Supraleitendes 10-kV-System für die Innenstadt von Essen

Autor(en): **Merschel, Frank**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **105 (2014)**

Heft 12

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-856335

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Supraleitendes 10-kV-System für die Innenstadt von Essen

Projekt AmpaCity zeigt Eignung der Technologie auf

Mit dem Projekt AmpaCity erproben RWE und Nexans in der Praxis, wie zukünftig der Strom in Ballungsgebieten nahezu verlustfrei ans Ziel kommt. Durch Umstellung der Energieverteilung im Innenstadtbereich von Hoch- auf Mittelspannung können erhebliche Kosten- und Raumeinsparung realisiert werden. Nach den bisherigen positiven Betriebserfahrungen kann festgestellt werden, dass diese innovative und effiziente Technologie nun für den kommerziellen Einsatz bereit ist.

Frank Merschel et al.

Vor allem in Ballungsräumen besteht die Notwendigkeit, den Stromtransport noch effizienter zu gestalten. Gründe sind der steigende Energiebedarf, Platzbedarf und Trassenverfügbarkeit sowie zu erneuernde Anlagen. Vor diesem Hintergrund testet RWE gemeinsam mit Nexans und mit wissenschaftlicher Begleitung durch das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) im Rahmen des Projekts AmpaCity in Essen ein supraleitendes Kabel auf einer Länge von 1 km. Es ist das weltweit grösste Pilotprojekt mit dieser Technik und hat das Potenzial, den Stromtransport in Ballungsräumen zu revolutionieren.[1]

In einigen Veröffentlichungen der jüngeren Vergangenheit wurde bereits über interessante Einsatzfälle der Hochtemperatur-Supraleitertechnologie (HTS) – insbesondere bei Kabeln und Strombegrenzern – berichtet. Eine Reihe von Feldversuchen wurde erfolgreich abgeschlossen, so dass die Technologie nun bereit ist für einen kommerziellen Einsatz.[2]

Voraussetzungen und Motivation

Der Strukturwandel im Ruhrgebiet und die damit einhergehenden geänderten Anforderungen an Leistung und räumliche Aufteilung des Netzes führten zu einer Neubewertung des Stromverteilungsnetzes der Stadt Essen. Für das Jahr 2020 wurde ein Zielnetz konzipiert. In diesem Zusammenhang wurde überlegt, ob unter Umständen im Innenstadtbereich auch eine Energieverteilung auf einer niedrigeren Spannungsebene – also Mittel- statt Hochspannung – denkbar wäre.[3,4] Eine interessante Option zur Realisierung können Betriebsmittel auf der Basis sogenannter Hochtemperatur-Supraleiter (HTS) sein.[5,6]

Über Hintergründe und Vorbereitungen für das Projekt AmpaCity wurde bereits an anderen Stellen berichtet.[7–10]

Projekt AmpaCity

Die Basis für die Durchführung dieses praktischen Grossversuchs ist eine Machbarkeitsstudie, in der zusammenfassend festgestellt wird, dass der Ausbau mit 10-kV-HTS-Kabeln aus heutiger Sicht die technisch und wirtschaftlich einzig sinnvolle Möglichkeit darstellt, den Ausbau städtischer Netze mit Hochspannungskabeln zu vermeiden und Hochspannungs-Umspannstationen im Innenstadtbereich zurückzubauen.[11]

Auf dieser Grundlage erprobt RWE Deutschland in der Innenstadt von Essen ein von Nexans entwickeltes und hergestelltes HTS-System, bestehend aus Kabel, Endverschlüssen, einer Verbindungsmuffe und einem ebenfalls supraleitenden Kurzschlussstrombegrenzer sowie der Kühlanlage, im Praxisbetrieb. **Bild 1** zeigt den Verlauf der Trasse.

Mit dem Projekt AmpaCity sollen langfristige Kosteneinsparungspotenziale von Supraleitern verifiziert und Betriebserfahrungen mit dieser neuen Technologie gesammelt werden.

Mit dem rund 1 km langen Kabel ist in Essen weltweit erstmals ein HTS-Mittelspannungskabel mit kompaktem, konzentrischen Design zur Verbindung von zwei Umspannanlagen in Betrieb.

HTS-System

Das HTS-System wurde für einen Dauerstrom von 2,31 kA bei 10 kV ausgelegt. Es besteht aus einem supraleitenden konzentrischen Kabelsystem **(Bild 2)**, einem supraleitenden Strombegrenzer sowie einer gemeinsamen Kühlanlage für die Bereitstellung der benötigten Kälteleistung. Bei dem HTS-Kabel wurde supraleitendes Material der 1. Generation (Bismut-Strontium-Calcium-Kupferoxid, Bi2223) eingesetzt, das in eine Silberma-

Bild 1 Trassenverlauf des supraleitenden Kabels in der Essener Innenstadt.

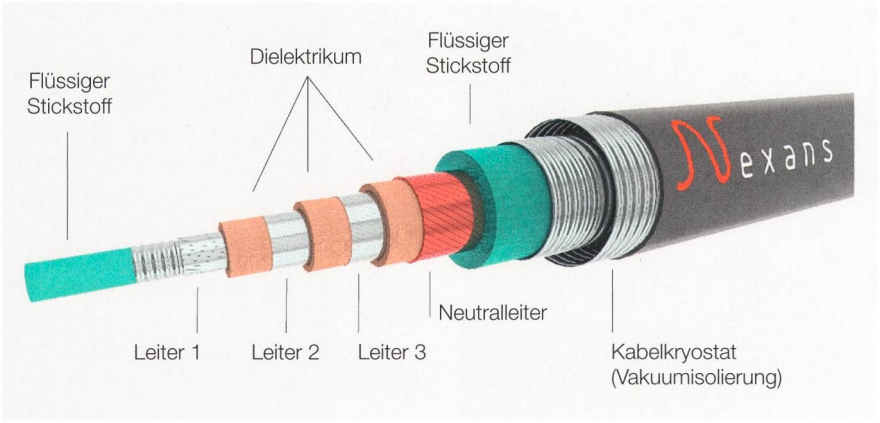


Bild 2 Aufbau des eingesetzten HTS-Kabels.

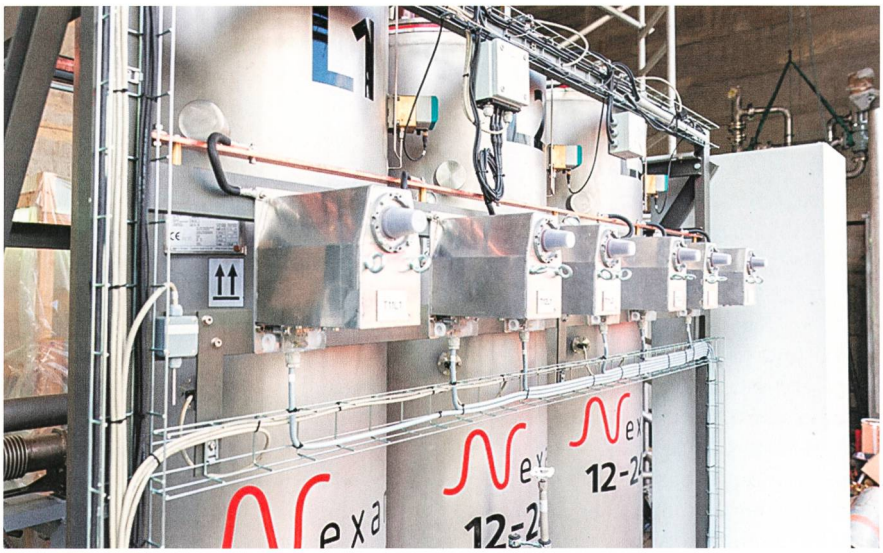


Bild 3 Supraleitender Kurzschlussstrombegrenzer in der Station «Herkules», Essen.

trix eingebettet ist und durch Wärmebehandlung und Walzen zu einem biegefähigen Band verarbeitet wurde.

Um die Rücklaufleitung der Stickstoffkühlung herum sind konzentrisch drei durch Polypropylen-laminiertes Papier gegeneinander isolierte Supraleiterschichten für die drei Stromphasen sowie eine gemeinsame Kupferschirmung angeordnet. Diese vom Flüssigkeitsmantel des Stickstoffvorlaufs umgebene Kabelader ist in den Kryostaten, einen doppelwandigen, superisolierten Vakuumbehälter aus gewelltem, flexiblem Edelstahlrohr, eingebaut. Die Aussenseite des Kabelkryostaten ist durch eine Polyethylenummantelung geschützt. Durch den zirkulierenden unterkühlten flüssigen Stickstoff wird die Betriebstemperatur des Kabels unter 77 K gehalten.

Vorteile dieser konzentrischen Bauweise des HTS-Mittelspannungskabels sind neben dem geringen Platzbedarf und der einfachen Installation das nicht vorhandene äussere Magnetfeld und die thermische Unabhängigkeit von der Umgebung.

Als Schnittstelle zur klassischen Mittelspannungstechnik werden speziell entwickelte Endverschlüsse zur Überbrückung der Temperaturdifferenz zwischen Kühlmedium und Umgebungstemperatur sowie als Übergang von supraleitenden zu normalleitenden Materialien benötigt. Zudem wird die Anbindung des HTS-Kabels an die Kühlanlage in einem der Endverschlüsse umgesetzt.

Da bei der für die Installation in Essen benötigte Kabellänge von zirka 1 km aus Transportgründen eine Unterteilung in zwei Kabelsektionen nötig ist, wurde als weitere zu testende Komponente eine Verbindungsmuffe installiert. Dafür wird eine Verbindungsmuffe eingesetzt, die zum einen eine Verbindung der Kabelader und zum anderen eine Verbindung des Kabelkryostaten herstellt.

Der in das System integrierte supraleitende Strombegrenzer zeigt im Normalbetrieb keine Impedanz und hat dadurch keinen negativen Einfluss auf den Lastfluss oder die Versorgungsqualität, schützt aber im Kurzschlussfall sowohl das HTS-Kabel vor hohen Strömen als auch alle nachgeschalteten Betriebsmittel vor hohen Kräften und Erwärmung und kann dadurch deren Anforderungen und Belastungen drastisch reduzieren. (Bild 3).

Als Kühlsystem für die HTS-Komponenten wird aus wirtschaftlichen Gründen ein offenes System mit einem Flüssigstickstoff-Vorratstank eingesetzt. Die Kühlanlage ist für eine thermische Leistung von 4 kW bei einer Eintrittstemperatur von 67 K ausgelegt.

Um alle Komponenten des HTS-Kabelsystems für die Installation in Essen zu qualifizieren, wurde vorab eine Typprüfung des HTS-Kabels durchgeführt und im März 2013 erfolgreich abgeschlossen.

Installation und Inbetriebnahme des Systems

Nach den erforderlichen baulichen Vorarbeiten wurden die einzelnen Kom-

Bild 4 Einzug der ersten HTS-Kabelteillänge.

Bilder: RWE Deutschland

Bild 5 Aufstellung des Stickstofftanks in der Station Herkules.

ponenten in den beiden Umspannanlagen Herkules und Dellbrügge (Bild 1) eingebaut. Der Einzug der Kabel erfolgte ähnlich wie bei konventionellen Hochspannungskabeln (Bild 4).

In den folgenden Wochen wurden die Verbindungsmuffe zwischen den beiden Kabelsektionen hergestellt und die Endverschlüsse montiert. Der Vorratstank für den flüssigen Stickstoff wurde im Freiluftbereich der Umspannstation Herkules aufgestellt (Bild 5).

Im Zuge der Einbindung des HTS-Systems in die vorhandene Netzinfrastruktur wurde in beiden Umspannanlagen die Verbindung zu den entsprechenden Mittelspannungsschaltfeldern hergestellt.

Nach der Abnahme des Kühlsystems durch den Technischen Überwachungsverein wurden Kabelsystem und Strombegrenzer «kaltgefahren», d.h. mit einer definierten Abkühlgeschwindigkeit schrittweise auf Betriebstemperatur gebracht.

Sobald ein eingeschwungener thermischer Zustand erreicht war, erfolgte die Inbetriebnahmeprüfung, nach deren Bestehen das System formal in den Netzbestand aufgenommen wurde.

Nach abschliessenden Tests und Messungen wurde das System erstmalig im März zugeschaltet und schliesslich offiziell Ende April 2014 in Betrieb genommen.

Feldversuch und Ausblick

Die vollständige Inbetriebnahme des Systems, also die Aufnahme von Last im regulären Netzbetrieb, war der Auftakt für den eigentlichen, auf zwei Jahre terminierten Feldversuch unter realen Netzbedingungen. Nach dem planmässigen Abschluss des Feldversuchs wird eine umfassende Bewertung vorgenommen.

Entsprechend positive Ergebnisse vorausgesetzt, ist dies einerseits die Basis für die Entscheidung hinsichtlich eines weiteren Ausbaus eines HTS-Netzes in Essen, andererseits aber auch ein bedeutendes Signal für die zukünftige Gestaltung von Stromverteilungsnetzen in Ballungsgebieten.

Als mögliches Szenario wird in der bereits weiter oben beschriebenen Machbarkeitsstudie ein «City-Ring Essen» zur Versorgung der Innenstadt über ein 10-kV-HTS-System mit entsprechendem Rückbau der dadurch entbehrlich werdenden 110/10-kV-Umspannanlagen beschrieben.

Am 27. Oktober 2014 konnte der Öffentlichkeit ein erster Zwischenbericht zu 180 Tagen erfolgreicher Supraleiter-Praxis vorgelegt werden. Bereits jetzt kann das grosse Interesse der Fachöffentlichkeit an dem Projekt, das auf zahlreichen Tagungen präsentiert wurde – in Europa und darüber hinaus – konstatiert werden.[12–15]

Fazit

Die HTS-Technologie lässt sich generell überall dort wirtschaftlich einsetzen, wo positive Sekundäreffekte hinzukommen. Bezüglich der Auslegung der Stromverteilnetze gehören höhere Leistungsdichte, geringerer Platzbedarf, Integration regenerativer Einspeisungen auf Mittelspannungsebene und zusätzlicher Raumgewinn durch Reduzierung der Anzahl von Umspannstationen (Hoch- auf Mittelspannung) dazu. Dies ist besonders interessant in Ballungsräumen, wo freiwerdende Flächen in besten Lagen anderweitig genutzt oder vermarktet werden können.

Résumé

Un système supraconducteur de 10 kV pour le centre-ville d'Essen

Le projet AmpaCity démontre les aptitudes de la technologie

Lancé au mois de septembre 2011, le projet AmpaCity est entré dans sa phase pratique au printemps 2014. Fort d'une coopération avec le fabricant de câbles Nexans et du savoir de l'Institut de technologie de Karlsruhe (KIT), le système supraconducteur à haute température (HTS) de RWE Deutschland a été intégré au réseau électrique du centre-ville d'Essen en tant que plus long câble supraconducteur au monde à l'heure actuelle. Le projet «AmpaCity» permet de servir d'exemple à l'échelle mondiale en matière de perfectionnement des réseaux électriques des grandes villes.

Outre le câble supraconducteur à courant alternatif triphasé, deux extrémités et une jonction, un limiteur de courant à supraconducteurs fait également partie des différents composants du système. Le câble et le limiteur de courant sont dimensionnés pour une tension nominale de 10 kV et une puissance nominale de 40 MW. Ils remplacent un système de câbles de 110 kV d'une capacité identique.

Les composants ont été fabriqués une fois l'essai de type du système réalisé avec succès. Dans le même temps, l'intégration du système au réseau de distribution de la ville d'Essen a été préparée. L'installation sur site n'a nécessité qu'environ deux mois et a été achevée à la fin du mois de novembre 2013. Après un contrôle et plusieurs essais de mise en marche, le système a été officiellement mis en service fin avril 2014.

Deux ans d'essais effectués sur le terrain permettront de tester, dans des conditions de réseau réelles, l'aptitude de cette technologie à un usage à grande échelle. Une série d'essais sur le terrain a d'ores et déjà été conclue avec succès, démontrant ainsi que la technologie est désormais prête pour un usage commercial. No

In einer Machbarkeitsstudie der RWE Deutschland wurde gezeigt, dass der Ausbau mit 10-kV-HTS-Kabeln aus heutiger Sicht die technisch und wirtschaftlich sinnvollste Alternative darstellt, den Ausbau städtischer Netze mit Hochspannungskabeln zu vermeiden und Umspannanlagen im Innenstadtbereich zurückbauen zu können.

Mit dem Pilotprojekt «AmpaCity», dessen Systemkomponenten im Frühjahr 2014 erfolgreich in Betrieb genommen wurden, soll in der Praxis nachgewiesen werden, dass die Supraleitungstechnologie den Anforderungen an einen zuverlässigen und wirtschaftlichen Betrieb in Energieversorgungsnetzen entspricht. Dies wäre dann eine Initialzündung für den Aufbau weiterer Produktionskapazitäten im Bereich der HTS-Materialien, Kühlanlagen und HTS-Kabeltechnik – verbunden mit entsprechenden Kostensenkungspotenzialen.

Referenzen

[1] A. Hobl, F. Merschel, O. Sauerbach, W. Schley, M. Stemmle, «Netzintegration eines supraleitenden Mittelspannungskabels», bbr Leitungsbau/ Brunnenbau/Geothermie; Heft 07/08 2013; wvgw Wirtschafts- und Verlagsgesellschaft Gas und Wasser mbH, Bonn.

[2] M. Stemmle, F. Merschel, M. Noe, A. Hobl, N. Lallouet, «AmpaCity Project – Advanced Superconducting 10 kV System Replaces Coventional 110 kV Cable System in City Center», Cigré 2014, P B1-303-2014.

[3] F. Merschel, A. Breuer, «Supraleitende Kabel für die Stromversorgung», Energy 2.0-Kompendium 2012.

[4] F. Merschel, M. Noe, M. Stemmle, A. Hobl, «AmpaCity – Supraleiter-Teststrecke verbindet zwei Umspannanlagen in der Innenstadt von Essen», VDE-Kongress 2012, 5./6. November, Stuttgart.

[5] EW Special «100 Jahre Supraleitung», EW Jg. 110 (2011), Heft 6-7.

[6] Cigré Technical Brochure 418: Status of Development and Field Test Experience with High-Temperature Superconducting Power Equipment, June 2010.

[7] M. Stemmle, F. Merschel, M. Noe, A. Hobl, N. Lallouet, «AmpaCity Project – Advanced Superconducting 10 kV System Replaces Coventional 110 kV Cable System in City Center», Cigré 2014, P B1-303-2014.

[8] M. Noe, «Neue Konzepte für eine effiziente Energieversorgung», Fachtagung Ziehl II – Hochtemperatur-Supraleitung für die Energietechnik; Materialien und Anwendungen, Bonn, 16./17. März 2010.

[9] F. Merschel, M. Noe, B. R. Oswald, M. Stemmle, «Novel Grid Concepts for Urban Area Power Supply», Jicable '11, Versailles, Juni 2011.

[10] F. Merschel, M. Noe, M. Stemmle, A. Hobl, O. Sauerbach, «AmpaCity – Supraleitende Kabel und Strombegrenzer für die Energieverteilung in Ballungsgebieten», ETG-Kongress 2013, Berlin.

[11] F. Merschel, J. Bock, L. Hofmann, M. Noe, M. Stemmle, «RWE Kabelstudie für das innerstädtische Verteilnetz in Essen.» Ziehl III Zukunft und Innovation der Energietechnik mit Hochtemperatur-Supraleitern. Bonn, 6.-7. März 2012.

[12] F. Merschel, «Mittelspannungsprojekt ‹AmpaCity› – Hochtemperatur-Supraleiterkabelsystem», Fachtagung Energie, Kabel- und Kabelmesstechnik, EW Medien und Kongresse, Fulda, 4.-5. Dezember 2012.

[13] A. Breuer, F. Merschel, M. Noe, W. Goldacker, B. R. Oswald, L. Hofmann, F. Schmidt, M. Stemmle, «Superconducting medium-voltage cables for urban power supply as an alternative scenario to 110 kV installation», Cigré Conference 2012, Paris, 27.-31. August 2012, paper B1-305.

[14] M. Stemmle, F. Merschel, M. Noe, A. Hobl, «Medium voltage superconductor cables replacing conventional high voltage systems for urban area power supply», 2012 Cigré Canada Conference, Montréal, Québec, 24.–26. September 2012, paper Cigré-061.

[15] F. Merschel, «Advanced Superconducting 10 kV System in the City Center of Essen, Germany», 2014 International Smart Grid Conference, Changzhou, China, 18th May, 2014.

Autoren

Dr. **Frank Merschel**, Neue Technologien/Projekte bei RWE Deutschland AG.

RWE Deutschland AG, DE-45128 Essen
frank.merschel@rwe.com

Prof. Dr.-Ing. **Mathias Noe**, Leiter Institut für Technische Physik am KIT.

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), DE-76131 Karlsruhe
mathias.noe@kit.edu

Dr.-Ing. **Mark Stemmle**, Projektleiter im Bereich supraleitender Kabelsysteme bei Nexans Deutschland.

Nexans Deutschland GmbH, DE-30179 Hannover
mark.stemmle@nexans.com

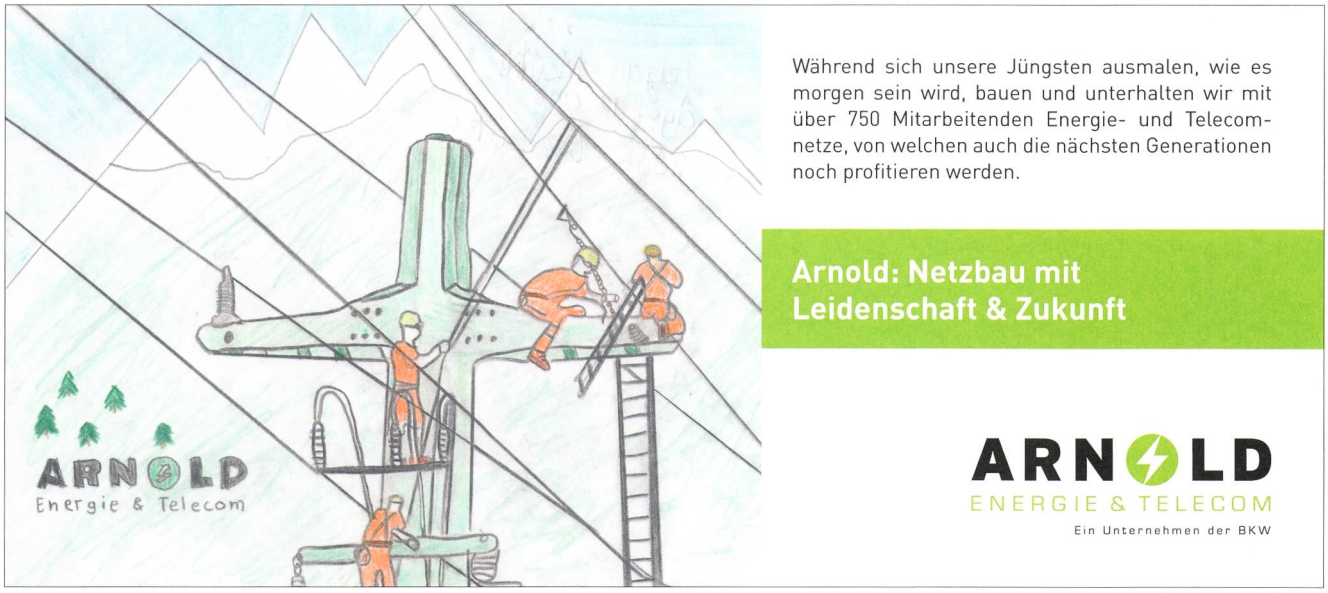
Dipl.-Ing. **Dietmar Steinbach**, Superconducting Systems, Leiter Vertrieb & Marketing bei Nexans Deutschland GmbH.

Nexans Deutschland GmbH, DE-30179 Hannover
dietmar.steinbach@nexans.com

Achim Hobl, Standortleiter bei Nexans SuperConductors GmbH, Hürth.

Nexans SuperConductors GmbH, DE-50351 Hürth
achim.hobl@nexans.com

Dipl.-Ing. **Oliver Sauerbach**, Leiter Netzplanung Regionalzentrum Ruhr und im Projekt AmpaCity Projektleiter der Westnetz GmbH.

Westnetz GmbH, DE-45141 Essen
oliver.sauerbach@westnetz.de

Anzeige