Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 94 (2003)
Heft: 4

Artikel: Widerstand zwecklos
Autor: Müller, Bernd
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857533

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

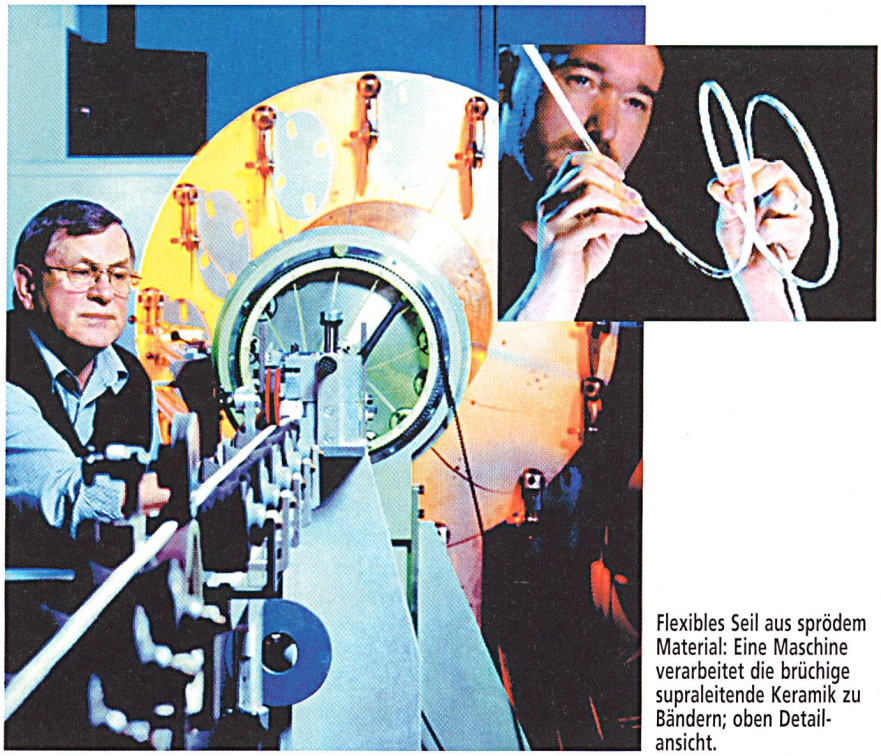
Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

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

Widerstand zwecklos

Die Euphorie war gross, die Ernüchterung ebenfalls: Es ist stiller geworden um die Supraleiter, die elektrischen Strom verlustfrei transportieren und vor zehn Jahren als Revolution der Energietechnik gefeiert wurden. Doch jetzt sind endlich kommerzielle Anwendungen in Sicht.



Flexibles Seil aus sprödem Material: Eine Maschine verarbeitet die brüchige supraleitende Keramik zu Bändern; oben Detailansicht.

Aussichtsreiche Kandidaten für einen kommerziellen Einsatz

Hans-Peter Krämer schaut durch das Guckloch des schweren Metallzylinders. Im Innern blubbern kleine Blasen an der handtellergrossen Platine mit den seltsam schneckenförmig gewundenen Leiterbahnen nach oben. Plötzlich ein Knall, und die Flüssigkeit kommt förmlich zum Kochen. Nach wenigen Sekunden ist der Spuk vorbei und die brodelnde Wolke hat sich verzogen. Krämer ist zufrieden: Versuch geglückt!

Adresse des Autors
Bernd Müller
Siemens AG
D-80312 München

Quelle: Pictures of the Future 2002

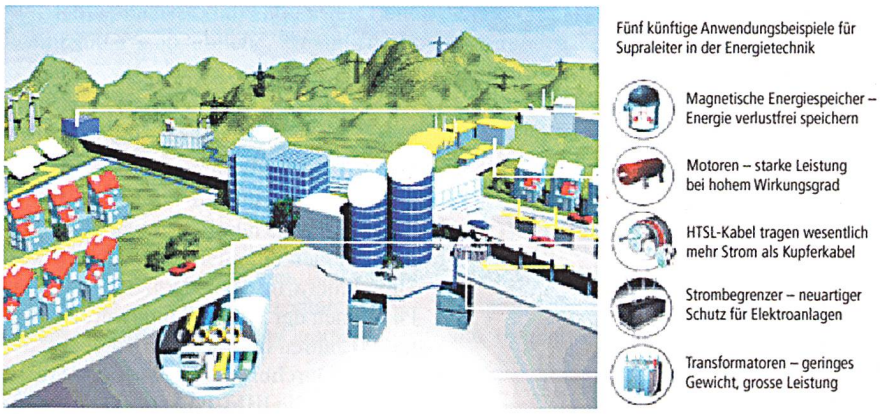
Dr. Hans-Peter Krämer ist Projektingenieur bei Siemens in Erlangen und entwickelt dort einen völlig neuen Typ von Strombegrenzern für Hochspannungsanlagen. Diese sollen bei Kurzschlüssen blitzschnell das Stromnetz unterbrechen, um Schäden an Kabeln, Transformatoren oder Motoren zu vermeiden – eigentlich nichts Weltbewegendes. Doch die schneckenförmigen Leiterbahnen in Krämers Versuch bestehen aus einem keramischen Supraleiter aus Yttrium-Barium-Kupferoxid, kurz YBCO. In flüssigen Stickstoff getaucht (bei –196 °C) leitet er Ströme bis 50 A ohne Widerstand – also verlustfrei. Steigt der Strom gefährlich an, bricht die Supraleitung zusammen, der Widerstand des Leiters schnellt in Millisekunden in die Höhe, und die Hitze bringt den Stickstoff zum Sieden. Nach kurzer Abkühlung ist der Schalter wieder einsatzbereit. Das Verblüffende: Während Kupferleiter für solche Stromstärken bleistiftdick sein müssen, sind die Schneckenbahnen auf der Platine weniger als 0,001 mm dünn.

Die Strombegrenzer «made in Erlangen» sind erste aussichtsreiche Kandidaten für einen kommerziellen Einsatz von Supraleitern in der Energietechnik. Das Phänomen der Supraleitung wurde schon vor 90 Jahren bei Metallen entdeckt, der richtige Durchbruch kam aber erst vor 15 Jahren, als die IBM-Forscher Georg Bednorz und Alexander Müller Hochtemperatur-Supraleiter (HTSL) aus keramischen Materialien herstellten. Heute liegt der Weltrekord bei der Sprungtemperatur – die Temperatur, unterhalb der ein Supraleiter den elektrischen Widerstand verliert – bei etwa 135 K (–138 °C). Damit genügt flüssiger Stickstoff zur Kühlung, der fünf Cent pro Liter kostet. Zum Vergleich: Flüssiges Helium zur Kühlung metallischer Supraleiter kostet sechs Euro je Liter.

Supraleiter den Normalleitern weit überlegen

Die Eigenschaften der Hochtemperatur-Supraleiter sind verlockend: «Energetisch gesehen sind Supraleiter den Normalleitern weit überlegen, weil sie den Wirkungsgrad deutlich steigern», versichert Dr. Heinz-Werner Neumüller, Leiter der Supraleitungsforschung von Siemens in Erlangen. Die notwendigen Kühleinrichtungen arbeiten heute so sparsam, dass sie den Wirkungsgradgewinn des Supraleiters nur hinter dem Komma schmälern. Weiterer Vorteil: Trägt ein Kupferkabel pro Quadratmillimeter Leiterquerschnitt nur einen Strom von 2 A, sind es bei Hochtemperatur-Supraleitern bis zu 3000 A. Gelänge es, die Körner des HTSL-Materials – etwa durch gezielte Beimischung anderer Elemente – besser zu verbinden, wäre sogar noch mehr drin.

Dennoch hat sich der Traum vom Ende aller Energieprobleme bis heute nicht erfüllt. Gegenwärtig werden noch überwiegend metallische «Tieftemperatur»-Supraleiter eingesetzt, die mit flüssigem Helium bei –269 °C gekühlt werden müssen – zum Beispiel bei Magneten für Magnetresonanz-Tomographen, deren Technologie vor mehr als 20 Jahren entwickelt wurde und deren Umsatz weltweit 2,4 Mrd. Euro pro Jahr beträgt. In grossem Massstab hat sich die Technik in den Teilchenbeschleunigern der Hoch-



Anwendungsbereiche für Supraleiter.

Elektromotor mit eiskaltem Herz: In Erlangen betreibt Siemens eine Synchronmaschine mit einer supraleitenden Läuferwicklung. Die Stromdichte ist etwa zehnmal so gross wie bei einer Kupferspule.

energiephysik durchgesetzt, beispielsweise am DESY in Hamburg. Der 6,3 km lange unterirdische Ring HERA besteht aus tonnenschweren supraleitenden Magneten, die von haushohen Kühlanlagen mit flüssigem Helium versorgt werden.

Ab 2005 mit serienreifen Anwendungen in der Energietechnik?

Nach Jahren der Ernüchterung haben die Forscher nun aber wieder Mut gefasst. Eine erste kommerzielle Anwendung für Hochtemperatur-Supraleiter zeichnet sich in den USA ab: Dort werden zunehmend HTSL-Frequenzfilter für Mobilfunk-Basisstationen genutzt. Neumüller rechnet ab 2005 mit serienreifen Anwendungen auch in der Energietechnik. Die technischen Hürden seien weitgehend ausgeräumt. So ist es heute möglich, beliebig lange Drähte aus den spröden keramischen Supraleitern in gleichmässiger Qualität herzustellen. Etwa 800 km beträgt die Jahresproduktion bereits. Zwei Knackpunkte bleiben dennoch. Erstens: Energietechnische Anlagen mit Supraleitern müssen wartungsarm und langlebig sein – ein Wartungsintervall von drei Jahren und eine Lebensdauer von 30 Jahren sind das Ziel. «Da haben wir grosse Fortschritte gemacht», versichert Neumüller. Zum Beispiel mit so genannten Pulsröhrenkühlern, die zuverlässig ohne bewegte Teile Kälte erzeugen können. Zweitens: Supraleiter sind zu teuer. Etwa das Zehnfache kosten heute Drähte mit keramischen Supraleitern verglichen mit herkömmlichen Kabeln – 1996 war es noch das 50-Fache. Bei grösseren Mengen wird der Faktor weiter schrumpfen – bis 2004 auf den Faktor 2,5, was für erste Produktserien ausreicht.

Doch die Kosten sind nur eine Seite der Medaille. Mit dem Strombegrenzer könnten zum Beispiel Stromnetze verknüpft werden, ohne teure zusätzliche Sicherheitseinrichtungen; mit HTSL-Kabeln würden neue Trassen überflüssig, weil die Supraleiter viel weniger Platz brauchen. Dr. Michael Frank, der in Erlangen einen Synchronmotor mit supraleitenden Wicklungen auf Herz und Nieren testet, schwört auf die Spannungsstabilität seiner Maschine, die herkömmliche Generatoren unter Belastung nicht erreichen. Diese Vorteile müsse man den Kunden aber erst klarmachen, sagt sein Kollege Neumüller.

Überzeugungsarbeit der Ingenieure

In anderen Nationen scheint die Überzeugungsarbeit der Ingenieure eher zu fruchten. Japan und USA fördern die Entwicklung von Supraleitern für die Energietechnik mit jeweils über 40 Mio. US-$ pro Jahr. Deutschland hinkt mit umgerechnet 9 Mio. US-$ hinterher. Vor allem Japan mit seinem gigantischen Energiebedarf und dicht besiedelten Ballungsräumen würde profitieren. In Tokio wird jährlich pro Quadratkilometer eine Energie von 10 GWh verbraucht, in Berlin nur etwa ein Zehntel. Und weil der Energiehunger in Tokio pro Jahr um 2% wächst, müssen neue Kabel her – für die aber unter der Erde kein Platz mehr ist. Deshalb sollen die 275-kV-Kabel in den bis 3 m dicken Rohren durch HTSL-Kabel in nur 15 cm dicken Rohren – inklusive Kühlmantel – ersetzt werden. Derzeit wird bei Sumitomo Electric ein 100 m langes Kabel für eine Leistung von 115 MW getestet. Der italienische Kabelhersteller Pirelli hat in Detroit Ende 2001 gemeinsam mit der Firma American Superconductor eine ähnliche Versuchsstrecke in Betrieb genommen.

Auch der 1,1-MW-Transformator mit Spulen aus 6 km HTSL-Kabel, den Siemens für Lokomotiven in Regionalzügen entwickelt und in einem Prototyp in den nächsten drei Jahren auf die Schiene bringen will, ist teuer. Aber dafür hat er einen anderen entscheidenden Vorteil: Er wiegt mit 2,4 t nur die Hälfte und hat einen Wirkungsgrad von 99%, statt der bisher üblichen 92%. Pro Jahr würden 340 MWh eingespart. «Nach drei bis vier Jahren haben sich die höheren Kosten amortisiert», rechnet Neumüller vor. Auch die Umwelt würde entlastet: um 180 t CO_2 pro Zug und Jahr.

Résistance inutile

L'euphorie fut grande, la désillusion aussi. On n'entend plus parler des supraconducteurs qui transportent l'électricité sans perte et qui, il y a dix ans, avaient été fêtés comme étant une révolution de la technique énergétique. Des applications commerciales sont toutefois enfin en vue.

Zählerfernauslesung, Energiedaten erfassen, analysieren, visualisieren...

Für die Energieverrechnung benötigen Sie zuverlässige Energiedaten.

Wir liefern die gesamte Lösung von der mobilen Zählerdatenerfassung, dem Zählerfernauslese-System über das Energiedatenmanagement bis zur Internet-Visualisierung.

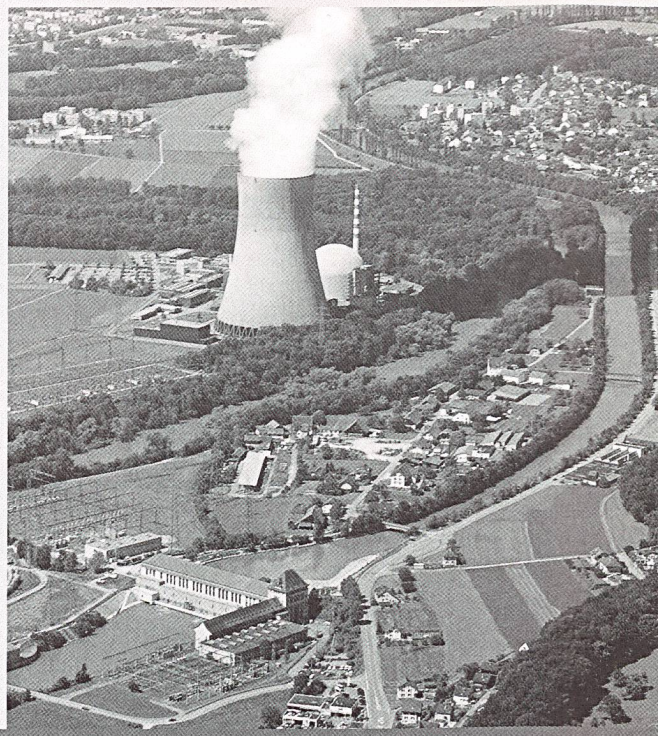
www.optimatik.ch

Generalvertretung für
- **Zählerfernauslese-System ITF-EDV Fröschl**
- **Energiedatenmanagement-System BelVis von Kisters AG**

OPTIMATIK xamax

Optimatik AG, GZS Strahlholz, 9056 Gais, Tel. 071 793 30 30, Fax 071 793 18 18, info@optimatik.ch
Xamax AG, Hardhofstrasse 17, 8424 Embrach, Tel. 01 866 70 80, Fax 01 866 70 90, info@xamax-ag.ch

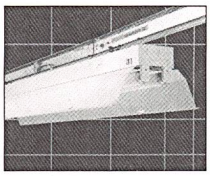
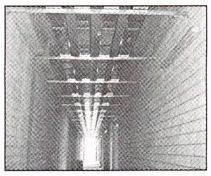
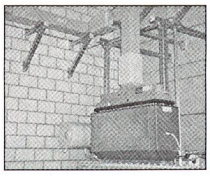
Wasserkraft und Kernenergie. Der richtige Strom-Mix auch in Zukunft.



Strom brauchen wir in allen Lebenslagen. Der Strom-Mix der Atel besteht aus Wasserkraft und Kernenergie. Das macht die Stromversorgung sicher und zuverlässig. Dieser Strom-Mix bildet für die schweizerische Stromversorgung aus technischer, ökonomischer und ökologischer Sicht ein «Winning Team». Darauf wollen wir auch in Zukunft nicht verzichten.

Aare-Tessin AG für Elektrizität, Olten

atel

Ihre Sicherheit – CE

LANZ Stromschienen 25 A – 6000 A

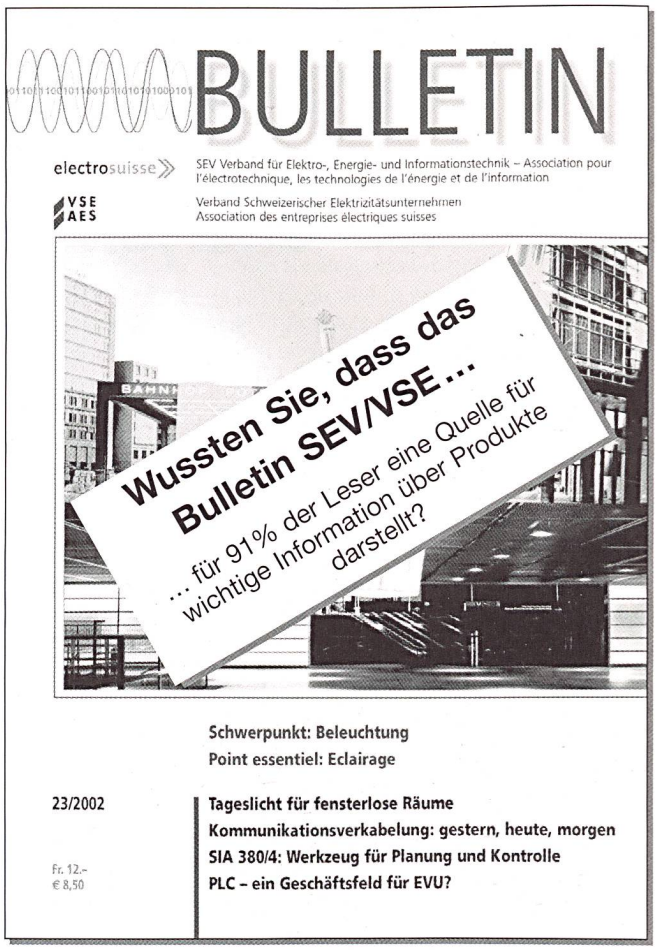
- **LANZ EAE – metallgekapselt 25 A – 4000 A IP 55**
  für die änder- und erweiterbare Stromversorgung von Beleuchtungen, Anlagen und Maschinen in Labors, Fabriken, Fertigungsstrassen, etc. Abgangskästen steckbar.
- **LANZ HE – giessharzvergossen 400 A – 6000 A IP 68**
  Die weltbeste Stromschiene. 100% korrosionsfest. EN / IEC typengeprüft. Abschirmung für höchste EMV-Ansprüche. Auch mit 200% Neutralleiter. Anschlussköpfe nach Kundenspezifikationen. Abgangskästen steckbar.

Speziell empfohlen zur Verbindung Trafo-Hauptverteilung, zur Stockwerk-Erschliessung in Verwaltungsgebäuden, Rechenzentren und Spitälern, zum Einsatz in Kraftwerken, Kehrichtverbrennungs-, Abwasserreinigungs- und allen Aussenanlagen. Beratung, Offerte, rasche preisgünstige Lieferung weltweit von lanz oensingen ag 4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21

☐ Mich interessieren Stromschienen. Senden Sie Unterlagen.

☐ Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

S2

lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen
Telefon 062 388 21 21
www.lanz-oens.com
Südringstrasse 2
Fax 062 388 24 24
info@lanz-oens-com