



---

## Sachstand

---

### Supraleiter für die Stromübertragung Einzelfragen zum Entwicklungsstand

---

## **Supraleiter für die Stromübertragung**

### Einzelfragen zum Entwicklungsstand

Aktenzeichen:

WD 8 - 3000 - 025/19

Abschluss der Arbeit:

5. März 2019

Fachbereich:

WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und  
Forschung

---

Die Wissenschaftlichen Dienste des Deutschen Bundestages unterstützen die Mitglieder des Deutschen Bundestages bei ihrer mandatsbezogenen Tätigkeit. Ihre Arbeiten geben nicht die Auffassung des Deutschen Bundestages, eines seiner Organe oder der Bundestagsverwaltung wieder. Vielmehr liegen sie in der fachlichen Verantwortung der Verfasserinnen und Verfasser sowie der Fachbereichsleitung. Arbeiten der Wissenschaftlichen Dienste geben nur den zum Zeitpunkt der Erstellung des Textes aktuellen Stand wieder und stellen eine individuelle Auftragsarbeit für einen Abgeordneten des Bundestages dar. Die Arbeiten können der Geheimschutzordnung des Bundestages unterliegende, geschützte oder andere nicht zur Veröffentlichung geeignete Informationen enthalten. Eine beabsichtigte Weitergabe oder Veröffentlichung ist vorab dem jeweiligen Fachbereich anzugeben und nur mit Angabe der Quelle zulässig. Der Fachbereich berät über die dabei zu berücksichtigenden Fragen.

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Entwicklungsstand von Supraleitern zur Stromübertragung</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Fazit</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Quellenverzeichnis</b>	<b>6</b>

## 1. Einleitung

Um in Ballungsregionen Stromübertragungskapazitäten erhöhen zu können, sollen herkömmliche Hochspannungsleitungen durch Hochtemperatur-Supraleiter (HTS) ersetzt werden. Im Unterschied zu normalen Stromleitungen fließt der Strom ohne Widerstandsverlust durch den Supraleiter. Die Übertragung wird dadurch effizienter. Dieser Effekt findet bei niedrigen Temperaturen, je nach Material, zwischen fast 0 und 130 Kelvin (-273 bis -143 °C) statt. Bei Hochtemperatursupraleitern werden Materialien mit relativ hohen Übertragungstemperaturen (70 Kelvin und darüber) eingesetzt.<sup>1</sup>

Die folgende Arbeit befasst sich mit dem Entwicklungsstand von Supraleitern zur Stromübertragung.

## 2. Entwicklungsstand von Supraleitern zur Stromübertragung

In den letzten beiden Jahrzehnten sind verschiedene Projekte zur Supraleitfähigkeit von Stromkabeln gestartet worden.<sup>2</sup> Beispielsweise wurde im Rahmen des Projekts „Ampacity“ in der Essener Innenstadt für die innerstädtische Stromverteilung Hochtemperatur-Supraleiterkabel unter die Erde gelegt. Ein 10.000-Volt-Supraleiterkabel löst auf einem Kilometer Länge die herkömmlichen 110.000-Volt-Leitungen zwischen zwei Umspannstationen ab. Das Leitermaterial besteht aus einer speziellen Keramik. Es ist bei einer Temperatur von etwa -200 °C ein idealer elektrischer Leiter, der bei gleichem Querschnitt mindestens 100mal mehr Strom transportieren kann als Kupferleitungen. Die Ampacity-Leitung ist die derzeit größte Leitung im Projekt- bzw. Wirkbetrieb.<sup>3</sup>

---

1 BINE-Informationsdienst (2014). „Supraleiter geht in den Testbetrieb“, <http://www.bine.info/nc/newsuebersicht/news/supraleiter-geht-in-den-testbetrieb/#>

Welt der Physik, Schneider, C. (2014). „Supraleitung für lange Strecken“, <https://www.weltderphysik.de/gebiert/technik/news/2014/supraleitung-fuer-lange-strecken/>

Chervyakov, A. et al. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). Factsheet „Supraleitung für Stromtransport“, [http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS\\_Fact\\_Sheet\\_2015\\_2\\_de.pdf](http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS_Fact_Sheet_2015_2_de.pdf)

2 Chervyakov, A., et al. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). Factsheet „Supraleitung für Stromtransport“, [http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS\\_Fact\\_Sheet\\_2015\\_2\\_de.pdf](http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS_Fact_Sheet_2015_2_de.pdf)

3 Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2016). Presseinformation „Supraleiter-Projekt erhält Deutschen Innovationspreis für Klima und Umwelt“, vom 21.1.2016, [https://www.kit.edu/downloads/Forschen/KIT\\_PI\\_2016\\_008\\_Supraleiter-Projekt%20erhaelt%20Deutschen%20Innovationspreis%20fuer%20Klima%20und%20Umwelt.pdf](https://www.kit.edu/downloads/Forschen/KIT_PI_2016_008_Supraleiter-Projekt%20erhaelt%20Deutschen%20Innovationspreis%20fuer%20Klima%20und%20Umwelt.pdf)

RWE (2013). „AmpaCity - technologische Weltpremiere in Essen“, <https://www.youtube.com/watch?v=XWij2B07Fnc&feature=youtu.be>

ea.R (2017). „AmpaCity - Supraleiter Kabelzug in Essen“, [https://www.youtube.com/watch?v=DkI\\_KDB2jN4](https://www.youtube.com/watch?v=DkI_KDB2jN4)

In den USA wurde 2008 ein 600 Meter langes Supraleiter-Erdkabel mit einer Kapazität von 574 MW installiert. Das Erdkabel verbindet ein Umspannwerk mit dem Freileitungsnetz (Long Island Power Authority (LIPA)). Bis zum Ampacity-Projekt war das LIPA-Kabel in den folgenden sechs Jahren der längste in das Stromnetz integrierte Supraleiter der Welt. Das Kabel wird mit flüssigen Stickstoff auf -321 °F (knapp -200 °C) gebracht. Das Projekt wird weiter entwickelt. Auch in Japan, Korea, China und Russland kommen Kabel unterschiedlicher Länge und Kapazität zum Einsatz.<sup>4</sup>

Hochtemperatur-Supraleiter, die eine Betriebstemperatur von 50-70 Kelvin (ca. -200 °C) haben, basieren auf Keramik. Als Alternative haben die Wissenschaftler Magnesium-Diborid ( $MgB_2$ ) als Leitermaterial entdeckt.  $MgB_2$  hat zwar eine niedrigere kritische Temperatur, kann aber leicht zu Drähten verarbeitet werden. Eine Kabeldesign-Studie des IASS besteht aus einer HGÜ<sup>5</sup>-Leitung, die mit einem Wasserstoff/Helium Kreislaufsystem auf eine Betriebstemperatur von 20 Kelvin (- 253 °C) gebracht wird. Das Kabel soll auf eine Länge von hunderten oder tausenden Kilometern gebracht werden und eine Kapazität von 10 Gigawatt (GW) umfassen.<sup>6</sup>

Im Rahmen des 7. EU-Forschungsprogramms soll ein Prototyp eines supraleitenden Kabels gebaut und unter Betriebsbedingungen getestet werden.<sup>7</sup>

---

4 Chervyakov, A. et al. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). Factsheet „Supraleitung für Stromtransport“, [http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS\\_Fact\\_Sheet\\_2015\\_2\\_de.pdf](http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS_Fact_Sheet_2015_2_de.pdf)

Noe, M. Karlsruher Institut für Technologie Institut für Technische Physik KIT (2017). „Stand der Supraleitermaterial- und Anwendungsentwicklung in Deutschland“, [https://elenia.tu-bs.de/fileadmin/content/sls/9sls/02\\_Noe.pdf](https://elenia.tu-bs.de/fileadmin/content/sls/9sls/02_Noe.pdf)

Schmidt, Fr., et al. (2012). „Operation Experience and further Development of a High-Temperature Superconducting Power Cable in the Long Island Power Authority Grid“, [https://www.researchgate.net/publication/271562593\\_Operation\\_Experience\\_and\\_further\\_Development\\_of\\_a\\_High-Temperature\\_Superconducting\\_Power\\_Cable\\_in\\_the\\_Long\\_Island\\_Power\\_Authority\\_Grid](https://www.researchgate.net/publication/271562593_Operation_Experience_and_further_Development_of_a_High-Temperature_Superconducting_Power_Cable_in_the_Long_Island_Power_Authority_Grid) in Physics Procedia 36:1137-1144 December 2012

Office of Electricity Delivery and Energy Reliability (2008). Project Factsheet „Long Island HTS Power Cable“, [https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/LIPA\\_5\\_16\\_08.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/LIPA_5_16_08.pdf)

5 HGÜ = Hochspannungsgleichstromübertragung

6 Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). „Stromtransport der Zukunft – Supraleitung“, <https://www.iass-potsdam.de/de/ergebnisse/dossiers/supraleitung>

Chervyakov, A. et al. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). Factsheet „Supraleitung für Stromtransport“, [http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS\\_Fact\\_Sheet\\_2015\\_2\\_de.pdf](http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS_Fact_Sheet_2015_2_de.pdf)

7 Ballarino, A. et al. (2016). „The BEST PATHS Project on MgB2Superconducting Cables for Very High Power Transmission“, DOI: 10.1109/TASC.2016.2545116, in IEEE Transactions on Applied Superconductivity (Volume: 26, Issue: 3, April 2016 ), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7438787>

Im Rahmen des Kopernikus-Projektes „ENSURE“ des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) prüfen die Entwickler gemeinsam mit dem Netzbetreiber TenneT im Rahmen einer Machbarkeitsstudie den Einsatz der Supraleitertechnologie als Alternative für herkömmliche Leistungskabel auf kurzen Abschnitten des Netzes. Dabei sollen auch mit flüssigem Stickstoff gekühlte Supraleiterkabel aus Keramik mit Sprungtemperaturen von etwa 77 Kelvin (-196 °C) zum Einsatz kommen.<sup>8</sup>

### 3. Fazit

Die Entwicklung von Hochtemperatursupraleitern für Stromkabel ist in den letzten Jahren erfolgreich vorangekommen. Es ist aber dennoch weitere intensive Forschung auch im Bereich der Kühltechnik erforderlich, wenn diese Technologie in größerem Maßstab in den Wirkbetrieb gehen soll.

### 4. Quellenverzeichnis

Arnold, H., Markt&Technik (2018). „Supraleiterkabel für das Übertragungsnetz“, <https://www.elektroniknet.de/markt-technik/power/supraleiterkabel-fuer-das-uebertragungsnetz-155118.html>

Ballarino, A. et al. (2016). „The BEST PATHS Project on MgB<sub>2</sub>Superconducting Cables for Very High Power Transmission“, DOI: 10.1109/TASC.2016.2545116, in IEEE Transactions on Applied Superconductivity (Volume: 26 , Issue: 3 , April 2016 ), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7438787>

BINE-Informationsdienst (2014). „Supraleiter geht in den Testbetrieb“, <http://www.bine.info/nc/newsuebersicht/news/supraleiter-geht-in-den-testbetrieb/#>

Bruzek, Ch. E., et al. (2017). „Cable Conductor Design for the High-Power MgB<sub>2</sub> DC Superconducting Cable Project of BEST PATHS“, DOI: 10.1109/TASC.2016.2641338, IEEE Transactions on Applied Superconductivity (Volume: 27 , Issue: 4 , June 2017 ), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7786876>

Chervyakov, A. et al. Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). Factsheet „Supraleitung für Stromtransport“, [http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS\\_Fact\\_Sheet\\_2015\\_2\\_de.pdf](http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:1412030:4/component/escidoc:1412031/IASS_Fact_Sheet_2015_2_de.pdf)

---

Bruzek, Ch. E., et al. (2017). „Cable Conductor Design for the High-Power MgB<sub>2</sub> DC Superconducting Cable Project of BEST PATHS“, DOI: 10.1109/TASC.2016.2641338, IEEE Transactions on Applied Superconductivity (Volume: 27 , Issue: 4 , June 2017 ), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7786876>

8 Arnold, H., Markt&Technik (2018). „Supraleiterkabel für das Übertragungsnetz“, <https://www.elektroniknet.de/markt-technik/power/supraleiterkabel-fuer-das-uebertragungsnetz-155118.html>

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2018). „Supraleiterkabel für das Übertragungsnetz der Zukunft“, [https://www.kopernikus-projekte.de/aktuelles?news=Supraleiterkabel\\_fuer\\_das\\_Uebertragungsnetz\\_der\\_Zukunft](https://www.kopernikus-projekte.de/aktuelles?news=Supraleiterkabel_fuer_das_Uebertragungsnetz_der_Zukunft) vom 2.7.2018

ea.R (2017). „AmpaCity - Supraleiter Kabelzug in Essen“, [https://www.youtube.com/watch?v=DkI\\_KDB2jN4](https://www.youtube.com/watch?v=DkI_KDB2jN4)

Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS) Potsdam (2015). „Stromtransport der Zukunft – Supraleitung“, <https://www.iass-potsdam.de/de/ergebnisse/dossiers/supraleitung>

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2016). Presseinformation „Supraleiter-Projekt erhält Deutschen Innovationspreis für Klima und Umwelt“, vom 21.1.2016, [https://www.kit.edu/downloads/Forschen/KIT\\_PI\\_2016\\_008\\_Supraleiter-Projekt%20erhaelt%20Deutschen%20Innovationspreis%20fuer%20Klima%20und%20Umwelt.pdf](https://www.kit.edu/downloads/Forschen/KIT_PI_2016_008_Supraleiter-Projekt%20erhaelt%20Deutschen%20Innovationspreis%20fuer%20Klima%20und%20Umwelt.pdf)

Karlsruher Institut für Technologie (KIT) (2018). „Supraleiterkabel für das Übertragungsnetz der Zukunft“, [https://www.kopernikus-projekte.de/aktuelles?news=Supraleiterkabel\\_fuer\\_das\\_Uebertragungsnetz\\_der\\_Zukunft](https://www.kopernikus-projekte.de/aktuelles?news=Supraleiterkabel_fuer_das_Uebertragungsnetz_der_Zukunft) vom 2.7.2018

Noe, M. Karlsruher Institut für Technologie Institut für Technische Physik KIT (2017). „Stand der Supraleitermaterial- und Anwendungsentwicklung in Deutschland“, [https://elenia.tu-bs.de/fileadmin/content/sls/9sls/02\\_Noe.pdf](https://elenia.tu-bs.de/fileadmin/content/sls/9sls/02_Noe.pdf)

Office of Electricity Delivery and Energy Reliability (2008). Project Factsheet „Long Island HTS Power Cable“, [https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/LIPA\\_5\\_16\\_08.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/oeprod/DocumentsandMedia/LIPA_5_16_08.pdf)

RWE (2013). „AmpaCity - technologische Weltpremiere in Essen“, <https://www.youtube.com/watch?v=XWij2B07Fnc&feature=youtu.be>

Schmidt, Fr., et al. (2012). „Operation Experience and further Development of a High-Temperature Superconducting Power Cable in the Long Island Power Authority Grid“, [https://www.researchgate.net/publication/271562593\\_Operation\\_Experience\\_and\\_further\\_Development\\_of\\_a\\_High-Temperature\\_Superconducting\\_Power\\_Cable\\_in\\_the\\_Long\\_Island\\_Power\\_Authority\\_Grid](https://www.researchgate.net/publication/271562593_Operation_Experience_and_further_Development_of_a_High-Temperature_Superconducting_Power_Cable_in_the_Long_Island_Power_Authority_Grid) in Physics Procedia 36:1137-1144 December 2012

Welt der Physik, Schneider, C. (2014). „Supraleitung für lange Strecken“, <https://www.weltderphysik.de/gebiet/technik/news/2014/supraleitung-fuer-lange-strecken/>