Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 85 (1993)
Heft: 9

Artikel: Wiederverwertbare Kabelisolation
Autor: Mohr, Peter F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940003

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: 07.02.2026

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

Wiederverwertbare Kabelisolation

Peter F. Mohr

Wenn die Generation nach uns eine Kabelanlage ersetzen muss, sollten schon heute die entsprechend notwendigen Vorbereitungen getroffen werden. Die Brugg Kabel AG präsentierte Mitte Juni 1993 das erste vollständig rezyklierbare Niederspannungskabel: Brimex-Return.

Umwelt-Leitbild

Viele Abfall- und Entsorgungskonzepte basieren auf den drei Massnahmen «Vermeiden, Vermindern, Verwerten». Den ersten beiden «V» – Vermeiden, Vermindern – wird seit Jahren mehr oder weniger nachgelebt. Wichtig aber ist in der heutigen Situation das «dritte V» – Verwerten.

Für die Brugg Kabel AG bestand schon seit langem der Leitgedanke: «Alles wird einmal zu Abfall – es ist nur eine Frage der Zeit; daher gilt auch hier: Agieren ist besser als reagieren.» Das bedeutet also: Waren die ersten beiden «V» – Vermeiden, Vermindern – bei der Brugg Kabel AG schon seit vielen Jahren keine Lippenbekenntnisse mehr, sondern gelebte Doktrin, so gilt es in der heutigen Situation, das dritte «V» – Verwerten – in die Wirklichkeit umzusetzen.

Darum wurde bei der Brugg Kabel AG vor etwa zehn Jahren folgendes Leitbild in Kraft gesetzt, dessen Umsetzung in der Praxis oft an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit und der Kundenakzeptanz führt:

1. Die Produkte sollen nicht nur marktkonform, sondern auch umweltverträglich sein.
2. Jeder Beitrag zählt, auch kleine Schritte zeigen ihre Wirkung.
3. Jeder eingesetzte Werkstoff hat seinen eigenen Stoffzyklus, der bereits vor dem Einsatz definiert sein muss.
4. Strukturierte Materialien sparen Rohstoffe.
5. Sanfter Umgang mit strategischen Ressourcen; dominierende Werkstoffe sind effizient einzusetzen, und Neulasten sind möglichst zu vermeiden.
6. Wertschöpfung durch Rezyklieren (clean-splitting). Wiederholte Wertschöpfung lässt sich planen und gezielt einsetzen.

Problemstoffe

Bis anhin wurde die Leiterisolation der Netzkabel in den meisten Fällen vernetzt, das heisst aus nicht-thermoplastischen Kunststoffen hergestellt. In der Produktion werden diese Kabel einem komplexen Vernetzungsprozess mit recht hohem Energiebedarf unterworfen. Der Einsatz vernetzter Stoffe wurde mit der besseren mechanischen Festigkeit bei höheren Betriebstemperaturen gerechtfertigt. Üblicherweise erhalten Niederspannungs-Netzkabel einen Mantel (das heisst eine Aussenhülle) aus PVC. Folglich sind die meisten in Betrieb stehenden Netzkabel chlorhaltig. Sie enthalten auch nicht ganz unproblematische Bleiverbindungen zur Langzeitstabilisierung des Mantels.

An dieser Stelle sei ein kurzer Blick auf die Rezyklierbarkeit der Kabel (mit vernetzter Leiterisolation) im Vergleich zu derjenigen des neuen, rezyklierbaren Brimex-Return-Kabels gestattet:

- Bei beiden Kabeln sind die metallischen Leiter (meist sind sie aus Kupfer) rezyklierbar; unter Anwendung der richtigen Verfahren sind sie sogar wieder vollständig verwendbar.
- Während bei konventionellen Kabeln die Isoliermaterialien der Leiter nicht rezyklierbar sind, kann die Primärisolierung eines Brimex-Return-Kabels zu 100% rezykliert werden.
- Bei beiden Kabeltypen lassen sich die übrigen Kunststoffmaterialien, die als Füllstoffe oder Aussenhülle zur Anwendung kommen, mehr oder weniger gut wiederverwenden.

Das heisst, dass bei einem konventionellen Kabel mittlerer Grösse etwa 50% der Kunststoffmaterialien einer direkten Wiederverwendung zugeführt werden können, beim Brimex-Return-Kabel sind es jedoch 100%!

Die Wiederverwertung von vernetzten Kunststoffen als abformare Werkstoffe ist nicht mehr möglich. Aus heutiger Sicht bleibt für diese Stoffe lediglich eine chemische Umwandlung, also die (zwar sinnvolle) direkte Energierückgewinnung durch Verbrennung oder die Verschwelung.

Problematisch sind Recyclingverfahren, wenn Stoffe mit unterschiedlichsten Eigenschaften in schwer trennbarer Weise miteinander kombiniert werden. Mit der Lancierung der neuen Kabelgeneration Brimex-Return rückt die Brugg Kabel AG vor allem dem Kunststoffanteil in den Kabeln zu Leibe:

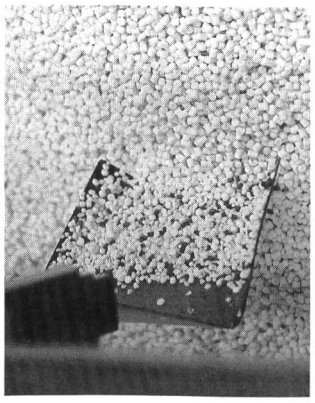
- Es werden nur noch umweltverträgliche und rezyklierbare Kunststoffe eingesetzt und
- es wird streng auf gute Trennbarkeit (Artenreinheit) der einzelnen Stoffkomponenten geachtet.

Mit dieser Massnahme kann die Wiederverwendung entscheidend verbessert werden, so dass sozusagen keine nichtwiederverwertbaren Bestandteile ausgeschieden werden müssen. Wohl lassen sich bestimmte Komponenten nicht einwandfrei auftrennen, so dass ein gewisser Anteil von Recyclingmaterial nicht mehr in der selben Qualitätsklasse anfällt; doch wiederverwertbar sind sie alleweil. Kurz: Recycling lohnt sich dann, wenn bereits bei der ersten Stoffauswahl die Weichen für eine Wiederverwendung richtig gestellt werden.

Anforderungen an elektrische Kabel

Kabel für die Energieverteilung müssen viele Bedingungen erfüllen:

- Stromproduzenten und Stromverteiler fordern Funktionstüchtigkeit und Wirtschaftlichkeit, das heisst geringe Übertragungsverluste und eine lange Lebensdauer.
- Der Installateur erwartet Flexibilität für einfaches und schnelles Installieren.



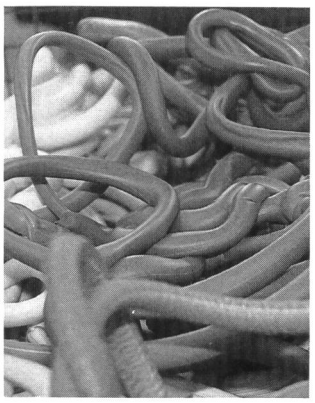


Bild 1, links. BC IS-40 in Granulatform.

Bild 2, rechts. Kabelabfälle – bereit zur Wiederverwertung.

- Der Endverbraucher wünscht möglichst günstige Preise.
- Wir alle streben – als Umweltverantwortliche – einen geringen Energiebedarf und die einfache Rückführung in die Wiederverwertung der zum Einsatz kommenden Materialien an.

Diese aus verschiedenen Blickwinkeln betrachteten Erwartungen führen zu den wesentlichen Kriterien. Insbesondere ergeben sich unter Berücksichtigung des Energiebedarfs bei der Kabelproduktion, der Wiederverwertung und der Reststoffbeseitigung folgende spezifische Anforderungen:

- Einfache und schnelle Produktionsprozesse bei minimalem Energieverbrauch.
- Wenig Abfall bei Produktionsbeginn (minimale Anfahrlängen) sowie bei Produktionsunterbrüchen durch einfache Fabrikationsprozesse.
- Unkomplizierte Kabelkonstruktionen mit möglichst wenig verschiedenartigen Materialien für eine einfache Rückgewinnung.
- Halogen- und schwermetallfreie Kabelmaterialien.

Problemstellung

Bei der Suche nach einem neuen Isolationsmaterial handelte es sich also darum, eine gute mechanische Festigkeit bei höheren Betriebstemperaturen ohne den aufwendigen Vernetzungsprozess sicherzustellen. Die Materialentwicklung konzentrierte sich auf einen thermoplastisch verarbeitbaren Kunststoff, der bei normalen Betriebstemperaturen eine verbesserte Formbeständigkeit aufweist und zudem halogen- und schwermetallfrei ist.

Das neue Kabel muss auch einen halogen- und schwermetallfreien Aussenmantel haben. Er soll die mechanischen Eigenschaften der üblichen Mantelmaterialien aufweisen, preiswert und zudem noch schwer entflammbar sein. Brimex-Return-Kabel erfüllen auch diese Anforderung!

Der Durchbruch

Basierend auf einem thermoplastischen Elastomer, gelang es, einen neuen Isolationswerkstoff zu schaffen, der Thermoplastizität und Wärmedruckfestigkeit wirtschaftlich vereinigt. Die Optimierung der Mischung war darauf ausgerichtet, ein ausgewogenes Eigenschaftsbild zu schaffen. Die Isolation BC IS-40 für Niederspannungskabel erfüllt die gestellten Anforderungen.

Isolationsmaterial aus eigener Compoundieranlage

Bei der Brugg Kabel AG im aargauischen Brugg begann man vor sieben Jahren, in enger Zusammenarbeit mit der Kunststoffindustrie, neue Mischtechniken und Produkte zu entwickeln. Dadurch ergaben sich neue Anwendungen für das Baugewerbe, für Verkehrsmittel und sogar für die Spielzeugindustrie.

Diese intensive, rund zweijährige Entwicklungstätigkeit führte zu einem Super-öko-Isolationsmaterial BC IS-40. Das rezyklierfähige Material erfordert eine optimale Steuerung des technisch aufwendigen Compoundierprozesses: beste Temperaturführung zur Optimierung des Verfahrens.

Die von der Brugg Kabel AG weitgehend selbstentwickelte Compoundieranlage ist in der Welt einzigartig, da sie in der Lage ist, ein Compound, z. B. BC IS-40, mit einem sehr hohen EPR-Anteil (Ethylen-Propylen-Rubber) kontinuierlich zu produzieren. Dieser Prozess läuft im Gegensatz zu Batchprozessen (Prozesse, die diskontinuierlich, also chargenweise und daher offen, arbeiten) geschlossen ab; das Verfahren ist vollständig automatisiert. Damit ist jegliche Verunreinigung ausgeschlossen. Das garantiert höchste Rezepturtreue, die – ebenfalls vollautomatisch – durch eine mikroprozessorgesteuerte Produktionsdokumentation nachgewiesen wird, sowie gleichbleibend hohe Qualität.

Auch die Compoundierung in Brugg ist nach der strengen Qualitätsnorm ISO 9001 zertifiziert. Der dabei definierte Qualitätsbegriff wurde um eine ökologische Komponente erweitert: BC IS-40 wird umweltbewusst produziert. Aufgrund einer externen Untersuchung verlassen z. B. die Kühlluftströme das Mischwerk reiner, als sie der Umwelt entnommen wurden. Ein zentraler Leitrechner berechnet zudem jede Sekunde den geringstmöglichen Einsatz von Kühlwasser und elektrischer Energie.

Integrierte Produktion – ein geschlossener Kreislauf

In der Landwirtschaft sind die Methoden der Integrierten Produktion («IP») bekannt. Es handelt sich darum, mit umweltschonenden Methoden und unter Wahrung der Wirtschaftlichkeit qualitativ hochstehende Produkte zu erzeugen. Naturfremde Eingriffe sind verpönt, und auch Dünger kommt nur gezielt zum Einsatz. Dahinter steht der Gedanke, nur bei echtem Bedarf der Natur «nachhelfen» zu wollen. Man ist umweltbewusst – und denkt dabei auch an den Boden und die Abwässer, die beide – direkt mit dem Produkt – nichts zu tun haben. Die Brugger Unternehmung hat diese Idee nun auch in ihre Produktionsabläufe integriert. Weil alle Materialien verantwortungsbewusst ausgewählt werden, garantieren die daraus entstehenden Produkte eine minimale Umweltbelastung.

«IP» + «QS»

Wenn nun «IP» und «QS» kombiniert werden, so heisst dies, dass sämtliche Phasen im Lebenszyklus eines Kabels mit Akribie der Qualitätssicherung verfolgt werden und dabei vor allem die Umwelt berücksichtigt wird: ganz genau so, wie in der Landwirtschaft Boden und Abwasser.

«IP» + «QS» + Rezyklieren

Wenn unsere Landwirte Nebenprodukte – wie z. B. Stroh – wieder in den Boden einpflügen, so handelt es sich auch um Recycling. Analoges ist bei der Kabelfertigung zu tun. Die Frage lautet hier: Wo kann welche Komponente wieder dem ursprünglichen Produktionsprozess zugeführt werden? Jeder Abschnitt im Leben eines Kabels ist darum auf entsprechende Möglichkeiten hin zu prüfen.

Der erweiterte Qualitätssicherungsgedanke

Er bedeutet: «QS» beim Kabeldesign, während der Produktion, bei Verlegung und Montage und der späteren Entsorgung. Diese Vorgaben – eben «IP» und «QS» – beeinflussen ein Produkt bereits vor der Entstehung. In der Materialtechnik – oder beim Kabeldesign – wird überlegt, welche Eigenschaften durch welche Verfahren und Materialien beeinflusst werden. Nur was wirklich notwendig ist, wird eingesetzt, nur was rezyklierbar ist, gelangt zum Einsatz.

Bei der Fertigung sind nun «alle Hebel in Bewegung zu setzen»: Anfahrlängen, die produktionsbezogen immer entstehen, werden nicht mehr als Abfall weggeworfen. Sie werden umgearbeitet und in den laufenden Produktionsprozess integriert. Schon hier entsteht ein geschlos-

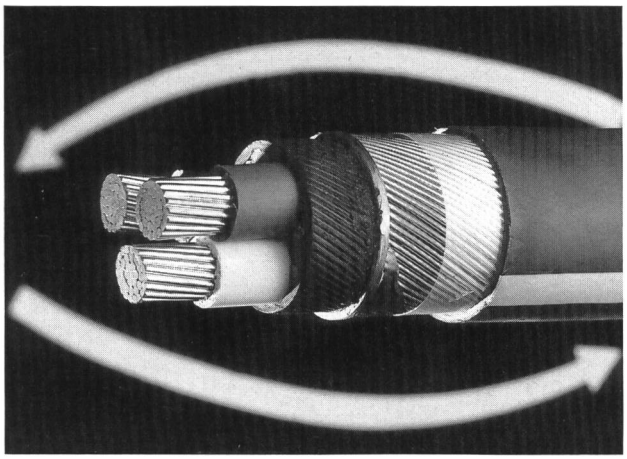


Bild 3. Niederspannungskabel-Typ Brimex-Return.

sener Kreislauf. Auch die verschiedenen Verfahrens- und Produktionsschritte sind so umgestaltet worden, dass die Mitarbeiter stolz sind, an Produktionen dieser Art mitwirken zu können.

Sobald die Kabel das Haus verlassen und beim Kunden verlegt werden, sind die Aspekte der externen Umwelt zu berücksichtigen. Damit ist nicht nur der Kabeleinzug gemeint. Es dreht sich um die Frage: Was geschieht mit Kabelresten, die unweigerlich beim Anschliessen und Anmuffen der Kabel an Anlagen entstehen? Sind diese Abfälle nun Sondermüll? Nein: Sie können dem Produktionsprozess wieder zugeführt werden, sie sind eben rezyklierbar.

Wenn eine Kabelanlage nach längerer Zeit ausser Betrieb genommen wird, so entsteht auch hier kein «Sondermüll», das Kabel wird rezykliert, und die einzelnen Materialien werden wiederum der Produktion zugeführt!

Schlussgedanken

Brimex-Return-Kabel erfüllen die gesetzlichen Anforderungen. Sie wurden dem IP-Gedanken entsprechend entwickelt und werden dem IP- und QS-Gedanken entsprechend produziert. Dadurch sind sie hundertprozentig rezyklierbar. Spätere Generationen werden uns dankbar sein.

Adresse des Verfassers: *Peter F. Mohr,* dipl. El.-Ing. ETHZ, Marketingleiter Brugg Kabel AG, CH-5200 Brugg.

Wasserüberleitungen als grosses wasserwirtschaftliches Vorhaben in Franken

Erddamm für den Brombach-Stausee

Während das Donaugebiet dank reichlicher Niederschläge, grosser Grundwasserspeicherräume und der grossen Alpenzuflüsse sehr wasserreich ist, liegt im Regnitz-Main-Gebiet mit viel höherer Bevölkerungs- und Industriedichte das Wasserangebot weit unter dem Landesdurchschnitt. Für jeden Bewohner des Donaugebietes steht selbst in Niedrigwasserzeiten dreimal soviel Wasser zur Verfügung wie für den Bewohner des Maingebietes. Deshalb soll Donau- und Altmühlwasser in das Regnitz-Main-Gebiet übergeleitet werden [1]. Das Vorhaben besteht aus zwei Teilsystemen,

- der zusammen mit dem Main-Donau-Kanal 1992 in Betrieb genommenen Kanalüberleitung und
- der im Bau befindlichen Brombach-Stausee-Überleitung.

Kanalüberleitung

Der Main-Donau-Kanal [2] wird ab Kehlheim bis zur Schleuse Eckersmühlen als Transportweg für das Aufhöhungswasser benutzt. Der Höhenunterschied von 68 m auf der Südrampe wird durch fünf Pumpanlagen an den Schleusen überwunden, wobei bis zu 21 m^3/s Aufhöhungswasser gefördert werden können. Das hochgepumpte Wasser wird im Rothsee zwischengespeichert. Um die Donauunterlieger möglichst nicht zu benachteiligen, darf nur bei Donauabflüssen über 140 m^3/s, dem mittleren Niedrigwasser, übergeleitet werden. Im Jahresmittel werden 125 Mio m^3 Donauwasser so dem Maingebiet zugeführt.

Brombach-Stausee-Überleitung

Das Hochwasser der oberen Altmühl wird im Altmühl-Stausee kurzzeitig zurückgehalten; der Altmühl-Überleiter fördert dann das Wasser mit max. 70 m^3/s in den Brombach-Stausee [3]. Sein grosser Stauraum von 130 Mio m^3 wird genutzt, um das Altmühlwasser gezielt in das Regnitz-Main-Gebiet abzugeben, und zwar bis zu 15 m^3/s über Brombach, Schwäbisch Rezat und Rednitz. Nach Abschluss der Baumassnahme werden dann im Jahresdurchschnitt 25 Mio m^3 Altmühlwasser aus dem Brombach-Stausee dem Regnitz-Main-Gebiet zugeführt.

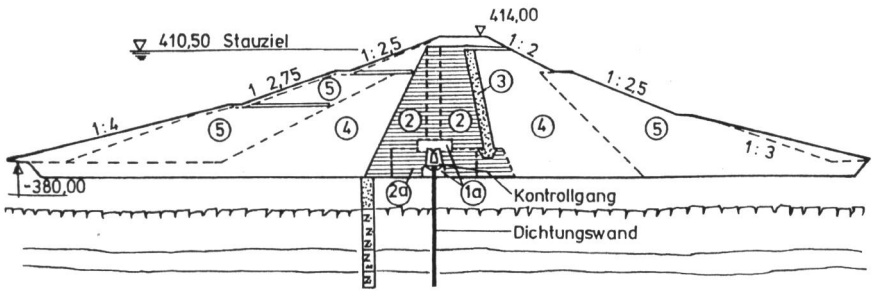


Bild 1. Regelquerschnitt des Brombach-Staudamms: 1a, 2 und 2a innere und äussere Kernzonen, 3 Kaminfilter, 4 und 5 Stützkörperzonen [3].