation actuelle de la fission nucléaire dans nos centrales atomiques. 2. La mise en valeur de la fusion nucléaire qui a lieu «actuellement» dans le soleil. 3. La combustion des énergies fossiles qui ont aussi été produites sous l'action de l'énergie solaire pendant des millions d'années.

Une deuxième catégorie de formes d'énergie plus ou moins bien définie est qualifiée de «renouvelable» ou «alternative». En principe, la totalité des besoins énergétiques de notre monde pourrait être couverte aussi longtemps que dure le système solaire sans que l'humanité doive prendre en compte les risques liés à la haute concentration d'énergie des réactions nucléaires. Pour le moment, il n'y a pas lieu de se préoccuper de l'épuisement de l'énergie solaire ni d'un besoin d'énergie qui dépasserait une petite part de l'énergie solaire incidente.

En réalité et en opposition à cette appréciation optimiste, seul une fraction négligeable de notre approvisionnement énergétique peut être couverte par les «énergies alternatives» (photovoltaïque, éolienne, thermosolaire, de biomasse, etc.). Pour des raisons historiques, l'énergie hydraulique, qui est aussi une forme d'énergie renouvelable, n'est pas classée dans les «nouvelles formes d'énergies renouvelables» dites aussi «alternatives». On évoque souvent, parfois sans les justifier, les inconvénients de l'utilisation directe de l'énergie solaire tels que la faible concentration d'énergie, les grandes surfaces de capteurs nécessaires et le bilan énergétique peu satisfaisant. Tous ces inconvénients se résument finalement à un prix du kilowattheure prohibitif par rapport à ceux d'autres formes d'énergie, du moins tels qu'ils sont calculés actuellement.

L'Academie suisse des sciences techniques (ASST) estime que le temps du moratoire doit être mis à profit pour formuler les bases d'une politique de l'énergie tournée vers l'avenir. La commission «Energie» du Conseil scientifique de l'ASST examine les divers aspects de la question et propose des solutions. Les énergies renouvelables y jouent un rôle central. Des méthodes rigoureuses pour la comparaison des coûts sont actuellemnet à l'étude, notamment la prise en considération des «coûts sociaux externes». En admettant des hypothèses économiques réalistes, les possibilités de développement à moyen terme sont difficiles à évaluer et restent très contestées. Toute académie des sciences techniques a pour rôle d'encourager les développements techniques. L'ASST espère leur donner une impulsion en mettant sur pied un concours doté d'un montant important qui doit contribuer à introduire sur le marché les techniques d'utilisation des énergies renouvelables déjà fondamentalement connues.

Alternativenergiepreis der SATW und des BEW

Professor Dr. A. Zuberbühler, Universität Basel

Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, im strikten Sinne ist sie auch nicht erneuerbar.

Direkt oder indirekt beruhen die wesentlichen durch den Menschen nutzbaren Energieformen alle auf Prozessen des Atomkerns, auf Kernenergie. Zur Diskussion steht der Weg vom Kernprozess bis zur Energieanwendung, mit enormen räumlichen und zeitlichen Unterschieden. Hier reichen die Möglichkeiten von 1. der *hic et nunc*-Anwendung der Kernspaltung in einem Kernkraftwerk über 2. die Nutzbarmachung der heute ablaufenden Kernprozesse in der Sonne bis 3. zum Verbrennen fossiler Energieträger, die vor Jahrmillionen ebenfalls unter dem Einfluss der Sonnenenergie entstanden sind.

Etwas unpräzise wird der zweite Teil der Palette als *erneuerbar* oder auch *alternativ* bezeichnet. Grundsätzlich kann so der gesamte Energiebedarf unseres Planeten während der Lebensdauer des Sonnensystems gedeckt werden, ohne dass die Menschheit spezielle Risiken aufgrund des hohen Energieinhalts von Kernreaktionen auf sich nehmen müsste. Eine Erschöpfung dieser Energiequelle und ein Energiebedarf, der grösser wäre als ein kleiner Bruchteil der einfallenden Sonnenstrahlung, stehen in der gegenwärtigen Diskussion nicht zur Debatte.

Dieser optimistischen Sicht gegenüber steht die Tatsache, dass die typischen Alternativenergien (Photovoltaik, Wind, solarthermische Kraftwerke, Biomasse u.ä.) nur einen praktisch zu vernachlässigenden Anteil zu unserer heutigen Energieversorgung beitragen, Wasserkraft, im Prinzip eine analoge Energieform, zählt aus historischen Gründen nicht zu den neuen erneuerbaren Energien. Einige immer wieder genannte, aber meist nicht näher analysierte Einwände gegen eine direkte Anwendung der Sonnenenergie, sind die kleine Energiedichte, der dementsprechend grosse Flächenbedarf und eine unbefriedigende Energiebilanz. Die unterschiedlichen Einwände kristallisieren sich schliesslich im Preis pro Kilowattstunde, der nach der aktuellen Berechnungsart mit dem anderer Energieformen nicht konkurrenzfähig ist. Die SATW ist der Meinung, die Zeit des Energiemoratoriums müsste intensiv genutzt werden, Entscheidungsgrundlagen für eine zukünftige und zukunftsweisende Energiepolitik zu erarbeiten. In der Komission *Energie* des Wissenschaftlichen Beirates werden die verschiedensten Aspekte der Problematik diskutiert und Lösungsansätze formuliert. Neue erneuerbare Energien spielen dabei eine zentrale Rolle. Solide und allgemein akzeptierte Methoden zum Kostenvergleich zwischen verschiedenen Energieträgern sind erst im Ansatz vorhanden, speziell bei Einbezug der sogenannten externen oder sozialen Kosten. Das mittelfristige Entwicklungspotential unter gesamtwirtschaftlich realistischen Annahmen ist heute nur vage abzuschätzen und stark umstritten. Für eine Akademie der technischen Wissenschaften naheliegend ist die spezifische Förderung der technologischen Entwicklung. Mit der Ausschreibung eines namhaft dotierten Wettbewerbs hofft die SATW, dieser Entwicklung einen Impuls zu geben und einen Beitrag zur Markteinführung der heute schon grundsätzlich bekannten neuen erneuerbaren Energietechniken leisten zu können.

12.45 h **Sommet pour la Terre**
Conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement
Luc Tissot, Fondation Tissot, Le Locle

Le premier «Sommet pour la Terre» aura lieu à Rio de Janeiro, Brésil, du 1er au 12 juin 1992.

«Le but principal du sommet sera de poser les fondements d'un partenariat global entre les pays industrialisés et les pays en voie de développement, sur la base de leurs besoins mutuels et de leurs intérêts communs, pour assurer l'avenir de la planète», déclare M. Maurice Strong, secrétaire général de la Conférence. «Nous devons trouver un équilibre viable et équitable entre l'environnement et le développement».
L'Assemblée générale des Nations-Unies a décidé que les Etats membres seraient représentés par leurs chefs d'Etat ou de Gouvernement. On s'attend à ce que ce soit le sommet le plus grand jusqu'à ce jour. Les organisation internationales, les ONG et les intérêts du secteur privé prendront également part à cette entreprise sans précédent de mobilisation des peuples afin de définir un parcours nouveau, plus bénéfique pour l'humanité.
La relation entre le développement économique et l'impact de l'homme sur l'environnement fut reconnu à la Conférence de l'ONU tenue à Stockholm en 1972. Pour le 20e anniversaire de Stockholm la CNUED espère produire:

1. Une Charte de la Terre pour assurer «notre avenir commun».
2. L'agenda 21: un programme d'actions pour le 21e siècle.
3. Un Accord International pour renforcer les institutions propres à mettre les nouvelles mesures à exécution.
4. Des Conventions Internationales sur les changements climatiques, la diversité biologique et la gestion des forêts.

13.30 Discours de clôture du président de l'ASST

13.45 Repas (env. Fr. 25.–)

15.00 Fin du Congrès

ERD-Gipfel
Konferenz der Vereinigten Nationen für Umwelt und Entwicklung (KVNUE)
Luc Tissot, Fondation Tissot, Le Locle

Der erste «ERD-Gipfel» findet vom 1. bis 12. Juni 1992 in Rio de Janeiro, Brasilien, statt.

«Das Ziel der Konferenz wird sein, die Fundamente zu legen für eine globale Zusammenarbeit zwischen Industrie- und Entwicklungsländern auf der Grundlage gegenseitigen Nutzens und gemeinsamer Interessen für die Zukunft unseres Planeten», erklärte Maurice Strong, Generalsekretär der Konferenz. «Wir müssen einen lebensfähigen Ausgleich zwischen Umwelt und Entwicklung finden».
Die Generalversammlung der Vereinigten Nationen hat beschlossen, dass alle Mitgliederstaaten durch ihr Staatsoberhaupt oder deren Regierungschef vertreten sein sollen. Man erwartet, dass dies die grösste bisher abgehaltene Gipfelkonferenz sein wird. Die internationalen Organisationen und Hilfswerke sowie Interessenvertreter der Privatwirtschaft werden ebenfalls an diesem grossen, völkerverbindenden Anlass teilnehmen, um neue Wege zum Wohl der gesamten Menschheit zu finden.
Der Zusammenhang zwischen wirtschaftlicher Entwicklung und dem Einfluss des Menschen auf die Umwelt wurde an der UNO-Konferenz 1972 in Stockholm anerkannt. Zum 20. Jahrestag der Stockholmer Konferenz hofft die KVNUE folgendes zu erarbeiten:

1. Eine «Erd-Charta zur Sicherung unserer gemeinsamen Zukunft».
2. Die «Agenda 21», ein Aktionsprogramm für das 21. Jahrhundert.
3. Eine Internationale Vereinbarung zur Stärkung der für neue Richtlinien zuständigen Institutionen.
4. Internationale Abkommen über Klimaveränderung, Artenvielfalt und Waldnutzung.

Schlusswort des Präsidenten der SATW

Mittagessen (etwa Fr. 25.–)

Schluss der Tagung

Sekretariat SATW
Selnaustrasse 16
8039 Zürich

A retourner à l'adresse susmentionnée avant le **8 septembre 1992:**
Einsenden an obige Adresse bis **8. September 1992:**

Inscription du Congrès annuel 1992 / Anmeldung Jahrestagung 1992

Nom/Name: _____

Société membre/Mitgliedgesellschaft: _____

Adresse: _____

Participation/Teilnahme

		marquer d'une croix/bitte ankreuzen:	
24.9. 17.00 h	Ouverture, apéritif, dîner/Eröffnung, Apéritif, Nachtessen	☐ oui/ja	☐ non/nein
	Accompagné(é)/mit Begleitung	☐ oui/ja	☐ non/nein
	Je désire ☐ chambre à 1 lit ☐ chambre double du 24 au 25 septembre au Grand Hôtel des Bains	☐ oui/ja	☐ non/nein
	Ich wünsche ☐ Einzelzimmer ☐ Doppelzimmer vom 24. auf den 25. September im Hotel des Bains	☐ oui/ja	☐ non/nein
25.9. 10.00 h	Symposium	☐ oui/ja	☐ non/nein
13.45 h	Repas/Mittagessen (env./ca. Fr. 25.–)	☐ oui/ja	☐ non/nein
15.00 h	Fin du Congrès/Schluss der Tagung		

entwicklung dieser Kabel zielt in Richtung einer Verbesserung der Rohmaterialien hinsichtlich Umweltverträglichkeit (Entsorgbarkeit, Recycling) und Alterungsverhalten unter Einfluss von Feuchtigkeit und hoher elektrischer Beanspruchung. Bereits mit den heute gebräuchlichen Polymerkabeln ist ein so hoher Entwicklungsstand erreicht, dass bei normalen Betriebsbedingungen mit einer Lebensdauer von mindestens 3 bis 4 Jahrzehnten gerechnet werden darf.

Nach wie vor eingesetzt werden, insbesondere bei Hochspannungskabeln, Mischdielektrika aus Öl und Papier in den sog. Papierölkabeln. Der Vorteil der Papierölkabel liegt in höheren zulässigen elektrischen Betriebsfeldstärken (von ungefähr 10–16 kV/mm) als bei Polymerisolationen erlaubt sind (etwa 4–12 kV/mm).

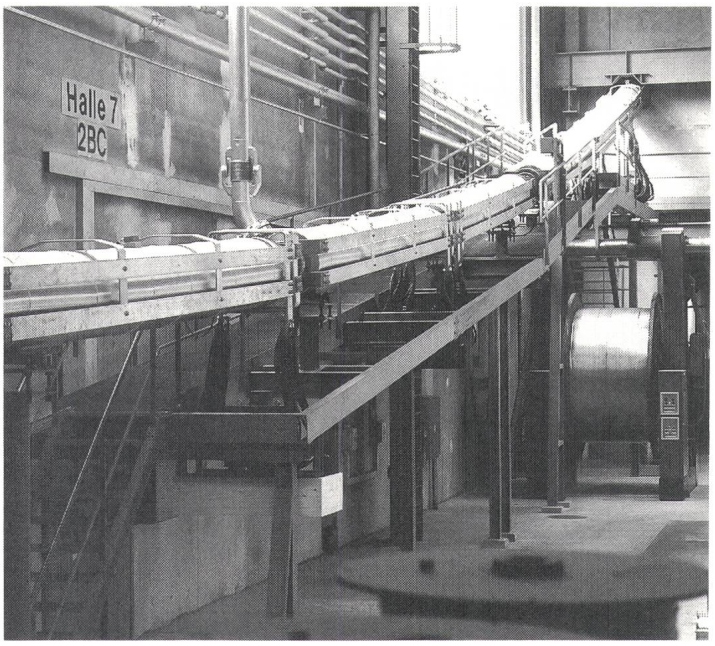

Bild 5 Kettenlinie-Trockenvernetzungsanlage im Zentrum: Druckvernetzungsrohr

Herstellung von Energiekabeln

Für Energiekabel muss eine jahrzehntelange Lebensdauer garantiert werden, was an die verwendeten Rohmaterialien und die gewählten Produktionsprozesse ganz besondere Ansprüche stellt. Vor allem der Reinheit der Materialien und der Sauberkeit wird daher während der Fabrikation grosse Beachtung geschenkt. Ein umfangreiches Prüfsystem während und am Ende der Fabrikation garantieren die geforderte höchste Qualität der Produkte.

Wie bereits erwähnt, wird in der Schweiz, mit Ausnahme einiger Niederspannungs-Netzkabel mit Aluminium-Leitern, Kupfer als Leitermaterial verwendet. Das zur Verwendung gelangende Kupfer wird auf elektrolytischem Wege hergestellt und erhält so eine maximale Reinheit und einen niedrigen spezifischen Widerstand. Aus wirtschaftlichen Gründen wird zudem ein möglichst kompakter Leiter produziert, der dennoch eine ausreichende Biegefähigkeit aufweist. Für das Biegeverhalten sind der Füllfaktor (Verhältnis zwischen dem effektiven Kupferquerschnitt und dem Querschnitt des Leiters), die Steigung beim Verseilen der Kupferdrähte (Verseilwinkel) und die Leiterglättung ausschlaggebend.

In der Diskussion um die Eigenschaften der diversen Energiekabeltypen nimmt die Wahl des Isolationsmaterials den breitesten Raum ein. Bei den Papierkabeln bestimmen gewählte Papierart und Isolieröl die elektrischen Eigenschaften des Dielektrikums. Hohe elektrische Festigkeit lässt sich mit Papieren grosser spezifischer Dichte und geringer Luftdurchlässigkeit erreichen. Synthetische Isolieröle haben die früher als Imprägniermittel eingesetzten Mineralöle weitgehend abgelöst. Zusehends verliert auch der aus umwelttechnischen Gründen zu ersetzende Bleimantel an Bedeutung und wird durch einen Kupfer- oder Aluminiumwellmantel ersetzt.

Für Polymer-Energiekabel gelangen im betrachteten Spannungsbereich fast ausschliesslich vernetzte, thermoelastische Polyäthylen (VPE oder XLPE) zum Einsatz. Seit einigen Jahren kommen auch vernetzte Copolymere auf der Basis von Ethylene-Propylene-Rubber zum Einsatz. Eine weitere Eigenschaft der Polymerkabel ist die Möglichkeit, durch Hinzufügen geeigneter Füllstoffe gewisse Eigenschaften wie Flammfestigkeit oder mechanische Festigkeit zu verbessern. Für die Vernetzung stehen sowohl physikalische wie auch chemische Verfahren zur Verfügung. Das heutzutage am weitesten verbreitete System basiert auf der Zugabe von Peroxiden, welche sich bei Zuführung von Wärme in reaktionsfähige Radikale auftrennen und so zu einer C-C-Bindung führen (Vernetzungsbrücke). Bei den physikalischen Systemen steht die Vernetzung mit energiereichen Elektronenstrahlen im Vordergrund.

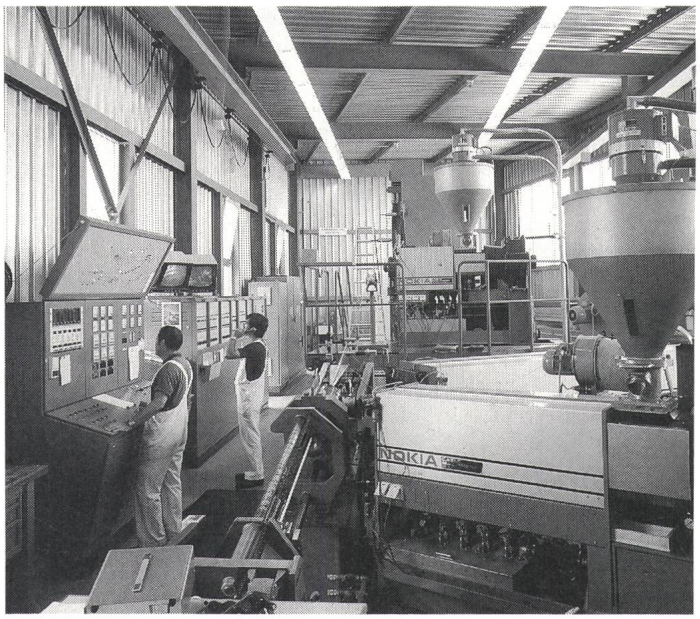

Bild 6 Kettenlinie-Trockenvernetzungsanlage Ansicht mit Leitstand und Dreifachextrudern

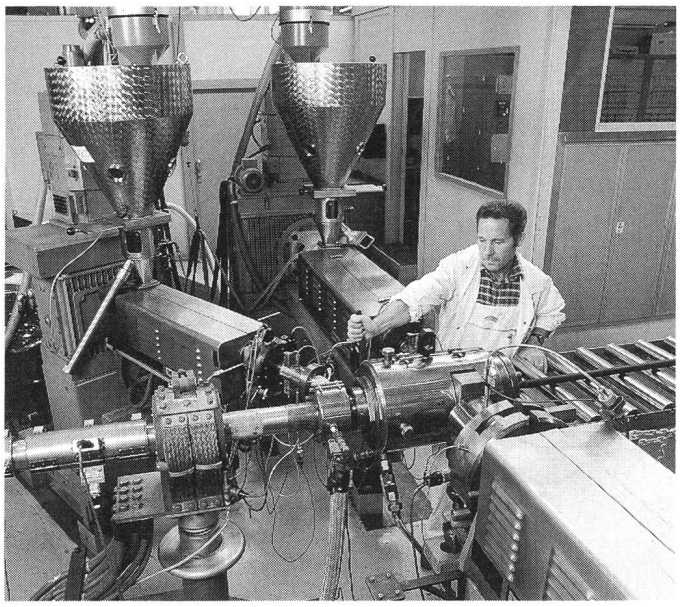

Bild 7 Kontaktrohrvernetzungsanlage Ansicht mit Extrudern und Dreifachspritzkopf

In einem Wechselwirkungsprozess zwischen Elektronen und Molekülen der Isolation entstehen die Radikale, die in der Folge die chemischen Reaktionen auslösen. Die Elektronenenergie und die Dichte des zu bestrahlenden Materials bestimmen die mögliche Eindringtiefe der Elektronen. Bei einer Elektronenenergie von einem Megaelektronenvolt (MeV) beträgt die maximale Eindringtiefe in Polyäthylen 5 mm. Da diese energiereichen Strahlen aber nicht nur Wasserstoffatome abspalten, sondern mit steigender Energie auch immer mehr Polymerketten durchtrennen, ist dieses Verfahren auf relativ bescheidene Energieintensitäten und damit geringe Kabelwandstärken beschränkt.

Die Produktionsanlagen zur Herstellung von Kabelisolationen bestehen typischerweise aus drei Hauptteilen: dem Extrusionsteil, dem Vernetzungsteil und der Kühlzone. Bei den chemischen Methoden wird in der Regel die Vernetzung in einer Gasatmosphäre (Stickstoff) unter Druck bei hohen Temperaturen eingesetzt. Eine solche Anlage (Kettenlinie) zeigen die Bilder 5 und 6. Sie besteht aus dem Extrusionsteil, den gasgefüllten Vernetzungsrohren und der Kühlstrecke. Um optimale Grenzschichten zu erhalten, werden die halbleitenden Schichten und die Isolation in einem Triplexspritzkopf (Tandem-Duplex) gleichzeitig auf das Leiterseil aufgebracht. Die Vernetzung erfolgt anschliessend in einer Stickstoffatmosphäre unter einem Druck von 10 bis 15 bar bei 400–450 °C. Gekühlt wird ebenfalls unter Druck in einer Stickstoffatmosphäre. Es entsteht so eine praktisch hohlraumfreie Isolation mit niedrigem Feuchtigkeitsgehalt und ausgezeichneten Alterungseigenschaften. Kennzeichnend für dieses Verfahren ist der berührungslose Durchhang des Leiterseiles in der Vernetzungszone. Der beschriebene Anlagentyp eignet sich vor allem zur Herstellung von Mittelspannungskabeln. Für Kabel mit grösseren Isolationswandstärken, das heisst für Betriebsspannungen von 60 bis 380 kV, stellt das MDCV-Verfahren (Mitsubishi-Dainichi Continuous Vulcanizer) die überzeugendste Lösung dar. Die zur Vernetzung benötigte Energie wird bei diesem Anlagentyp vom Vernetzungsrohr direkt auf die Leiterisolation übertragen (Kontaktrohrvernetzungsanlage, siehe Bild 7). Die ausgezeichnete Wärmeübertragung und der hohe Betriebsdruck im Vernetzungsrohr ermöglichen den Bau sehr kompakter Anlagen. Mit diesem Verfahren können Kabel mit ausserordentlicher Trockenheit und Hohlraumfreiheit der Isolation hergestellt werden.

Bild 8 Muffenmontage mit Wickeltechnik

In den abschliessenden Operationen wird ein Schirm aus Kupferdrähten oder, bei erhöhten Qualitätsanforderungen, wie sie beispielsweise bei Kabeln für die Verlegung in Seen vorkommen, ein Aluminium- oder Kupferschichtenmantel oder ein absolut wasserdichter Kupferwellmantel mit einem äusseren Kunststoffmantel aufgebracht.

Energiekabelzubehör

Für die Betriebssicherheit einer Kabelanlage ist das Kabelzubehör – Muffen und Endverschlüsse – mitentscheidend. Besonders in hohen Spannungsebenen erfordert die Montage dieser Anlageteile grosse Sorgfalt und gut ausgebildete Monteure, ist es doch kein Zufall, dass hier das Risiko für Störungen am grössten ist.

Muffen haben die Funktion, zwei Kabel zu verbinden, wobei es sich um Verbindungen zwischen gleich- oder verschiedenartigen Kabeln handeln kann. Für die Muffenbildung werden folgende Methoden eingesetzt:

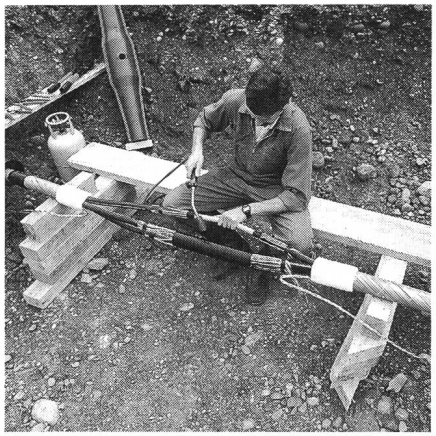

Bild 9 Muffenmontage mit Schrumpftechnik

– *Wickeltechnik*, vor allem im Bereich von 45 bis 150 kV. Verwendet werden selbstvulkanisierende Bänder aus EPR und thermisch vernetzbare EPR-Bänder.

– *Schrumpftechnik*, eingesetzt im Spannungsbereich bis 30 kV. Die Schrumpfteile bestehen aus strahlenvernetztem Polyäthylen, welche unter Wärmeeinwirkung auf das Kabelende aufgeschrumpft werden.

– *Aufschiebetechnik*, wobei vorfabrizierte Teile aus EPR oder Silikonkautschuk verwendet werden; Einsatz

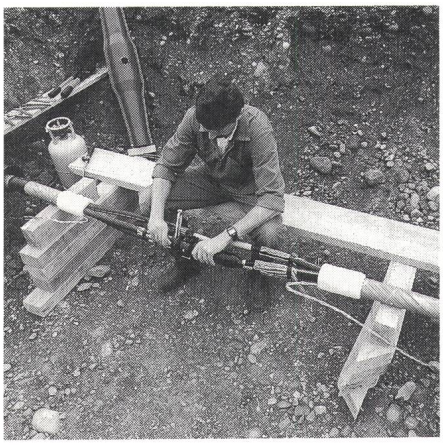

Bild 10 Muffenmontage mit Aufschiebetechnik

vor allem im Spannungsbereich von 10 bis 110 kV (siehe Bilder 8–10).

Endverschlüsse sind die Schnittstellen zwischen dem Kabel und Transformatoren, Freileitungen und SF_6-Schaltanlagen (Bild 11). Für Endverschlüsse gelangen folgende Techniken zum Einsatz:

- *Schrumpftechnik* bis etwa 30 kV.
- *Aufschiebetechnik* mit vorgefertigten Konen zur Feldsteuerung für Hochspannung. Für die Spannungen bis 45 kV werden für den Freiluft-Einsatz zum Steuerteil noch Isolierschirme aufgeschoben, um den Kriechweg zu vergrössern. In diesem Spannungsbereich können Aufschieb-Endverschlüsse keine Stützfunktion übernehmen. Bei noch höheren Spannungen sind die Steuerteile von einem Isolator umgeben, welcher die Stützfunktion übernimmt, und der Zwischenraum ist gas- oder ölgefüllt. Bei Freiluft-Endverschlüssen kommen Porzellan oder Kunststoffträgerrohre mit Schirmen aus Silikonkautschuk oder EPR zur Anwendung. Bei Endverschlüssen zu SF_6-Anlagen ist der Isolator aus Epoxydharz. Neuerdings wird gelegentlich auch ganz auf den Epoxydharz-Isolator verzichtet.
- *Stecktechnik* bei Verbindungen, die wieder aufgetrennt werden müssen, wie zum Beispiel bei Trafos und Mittelspannungs-Schaltanlagen. Der Einsatzbereich liegt bei 10 bis 60 kV. Hier sind Feldsteuerteile aus Silikonkautschuk fest in ihre Umhüllungen aus Epoxydharz eingepresst. Mit Vorteil werden Steckendverschlüsse mit einer metallischen Kapselung versehen, um den Berührungsschutz in allen Betriebsfällen garantieren zu können (Bild 12).

Bei Papierkabeln bildet der Feldsteuerteil, entweder von Hand gewikkelt oder aus Papierwickeln vorfabriziert, mit der Kabelisolation einen gemeinsamen Raum, welcher mit Öl oder Masse gefüllt wird. Damit bleiben die Isolierpapiere imprägniert. Für Endverschlüsse kommen dieselben Porzellane zur Anwendung wie bei Polymerkabeln. Muffen werden mit einem metallischen Gehäuse versehen, welches auch die Ableitung des Kurzschluss-Stroms übernehmen kann. Für 10 bis 30 kV werden zusammen mit Papierkabeln auch Schrumpfprodukte als Endverschlüsse und Muffen eingesetzt.

Planung von Energiekabelanlagen

Im Rahmen dieses Artikels kann auf Planungsdetails nicht eingetreten werden. Im folgenden sind nur die wichtigsten Kriterien, die bei der Auslegung von Kabelanlagen zu beachten sind, aufgeführt. Für die Dimensionierung einer Energiekabelanlage müssen als Ausgangslage bekannt sein:

- Betriebsspannung, Nennspannung und Stossspannungsniveau
- Übertragungsleistung oder Nennstrom
- Kurzschlussstrom oder Kurzschlussleistung
- Umgebungsbedingungen, wie Verlegeart, Umgebungstemperatur, Bodenbeschaffenheit usw.
- Wahl der Isolationsart und des Aussenmantels
- Mantelbehandlung, ein- oder beidseitige Erdung, Cross-Bonding.

Bild 12 Steckendverschluss für MS-Polymerkabel

Der benötigte Leiterquerschnitt wird bei vorgegebener Dauer- oder Industrielast, Kabeltyp und Umgebungsbedingungen nach der international anerkannten Methode gemäss IEC 287 berechnet. Zur Ermittlung der Nenndaten und des Kurzzeitverhaltens dienen selbstverständlich spezielle EDV-Programme.

Entscheidend für die Berechnung von dynamischen Vorgängen in Kabelanlagen (Stabilitätsprobleme) sind Induktivität und Kapazität. Dabei kann

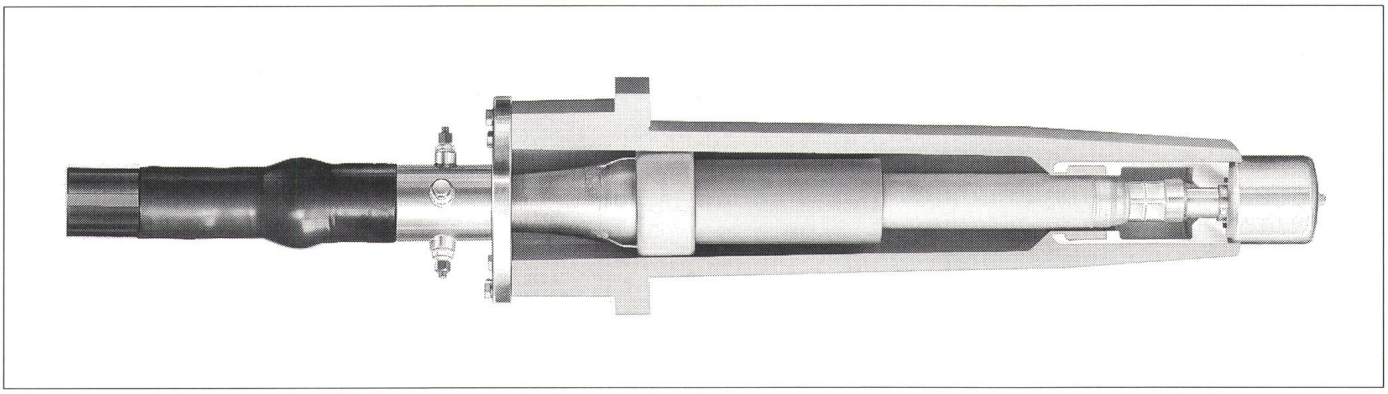

Bild 11 SF_6-Kabelendverschluss für HS-Polymerkabel

das Dielektrikum eines Kabels in erster Näherung als homogener Zylinderkondensator betrachtet werden. Auch darüber besteht umfangreiches Zahlenmaterial, oft in Tabellen zusammengestellt.

Um die Wirtschaftlichkeit einer Kabelanlage zu bestimmen, sind die Gesamtverluste in Bezug zu den höheren Investitionen von Kabeln mit grösserem Leiterquerschnitt zu setzen. Bei der Berechnung der Verluste ist zwischen den stromabhängigen Leiter- und Mantelverlusten und den spannungsabhängigen dielektrischen Verlusten zu unterscheiden.

Normierung

Um die Interessen der Betreiber und der Hersteller von Kabelanlagen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, werden Kabel und Zubehör normiert. In den Normen werden, wo nötig, Konstruktionen beschrieben und die materialtechnischen und elektrischen Anforderungen sowie deren Prüfmethoden definiert.

Auf internationaler Ebene sind IEC-Publikationen, welche als Empfehlungen gelten, beinahe lückenlos für alle Kabelprodukte vorhanden. So gelten zum Beispiel die Publikationen IEC 55 für Haftmasse-Kabel bis 30 kV Nennspannung, IEC 141 für papierisolierte Kabel und Zubehör bis 400 kV Nennspannung, IEC 502 für Polymerkabel bis 30 kV Nennspannung und IEC 840 für Polymerkabel bis 150 kV. Die materialtechnischen Prüfmethoden sind in IEC 811 und die Berechnung der Belastungsströme in IEC 287 zusammengefasst. Eine Lücke besteht noch in der Normierung von Polymerkabeln mit Nennspannungen >150 kV. Erste Empfehlungen werden gegenwärtig im Rahmen des Cigré Study Committees 21 für 220 kV ausgearbeitet. Die Übernahme in das IEC-Normenwerk wird aber noch einige Zeit auf sich warten lassen.

Auf nationaler Ebene wird unterschieden zwischen technischen Normen, welche verbindlichen Charakter haben, und Regeln, welche den Stand der Technik repräsentieren. Die Normen SEV 1080 bis 1106 betreffend Niederspannungs-Installationskabel sind Normen, und SEV 3062 betreffend Niederspannungs-Netzkabel ist eine Regel. SEV 3437 betreffend Polymerkabel 10 bis 30 kV ist eine nationale Ergänzung zu IEC 502, bei welcher die Schweiz den darin enthaltenen Kabeldimensionierungen nicht zugestimmt hat. In den letzten Jahren hat sich jedoch die Tendenz gezeigt, dass immer mehr IEC-Normen ohne Übersetzung und ohne Veränderung ins schweizerische Normenwerk übernommen werden, zum Beispiel IEC 840 wird SEV 3664, IEC 141-1 wird SEV 3320. Mit dem Beitritt der Schweiz zum Cenelec, Comité Européen de Normalisation Electrique, ist ein neues Kapitel der Normengeschichte eröffnet worden. Hier wird zwischen Harmonisierungsdokumenten, welche nur in einer Übergangsphase gültig sein sollen, und Euronormen in definitiver Form unterschieden. In jedem Fall haben sie verbindlichen Charakter. Nationale Normen, welche dazu im Widerspruch stehen, müssen zurückgezogen werden. Nationale Normen sind aber nach wie vor für nicht harmonisierte Kabel oder als Präzisierung und Interpretation europäischer Normen zulässig.

Bis Ende 1992 wird die Harmonisierung der Installations- und Netzkabel für Spannungen von 1 bis 30 kV soweit abgeschlossen sein, dass mindestens die von den Nationalen Komitees eingebrachten Vorschläge gesichtet und gutgeheissen sind und entsprechend gesammelt in Form von Harmonisierungsdokumenten publiziert sein werden. Für die schweizerischen Konstruktionen heisst das, dass die Mehrheit der bisherigen Installations- und Netzkabeltypen und alle Mittelspannungstypen als europäisch harmonisiert weiter produziert und verwendet werden dürfen. Spezialfälle von Niederspannungskabeln fallen unter SEV 1101 für nicht harmonisierte Kabel. Ihr Anwendungsbereich ist auf die Schweiz beschränkt. Bei Nennspannungen >30 kV ist die Normierung im Rahmen von IEC soweit ausgearbeitet, dass im Rahmen von Cenelec wohl nur noch unwesentliche Ergänzungen nötig sein werden, welche gegenwärtig nicht mit hoher Dringlichkeit behandelt werden.

Die schweizerische Kabelindustrie erfüllt mit ihren Konstruktionen und ihrer lückenlosen Prüfpraxis alle relevanten Normen, welche auf nationaler Ebene durch den SEV, auf europäischer Ebene durch Cenelec und auf internationaler Ebene durch IEC erlassen worden sind. Sehr oft sind aber zusätzlich für Exportaufträge spezielle Ländervorschriften oder auch wesentlich strengere Kundenspezifikationen zu erfüllen.