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: 69 (1978)

Heft: 2

Artikel: Eigenschaften strahlenvernetzter Isolierstoffe

Autor: Furter, R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-914833

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: 09.12.2025

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

Eigenschaften strahlenvernetzter Isolierstoffe

Von R. Furter

621.315.619.9:541.15;

Nach einer kurzen Einführung über die Wirkung energiereicher Strahlung auf Hochpolymere und die Strahlungstechnik im allgemeinen wird der für die Bestrahlung benutzte Elektronenbeschleuniger vorgestellt. Anschliessend werden die Eigenschaften strahlenvernetzter Isoliermaterialien vermittelt und diskutiert. Zum Schluss wird über mögliche Entwicklungen auf dem Gebiet der Strahlentechnik berichtet.

Après une brève introduction au sujet de l'effet de l'énergie rayonnante sur de hauts polymères et de la technique du rayonnement en général, l'accélérateur d'électrons utilisé pour l'irradiation est présenté. L'auteur traite ensuite des propriétés de matières isolantes réticulées par irradiation et termine en indiquant les développements possibles dans le domaine de la technique du rayonnement.

1. Einleitung

Untersuchungen über die Wirkung energiereicher Strahlung auf Hochpolymere wurden von zahlreichen Autoren durchgeführt [1; 2; 3][1]). Die wichtigsten bei der Bestrahlung ablaufenden Reaktionen sind die Kettenvernetzung, die Kettenspaltung, die Bildung niedermolekularer Spaltprodukte sowie die Bildung langlebiger freier Radikale.

Die Vernetzungsreaktion herrscht dann vor, wenn die C-Atome der Hauptkette zwei, mindestens aber ein H-Atom tragen. Substituenten an Ketten-C-Atomen setzen das Verhältnis Vernetzung zu Abbau herab. Polyäthylen lässt sich durch Bestrahlung ausserordentlich gut vernetzen, während beim Polypropylen und Polyvinylchlorid Abbaureaktionen bereits deutlich in Erscheinung treten. Polymere, in deren Hauptkette tetrasubstituierte Kohlenstoff-Atome vorhanden sind, werden bei der Bestrahlung abgebaut. Zu den abbauenden Polymeren gehören beispielsweise Polyisobutylen und Polytetrafluoräthylen.

Durch Zusätze, sog. Vernetzungskoagenzien, Monomere mit mindestens zwei reaktionsfähigen Doppelbindungen, wird die Vernetzung begünstigt, so dass die Strahlendosis für die Erreichung einer bestimmten Vernetzungsdichte herabgesetzt werden kann [4; 5]. Bei der Vernetzung von z.B. PVC sind Vernetzungskoagenzien unumgänglich [6; 7]. Durch die Bestrahlung von Polymeren in Anwesenheit von Monomeren lassen sich Pfropfcopolymerisate herstellen [8].

Die grösste wirtschaftliche Bedeutung in der Strahlenchemie hat die Strahlenvernetzung von Hochpolymeren, mit der sich auch die vorliegende Untersuchung beschäftigt, erlangt. Aber auch die Kettenspaltung hat bereits praktische Anwendungen gefunden, z.B. zur Einstellung definierter Molekulargewichte.

Der Aufpfropfung von Monomeren in Form von Seitenketten wird in Zukunft noch grosse Bedeutung zukommen, da durch Pfropfung Modifikationen erreicht werden, die eine Kombination besonderer Eigenschaften ergeben.

Für die Durchführung strahlenchemischer Prozesse werden UV- und Gamma-Strahlen, insbesondere aber Elektronenbeschleuniger verwendet. Der endgültige Durchbruch der Bestrahlungstechnik im industriellen Bereich ist mit der Einführung leistungsstarker und zuverlässiger Elektronenbeschleunigeranlagen gelungen. Elektronenbeschleuniger mit Beschleunigungsspannungen von einigen keV bis zu 15 MeV sind gegenüber Isotopenquellen pro absorbierte Energieeinheit wesentlich billiger. Da sich eine Elektronenbeschleunigeranlage nach Belieben abschalten lässt, kann sie sicher und risikofrei betrieben werden. Als Nachteil muss die relativ geringe Eindringtiefe der Elektronen gewertet werden. Diese beträgt bei einer 1,5 MeV-Anlage 5 mm, bei einer Materialdichte von 1,0. Mit der Wirtschaftlichkeit des Elektronenbestrahlungsprozesses, der Verfahrens- und Bestrahlungstechnik haben sich verschiedene Autoren auseinandergesetzt [9; 10; 11; 12].

Die Strahlenvernetzung polymerer Werkstoffe weist im Vergleich mit der chemischen Vernetzung einige Vorteile auf:

- Keine Rückstände durch chemische Radikalbildner
- Radikalbildung und Vernetzungsvorgang bei kaum erhöhter und sicher kontrollierbarer Temperatur
- Keine Feuchtigkeitseinwirkung während der Vernetzung
- Sicher kontrollierbarer Vernetzungsprozess
- Geringe Anfahr- und Abschaltverluste
- Druckloses Vernetzungsverfahren, somit leicht verarbeitbare Leiter
- Vielseitig einsetzbar, insbesondere auch in bezug auf die Polymerbasis

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

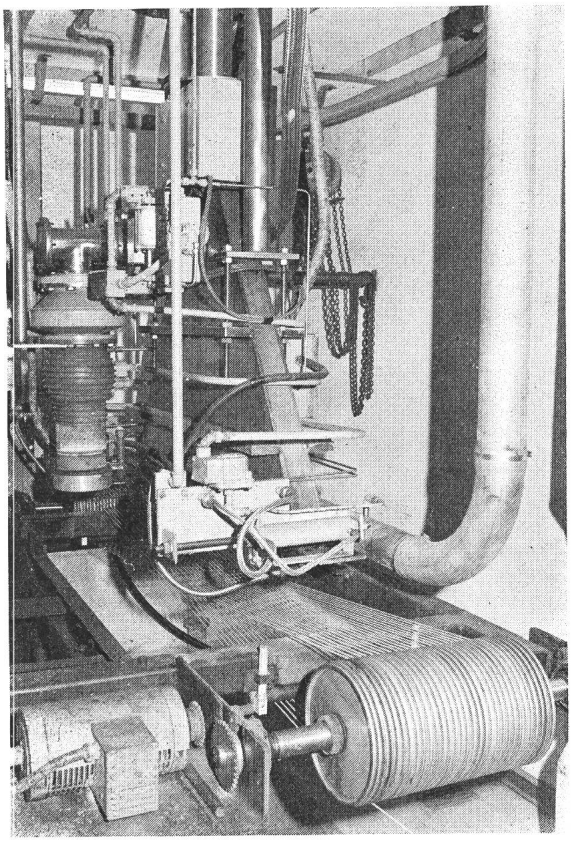

Fig. 1 Elektronenbeschleuniger 1,5 MeV

2. Die Bestrahlungsanlage

Die vorliegenden Untersuchungen wurden mit einer Gleichspannungsbeschleunigeranlage (Fig. 1) mit einer Beschleunigungsspannung von 1500 keV durchgeführt. Die Hochspannung wird in einer Festkörper-Gleichrichterkaskade erzeugt und an die Strahlröhre gelegt, so dass die von der Kathode erzeugten Elektronen im Innern der evakuierten Strahlröhre

Eigenschaften einer strahlenvernetzten Polyäthylenisolation

Tabelle I

Eigenschaften	Prüfmethode	kJ/kg	0	50	100	200	400
Zugfestigkeit	ISO 37	MPa	18	19	19	22	16
Bruchdehnung	ISO 37	%	575	515	480	410	250
Härte	ISO 48	IRHD	95	93	93	94	94
Deformation in der Wärme (4 h/150 °C, Belastung 2,8 MPa)	Werknorm	%	100	87	51	10	2
Kälteschlag	ISO 812	°C	<-60	–	<-60	–	<-60
Kälteflexibilität	ISO 458	°C, $\sphericalangle 90°$	-38	–	-45	–	–
Isolationswiderstand	CEI 167	Ω cm	–	–	3×10^{15}	–	–
tgδ	CEI 250	%	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Dielektrizitätskonstante	CEI 250		2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Kurzschlussfestigkeit, Zeit bis Kurzschluss 1000 A	Werknorm	s	12	–	52	–	–

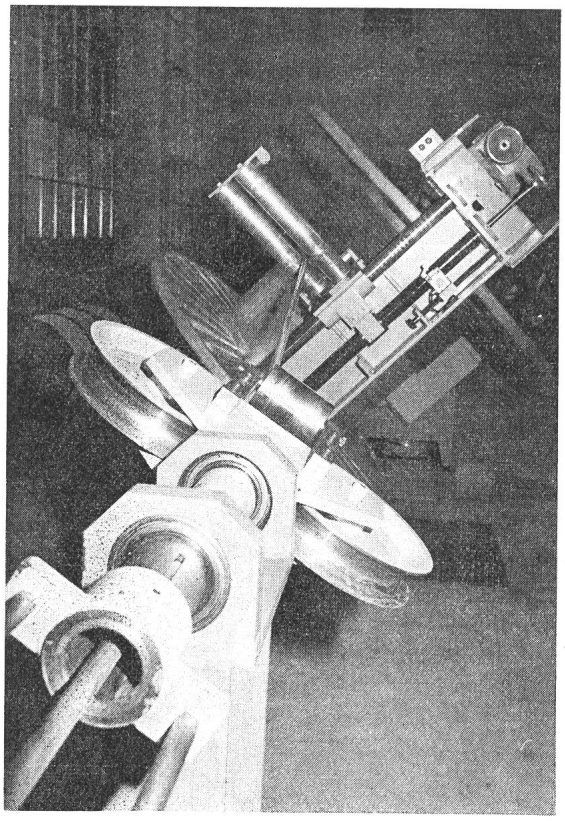

Fig. 2 Rotationsanlage für Kabel mit grösserem Querschnitt

beschleunigt werden. Im sog. Scanner werden die schnellen Elektronen magnetisch aufgefächert. Sie treten dann durch ein dünnes Fenster aus dem Vakuumrohr in den angrenzenden Luftraum aus und treffen auf die zu bestrahlende Materie auf.

Die eigentliche Bestrahlungseinheit ist von einem Betonbunker umgeben, um den notwendigen Strahlenschutz zu gewährleisten. Die Bestrahlungsanlage wird durch verschiedene Transportsysteme, die das zu bestrahlende Gut unter dem Scanner hindurchführen, ergänzt. Fig. 2 zeigt eine Rotationsanlage, die für die Bestrahlung von Kabeln grösserer Querschnitte eingesetzt wird. Sie garantiert die gleichmässige Vernetzung einer Isolation mit grösserer Wandstärke.

3. Untersuchte Polymercompounds

Im folgenden werden Eigenschaften strahlenvernetzter Isoliermaterialien auf der Basis von Äthylenhomo- und -copolymeren und polymeren Halogenkohlenwasserstoffen beschrieben. Sämtliche Compounds wurden mit Oxidationsinhibitoren versehen. Bei der Wahl der Antioxidanten wurde darauf geachtet, dass sie die radikalischen Vernetzungsreaktionen nur unwesentlich beeinflussen. Mit Ausnahme des Polyäthylencompounds wurden allen Polymermischungen Vernetzungskoagenzien beigefügt. Die Formulierung auf der Basis eines Äthylencopolymerisates enthält neben einem Oxidationsinhibitor mit ausserordentlicher Langzeitwirkung noch flammhemmende Zusatzstoffe.

4. Ergebnisse und Diskussion

4.1 Kabelisolierstoffe aus Äthylen- und Äthylencopolymerisaten

In Tab. I sind die Eigenschaften einer vernetzten Polyäthylenisolation, die ein Vernetzungskoagenz enthält, zusammengestellt, in Abhängigkeit der Bestrahlungsdosis. Vernetzte Isolierstoffe weisen höhere Festigkeitswerte auf als ihre unvernetzten Ausgangsmaterialien. Gleichzeitig fallen die Bruchdehnungswerte mit steigender Vernetzungsdosis ab. Die Abriebwiderstandswerte werden verbessert. Durch die Einwirkung energiereicher Strahlung werden thermoplastische Isolierstoffe in den unschmelzbaren Zustand übergeführt. Dadurch wird die Formbeständigkeit in der Wärme wesentlich erhöht. In Tab. I ist die höhere Formbeständigkeit mit Hilfe der Wärmedruckprüfung dargestellt. Die Tabelle enthält überdies die Ergebnisse einer Kurzschlussprüfung der vernetzten und unvernetzten Isolierung. Die Kältebruchfestigkeit wird durch die Vernetzung nicht beeinflusst. Vernetzte Isolationen weisen in der Regel eine höhere Kälteflexibilität auf.

Der Einfluss der Vernetzungsdosis auf die mechanischen Eigenschaften wird bei erhöhter Temperatur am deutlichsten sichtbar. In Fig. 3 sind die Dehnungswerte bei konstanter Belastung in Abhängigkeit der Temperatur am Beispiel eines Polyolefincompounds für verschiedene Bestrahlungsdosen dargestellt. Es handelt sich dabei um eine Formulierung, die kein monomeres Vernetzungsmittel enthält.

Strahlenvernetzte Polyolefine weisen hervorragende elektrische und dielektrische Eigenschaften auf, da sie keinerlei Rückstände peroxidischer Vernetzungskatalysatoren enthalten und der Vernetzungsvorgang ohne äussere Einflüsse wie Wasser oder Wasserdampf abläuft. Sie werden aus diesem Grunde mit Vorteil auch in Hochfrequenzkabeln eingesetzt. Fig. 4 zeigt ein HF-Kabel mit strahlenvernetzter Polyäthylenisolation. Nebst der höheren thermischen Belastbarkeit ist vor allem die hervorragende Verarbeitbarkeit (Abisolierbarkeit) des Kabels als positives Ergebnis des drucklosen Vernetzungsprozesses zu erwähnen.

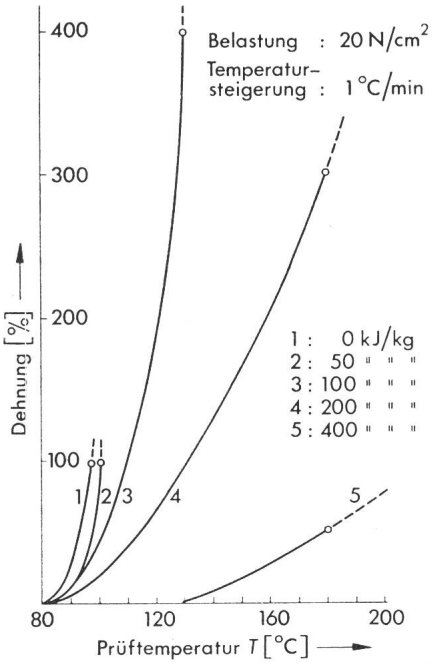

Fig. 3 Dehnungswerte eines Polyolefincompounds bei konstanter Belastung, in Abhängigkeit der Prüftemperatur, mit verschiedenen Dosen bestrahlt

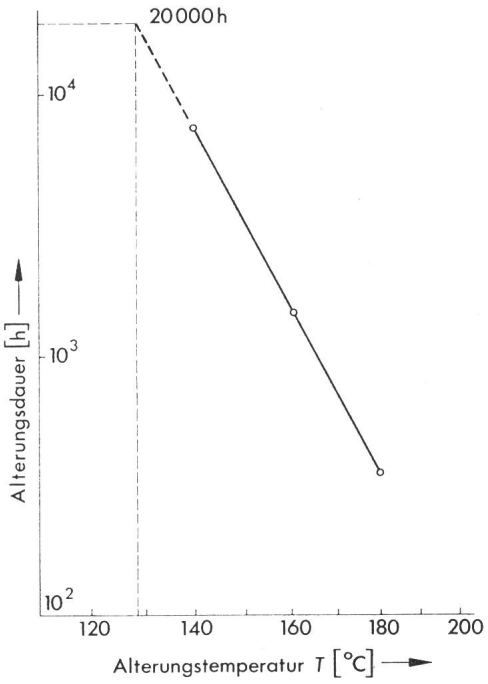

Fig. 6 Temperatur-Zeit-Diagramm zur Ermittlung der Lebensdauer (Zeit für Dehnungsabfall auf 50 %)

Im Bereich der Niederspannungsisolation kann auf die hohen elektrischen und dielektrischen Anforderungen reiner Polyolefincompounds verzichtet werden. Vielmehr hat man sich in den letzten Jahren darauf verlegt, Spezialcompounds zu entwickeln, die einer erhöhten Wärmebeanspruchung ausgesetzt werden können und flammhemmende Eigenschaften aufweisen.

In Fig. 5 und 6 sind die Ergebnisse eines strahlenvernetzten Isolierstoffes mit stark verbesserter Langzeitstabilisierung dargestellt. Fig. 5 zeigt die Veränderung der Bruchdehnung in Abhängigkeit der Zeit. In Fig. 6 ist die Lebensdauerkurve dargestellt, wobei als Ausfallskriterium eine Restbruchdehnung von 50 % gewählt worden ist. Daraus ergibt sich ein Temperaturindex von 128.

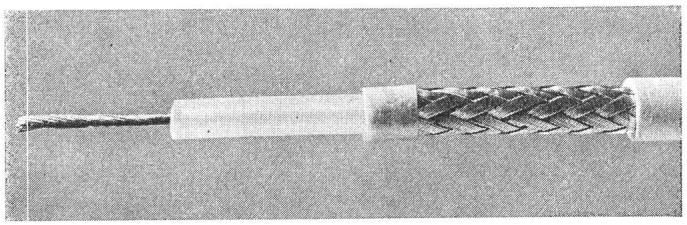

Fig. 4 HF-Kabel mit strahlenvernetzten Isoliermaterialien

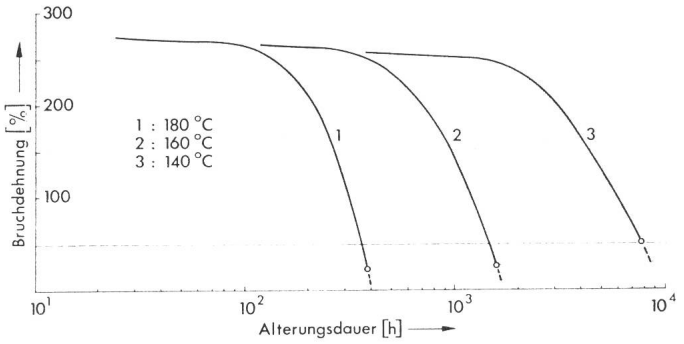

Fig. 5 Bruchdehnung in Abhängigkeit der Alterungsdauer bei verschiedenen Alterungstemperaturen, gemessen an isolierten Leitern aus strahlenvernetzten Polyäthylen-Copolymerisaten

Die Ergebnisse der Prüfungen dieses Isoliermaterials sind in Tab. II zusammengestellt. Insbesondere sei auch auf die höhere chemische Beständigkeit der vernetzten Isolation und auf deren hohe Verträglichkeit mit allen gebräuchlichen Imprägniermitteln hingewiesen. Die Vernetzung verhindert die Spannungskorrosion unter dem Einfluss von Lösungsmitteln.

4.2 Schrumpfschläuche aus strahlenvernetzten Polyolefincompounds

Die Vernetzung mit Hilfe energiereicher Strahlung findet, wie erwähnt, bei Umgebungstemperatur statt. Durch die Bestrahlung der Materie tritt eine Erwärmung auf, die von der Strahlungsintensität abhängig ist. Die sich in der Praxis ergebenden Temperaturen liegen deutlich unter dem Schmelzbereich des Polyäthylens. Dies bedeutet, dass kristalline Bereiche während des Vernetzungsvorganges zum grössten Teil erhalten bleiben. Diese Tatsache wird bei der Herstellung von schrumpfbaren Isolierschläuchen ausgenützt. Die thermoplastischen PE-Schläuche werden vorerst einmal im Elektronenstrahl vernetzt. Damit erhalten sie die sog. «Memory»-Eigenschaften. Anschliessend erfolgt eine Erwärmung der Schläuche über den Kristallitschmelzbereich hinaus, wobei eine Expansion des Schlauches auf den gewünschten Durchmesser leicht durchgeführt werden kann. Bei der Abschreckung des expandierten Schlauches wirken sich die teilkristallinen Bezirke für die Fixierung des expandierten Zustandes besonders günstig aus. Derartige Schläuche werden mit Erfolg zur Isolierung im Kabelsektor eingesetzt. Fig. 7 zeigt einen derartigen Schlauch im aufgeschrumpften Zustand. Die mit einer relativ geringen Dosis durchgeführte Vernetzung gestattet einerseits das Aufschrumpfen des Schlauches auf elektrische Leiter mit einer offenen Propangasflamme und schliesst anderseits die Zerstörung des aufgeschrumpften, noch unter Spannung stehenden Schlauches durch Spannungsrisskorrosion aus.

Prüfungen an einem isolierten Leiter mit strahlenvernetztem Polyäthylen-Copolymerisat Tabelle II

			Prüfmethode	Ergebnis
Mechanische Prüfungen	Zugfestigkeit	MPa	CEI 540	14
	Bruchdehnung	%	CEI 540	250
Thermische Prüfungen	Kältewickel 1 × D bei −55 °C		CEI 540	rissfrei
	Kälteschlag −30 °C		CEI 540	rissfrei
	Wärmedruck bei 150 °C, Eindringtiefe	%	CEI 540	9
	Flammwidrigkeit		CEI 332	erfüllt
	Wärmeschock 1 D bei 180 °C		CEI 540	rissfrei
	Hot Set Test bei 150 °C		BSI 76/29/29966	
	Dehnung nach 15 min	%		10
	Bleibende Dehnung	%		3
Chemische Prüfung	ASTM-Öl Nr. 2, 24 h/100 °C		CEE-2	
	Abweichung vom Anlieferungswert			
	Zugfestigkeit	%		−33
	Bruchdehnung	%		−24
	Imprägniermittel			
	Nach Einbrand gewickelt auf Dorn 1 × D kalt und warm		Werknorm	rissfrei
Elektrische Prüfungen	Spez. Isolationswiderstand	MΩ · cm	CEI 167	
	Anlieferung, 20 °C			1×10^{10}
	nach 28 d Wasserlagerung, 20 °C			1×10^{10}
	Dielektrizitätskonstante	1 kHz	CEI 250	
	Anlieferung, 20 °C			2,6
	nach 28 d Wasserlagerung			2,8
	Verlustfaktor tgδ kHz	%	CEI 250	
	Anlieferung, 20 °C			0,77
	nach 28 d Wasserlagerung			0,77

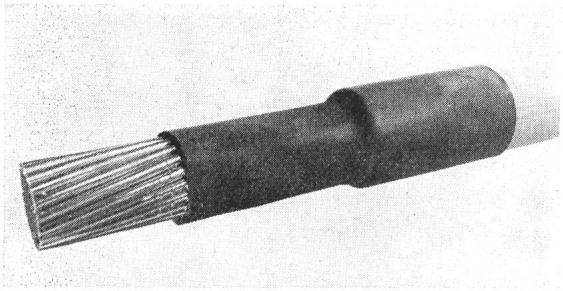

Fig. 7 Kabel mit Schrumpfschlauch aus strahlenvernetztem Polyolefin

4.3 Kabelisolierstoffe aus halogenhaltigen Kohlenwasserstoffen

Chlor- und fluorhaltige Thermoplaste lassen sich nach dem chemischen Verfahren nur schwer vernetzen. In der Praxis haben sich solche Verfahren bis heute nicht durchgesetzt. Dagegen wird die Vernetzung weichgemachter PVC's mittels energiereicher Strahlung heute in grossem Maßstab an isolierten Leitungen vorgenommen.

Besonders interessant ist die Vernetzung fluorhaltiger Thermoplaste, wie etwa die Polymeren des Vinylidenfluorids, Äthylenchlortrifluoräthylens, Äthylentetrafluoräthylens und des Fluoräthylenpropylens. Die fluorierten Isolierstoffe weisen eine hervorragende Wärmebeständigkeit auf, besitzen aber den Nachteil aller thermoplastischer Materialien: Sie schmelzen bei kurzzeitiger hoher Temperatureinwirkung und verlieren damit ihre Funktionstüchtigkeit.

Im Gegensatz zu den Äthylenhomo- und -copolymerisaten, bei denen die Vernetzungsausbeute bei der Bestrahlung durch polymerisierbare Zusätze gesteigert werden kann, die aber auch ohne Zusätze vernetzt werden können, sind bei halogenhaltigen Materialien Zusätze polymerisierbarer Monomeren unumgänglich. Die positiven Auswirkungen der Vernetzung von Polymermischungen auf der Basis des Vinylidenfluorid und Äthylenchlortrifluoräthylen werden in Tab. III aufgezeigt. Die Prüfungen wurden an Gerätelitzen durchgeführt. Besonders bemerkenswert sind die Ergebnisse des beschleunigten Alterungstestes, der im Falle des vernetzten Polyvinylidenfluorids bei einer Temperatur durchgeführt wird, die 130 °C über dem Schmelzpunkt des unvernetzten Materials liegt.

Für das Äthylenchlortrifluoräthylen-Copolymerisat mit einem Schmelzpunkt von 240 °C beträgt die Alterungstemperatur 275 °C. Die hohe Wärmebeständigkeit, die ausserordentliche Chemikalienbeständigkeit und die guten mechanischen Eigenschaften dieser fluorierten Isolierstoffe werden durch die Vernetzung mit den Eigenschaften eines unschmelzbaren Stoffes ergänzt. Gegenüber kurzer Einwirkung hoher Kurzschluss- oder Lötkolbentemperaturen sind sie unempfindlich.

Prüfungen an isolierten Leitern mit strahlenvernetztem Polyvinylidenfluorid- (1) bzw. Äthylenchlortrifluoräthylen-Copolymerisat (2) Tabelle III

Prüfungen	Prüfmethode	(1)	(2)
Beschleunigte Alterung			
6 h 300 °C	MIL 81044/12	erfüllt	–
6 h 275 °C	MIL 81044/30	–	erfüllt
Schrumpfung			
6 h 300 °C	MIL 81044/12	erfüllt	–
6 h 275 °C	MIL 81044/30	–	erfüllt
Entflammbarkeit	MIL 81044/12	löscht tropft nicht	–
	MIL 81044/30	–	löscht tropft nicht

5. Ausblick

Die strahlenchemische Vernetzung von Kunststoffen kann heute als eine Technologie betrachtet werden, die besonders für die Kabelisolierung eine beachtliche Bedeutung erlangt hat. Die in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen zeigen, dass strahlenvernetzte Kabelisolationen kurzzeitig Temperaturen ausgesetzt werden können, die weit über dem Kristallitschmelzbereich der unvernetzten Materialien liegen. Bestrahlte Isolationen weisen eine hohe Kurzschlussfestigkeit auf und tropfen selbst im Brandfall nicht ab. Durch die Anwendung besonders wirksamer Oxidationsinhibitoren ist es gelungen, auch die Dauerwärmebeständigkeit vernetzter Polyolefinisolationen wesentlich anzuheben. Daneben besitzen diese eine höhere chemische Beständigkeit und verbesserte mechanische Eigenschaften.

Die Technologie der strahlenchemischen Modifizierung von Kunststoffen ist noch in voller Entwicklung. Für die nächste Zukunft kann mit neuen Erkenntnissen und Fortschritten gerechnet werden. Mit Elastomercompounds liegen bereits interessante Versuchsergebnisse vor. Besonders interessant erscheinen jene Modifikationen, die mit Hilfe von Pfropfreaktionen zu erreichen sind. Auch auf der Seite der Bestrahlungsanlagen werden die Entwicklungsarbeiten fortgesetzt. In neuester Zeit werden in den USA Versuche mit Linearbeschleunigern im Bereich von 10 MeV durchgeführt, die eine Vernetzung grosser Wandstärken von Hochspannungskabeln gestatten.

Literatur

[1] *A. Chapiro:* Radiation chemistry of polymeric systems. New York, Interscience, 1962.
[2] *A. Charlesby:* Atomic radiation and polymers. Oxford, Pergamon Press, 1960.
[3] *M. Dole:* The radiation chemistry of macromolecules. New York, Academic Press, 1973.
[4] *L.F. Rossetti:* Irradiated insulation materials. Wire and Wire Products 48(1973)2, p. 37...51.
[5] *A. Zyball:* Strahlenvernetzung von Polyäthylen in Gegenwart von polymerisierbaren Zusätzen. Kunststoffe 67(1977)8, S. 461...465.
[6] *W.A. Nicoll:* Cross-linked PVC wire insulation systems. Wire and Wire Products 45(1970)5, p. 75...77.
[7] *W.A. Salmom* and *L.D. Loan:* Radiation of polyvinylchlorid. Journal of Applied Polymer Science 16(1972)–, p. 671...682.
[8] *A. Dánno:* Graft copolymers. Atomic Energy Review 9(1971)2, p. 399...422.
[9] *K.H. Morgenstern:* Radiation vulcanisation. Rubber Age 103(1971)3, p. 49...54.
[10] *R.S. Luniewski* and *W. Brenner:* Neue Gesichtspunkte zum Bestrahlungsprozess. Plastics Technology 16(1970)10, S. 38...39.
[11] *R.K. Swartz:* Designing an irradiation manufacturing process. Wire Journal 9(1976)9, p. 140...144.
[12] *T.G. Mysiewicz:* Radiation processing. Plastics Technology 23(1977)3, p. 72...75.

Adresse des Autors

Dr.sc.techn. *R. Furter*, Huber + Suhner AG, 8330 Pfäffikon.

Literatur – Bibliographie

DK: 621.395.625.3 : 681.3.083.8 SEV-Nr. A 667

Technik der Magnetspeicher. Von *Fritz Winckel.* 2. Auflage. Berlin/Heidelberg/New York, Springer-Verlag, 1977. 8° XV/402 S., 275 Fig. – Preis: gb. DM 118.–.

Das in einer stark überarbeiteten Neuauflage vorliegende Buch setzt sich mit allen Arten der magnetischen Informationsspeicherung auseinander. Gegenüber der ersten, 1960 erschienenen Auflage, welche allgemein als Standardwerk anerkannt ist, wurde der Inhalt wesentlich stärker praxisbezogen gestaltet und unter Einbezug neuester Entwicklungen bedeutend aktualisiert.

Der Inhalt gliedert sich in eine leicht verständliche Einführung der magnetischen Grundbegriffe und physikalischen Effekte, eine Darstellung der Preisach-Modelle zur Beschreibung ferromagnetischer Speichereffekte, eine ausführliche Behandlung der Magnettontechnik (mit Schwerpunkt Studiobetrieb) einschliesslich der analogen Messwertspeicherung, eine mehr übersichtsmässige Behandlung der Bildaufzeichnung (Videobandtechnik), eine recht umfassende Beschreibung der Verfahren zur synchronen Tonaufzeichnung bei Film und Fernsehen und eine wieder mehr übersichtsmässige Behandlung der digitalen Speichertechnik mit Ringkernen, Platten, Trommeln, Bändern und Magnetblasenelementen. Abschliessend wird auch die Technik der Signalumwandlung mit Hallgeneratoren besprochen. Der von verschiedenen Autoren gestaltete Text ist durchgehend leicht verständlich und präzise gehalten, mit praktischen Beispielen und mit zahlreichen Literaturhinweisen durchsetzt und ergänzt. Das Buch kann sowohl als Lehrmittel zum Studium der Magnetspeichertechnik wie auch dank den vielen ausgezeichneten Diagrammen und Tabellen als Nachschlagewerk empfohlen werden.

R. Zinniker

DK: 681.3.05/.06 SEV-Nr. S 18A/14

Einführung in die Programmiersprache Fortran IV. Von *Günter Klein.* 4. Auflage. Berlin, Elitera-Verlag, 1977. – AEG-Telefunken-Handbücher Bd. 14 – 8°, 128 S., 23 Fig., 7 Tab. – Preis: gb. DM 28.–.

FORTRAN (Abkürzung von «formula translator») gehört neben Algol, PL/1 und Cobol zu den bedeutendsten Programmiersprachen, die es dem heutigen EDV-Benutzer ermöglichen, in problemorientierter Form ihrem Computer Aufträge und Befehle zu erteilen. Aus Kursunterlagen hat der Verfasser ein Lehrbuch geschaffen, das sowohl neben Vorlesungen eingesetzt als auch zum Selbststudium benutzt werden kann.

Das Werk umfasst, gut gegliedert und angeführt von einer allgemeinen Einführung in die EDV, eine Zusammenfassung der Grundelemente der FORTRAN-Sprache sowie eine zweiteilige Folge von sog. Aussagen mit vielen praktischen Beispielen. Zu jedem Abschnitt werden dem Leser Übungsaufgaben gestellt, deren Lösungen in einem Anhang zusammengefasst sind und somit langatmige Erklärungen vermeiden lassen. Umfangmässig hält sich der Autor an die in der Praxis am häufigsten vorkommenden Aussagen und überlässt Spezialfälle und Besonderheiten den System-Handbüchern. Speziell erwähnt werden jedoch die Behandlung von Band- und Plattenspeichern, die Programm-Segmentierung und Angaben zum rationellen und einfachen Programm-Aufbau.

Ein Literatur- und Sachverzeichnis ergänzen das in verständlicher Sprache abgefasste Werk, das somit als wertvolle Unterrichtsergänzung wie auch als Nachschlagewerk dienen kann.

Ch. Pauli