

CONSENTEC VERÖFFENTLICHT STUDIE ZUR VERBESSERUNG DES EU-STROMNETZES

Consentec, eine deutsche Beratungsgruppe mit Schwerpunkt auf technischen und wirtschaftlichen Problemen in der Strom- und Gasversorgung, hat eine Studie über die **Integration innovativer Technologien in das europäische Netz** veröffentlicht, in der die **Supraleitung eine wichtige Rolle** einnimmt.

Die Studie mit dem Titel "**The Benefits of Innovative Grid Technologien**", wurde von **currENT Europe** in Auftrag gegeben, einem Industrieverband, der innovative Netztechnologieunternehmen vertritt, um das technische und das wirtschaftliche Potenzial von Technologien, die Netzengpässe und die damit verbundenen Kosten in den europäischen Übertragungsnetzen zu untersuchen. Zu den Mitgliedsunternehmen von CurrENT gehören Organisationen, die sich intensiv mit supraleitender Technologie beschäftigen, wie z.B. **AMSC**, **SuperNode**, und **Vision Electric Superconductors**.

Die Studie befasst sich mit Möglichkeiten zur Verbesserung des europäischen Netzes in Anbetracht des Ziels der EU, netto null Kohlenstoff Emissionen zu erreichen und das spezifische Ziel einer **55 %-igen Verringerung der CO₂ Emissionen bis 2030**. Wichtige Faktoren, die in dem Bericht berücksichtigt werden, sind die **zunehmende Elektrifizierung** und die Herausforderungen bei der Erreichung eines Anteils von **mehr als 40 % an erneuerbaren Energien** im europäischen Stromnetz zu erreichen. Die der Studie umfasst die Region **Zentral- und Westeuropa**, bestehend aus Frankreich, Belgien, die Niederlande, Deutschland, Luxemburg und Österreich sowie Westdänemark, dass die Studie als das Gebiet betrachtet, das den größten Teil der relevanten Netz Überlastungen in der Kernregion der EU abdeckt.

Supraleitende Kabel eine der drei Schlüsseltechnologien zur Verbesserung des Netzes

Der Ausbau der Netzkapazität ist, wegen des öffentlichen Widerstandes gegen den Bau von neuen Stromleitungen, seit einiger Zeit hinter die Installation erneuerbarer Energien zurückgefallen. Obwohl der **Netzausbau erforderlich** ist, kann **auch die Entlastung der bereits bestehenden Infrastruktur einen wichtigen Beitrag zur Energiewende** leisten.

Obwohl die meisten Netzausbauprojekte weiterhin auf traditionelle Technologien setzen, wie die Installation neuer und größerer Leitungen, wird das Potenzial von bewährten Smart Grid Technologien zur Optimierung des Betriebs von Übertragungssystemen weithin wahrgenommen.

In der Studie wird behauptet, dass **die Kombination aus**

- dynamischer Leitungsbemessung (dynamic line rating),
- modular statischen synchronen Serien Kompensatoren (modular static synchronous series compensators, M-SSSC), und
- supraleitenden Gleichstromkabeln (superconducting DC cables)

die **Kosten für Engpässe und Redispatch** um **mehr als 90 %** reduziert und die **überlastungsbedingte Einspeisekürzungen** für erneuerbare Energien um **3 TWh im Jahr 2030** senkt. Engpässe entstehen, wenn ein Teil oder ein Leitungsabschnitt des Übertragungsnetzes mit elektrischer Energie überlastet wird, was zu Kurzschlüssen, verminderter Systemintegrität und möglichen Leitungseinbrüchen führen kann. Etwa **2,8 %** des für das deutsche Netz erzeugten erneuerbaren Stroms wurde 2019 aufgrund **von Netzengpässen gedrosselt**, was zur Zahlung von **€ 791,5 Millionen an Ausgleichskosten an die Erzeuger** erneuerbarer Energien führte.

Redispatch-Kosten entstehen, wenn die Nachfrage und das Stromangebot in einer bestimmten Region nicht übereinstimmen und die Stromerzeugung gedrosselt werden muss, oder Strom in einen anderen Bereich des Netzes umgeleitet werden muss. Im Jahr 2019 betragen die **Redispatch-Kosten allein für das deutsche Stromnetz € 291,9 Millionen**.

Während jede der drei analysierten Haupttechnologien einzeln zur Optimierung des Stromnetzes beitragen würde, kommt die Studie zu dem Schluss, dass der **kombinierte Einsatz** zusätzliche **komplementäre Vorteile hervorbringt**, wenn **alle drei Technologien gemeinsam** eingesetzt werden.

Die Studie geht von Redispatch-Kosten von € 550 Millionen jährlich aus.

Die Studie geht aus von einem Basisszenario mit einem **Redispatch-Volumen von 5,3 TWh** in jeder Richtung, d.h. sowohl Aufwärts- und Abwärtsregulierung, von denen 3,4 TWh auf die Abwärtsregulierung mit der Drosselung von erneuerbaren Energiequellen (RES) entfallen. Die damit verbundenen Redispatch Kosten belaufen sich auf **€ 550 Millionen** pro Jahr.

Laut der Studie ist eine breite Anwendung der **sensordynamischen Netzbewertung** und der **M-SSSC-Technologie zur Lastflusssteuerung** das Volumen des Redispatch und der Kosten im Vergleich zum Referenzszenario um jeweils etwa **40 bis 50%** reduzieren. Darüber hinaus können etwa **zusätzliche 1,5 TWh** an EE-Erzeugung in das System in das System integriert werden und **müssten nicht abgeregelt** werden.

Die Studie ergab, dass ein **supraleitendes Kabelsystem** mit einer Gesamtkapazität von 2x 4,5 GW **ohne zusätzliche Kosten im Vergleich zu einem konventionellen HGÜ-System** installiert werden könnte. Die Verwendung eines Supraleiterkabels führte zu einer **50 %-igen Reduzierung des Redispatch-Volumens, Kosteneinsparungen von etwa 60 %** und einer jährlichen Kürzung der EE-Abregelung von **1,6 TWh**.

Kombination von Technologien reduziert RES Kürzung auf 0,4 TWh

Bei der **Kombination aller drei Technologien** schrumpft das **Redispatch-Volumen auf weniger als 1 TWh** nach oben und nach unten, wobei die damit verbundenen jährlichen Kosten auf **€ 50 Mio.** sinken, was einer Verringerung von etwa **90 %** im Vergleich zum Referenzszenario entspricht. In diesem Szenario beträgt die **Kürzung der erneuerbaren Energien** nur **0,4 TWh**.

Zusätzlich zu den **prognostizierten Einsparungen** bei den Engpass-Kosten, die auf den Modellen der Studie basieren, könnte die Anwendung der beschriebenen Technologien **weitere Vorteile** bringen, unter anderem durch **höhere Flexibilität beim Betrieb des Stromnetzes**. **Supraleitende Kabel** könnten nicht nur die **Verluste bei der Stromübertragung über große Entfernungen verringern**, sondern sie **vermeiden auch Landnutzungskonflikte** aufgrund des deutlich geringeren Bedarfs an Wegerechten und der Möglichkeit, landwirtschaftlichen Boden oberhalb der Kabelgräben zu nutzen.

Stickstoff-Kühlsysteme werden nicht als großes Hindernis gesehen

Die Studie stellt fest, dass **Drähte aus supraleitenden Materialien** weit mehr als das **150-fache der Strommenge** von Kupfer- oder Aluminiumdrähten derselben Dimensionen leiten können. Das bedeutet, dass Supraleiter immer mehr Strom über ein einziges Kabel übertragen, während herkömmliche Kabel begrenzt sind und eine größere Anzahl von Kabeln erfordern. Dieser **Vorteil bei der Leistungsdichte treibt die Wirtschaftlichkeit** des Systems und kann ein Grund sein, warum unterirdische **Supraleiterkabel Kostenparität mit konventionellen Kabeln über lange Distanzen** erreichen.

Demzufolge können **supraleitende Kabel** mit einer **niedrigeren Spannung als herkömmliche HGÜ-Kabel** arbeiten und gleichzeitig **hohe Leistungskapazitäten aufrechterhalten**. Darüber setzen Supraleiter bei der Übertragung von Gleichstrom dem Stromfluss nahezu keinen Widerstand entgegen, was die **Kosten der Stromübertragung weiter reduziert**.

Der Studie zufolge gibt es keine größeren Probleme mit dem Bedarf an kryogener Kühlung von supraleitenden DC-Stromkabeln. Die Kabel werden mit **konventionellen Flüssigstickstoff-Kältesystemen** gekühlt, die in einer Reihe von Industrien **weit verbreitet** sind. Für die Kühlung ist zwar ein gewisser Stromverbrauch erforderlich, was den Gesamtwirkungsgrad des Systems senkt, aber die Hersteller behaupten, dass **supraleitende Stromkabelsysteme** immer noch einen **viel höheren Gesamtwirkungsgrad** haben **als jedes andere Langstrecken-Übertragungssystem**.

Die Abwesenheit von EMF ermöglicht eine flexiblere Platzierung von supraleitenden Kabeln

Die Studie weist darauf hin, dass supraleitende Kabel kompakt und leicht sind und **keine Wärme oder elektromagnetische Felder (EMF) abgeben**, so dass sie einfach verlegt werden können, sogar in der Nähe anderer unterirdischer Infrastruktur Leitungen. Das Fehlen von EMF ermöglicht kleinere Abstände zwischen den Kabeln eines supraleitenden Kabelsystems und führt zu einer **deutlich geringeren Grabenbreite** des Systems.

Die in sich **geschlossene Kühlung**, inhärent für Supraleiterkabel, beseitigt die mit konventioneller Kabeltechnik hinsichtlich der Grabentiefe verbundenen Bedenken, d.h. dass das **Erdreich über Supraleiterkabeln nicht aufgeheizt wird**, während konventionelle Kabel an das umgebende Erdreich Wärme abgeben und den Boden dabei austrocknen. Daher kann bei Supraleiterkabeln der **Boden weiterhin** für die für die **Landwirtschaft und andere Zwecke genutzt** werden.

Supraleitende Kabel ermöglichen auch die **Vorteile** der netzstabilisierenden Voltage-Source-Converter Stromrichtertechnologie (**VSC**) **zu kombinieren** mit **Übertragungskapazitäten**, die durch die derzeitige konventionelle netzgekoppelte Umrichter Technologie (LCC) verfügbar werden. Die VSC-Technologie bietet **mehr Kontrolle und Flexibilität** und ermöglicht auf einfachere Weise den Anschluss von Gleichstromleitungen an mehrere Erzeugungsquellen und an mehrere Gebiete mit Strombedarf.

Herkömmliche HGÜ-Kabel sind in ihrer **Strombelastbarkeit begrenzt**, so dass zur Erhöhung der Übertragungskapazität hohe Betriebsspannungen erforderlich sind. Mit der **525-kV-Technologie**, die für Gleichstromkabelsysteme mit VSC-Umrichtern zur Verfügung steht, ist die **Übertragungskapazität pro System auf 2 GW begrenzt**. Mit **Supraleitern sind Strombelastungsgrenzen praktisch irrelevant**.

Supraleitende Kabel reduzieren den elektrischen Verlust für Fernübertragung um 0,5%

Selbst bei niedrigen **Betriebsspannungen von etwa 100 kV** können die **Übertragungskapazitäten höher sein** als bei **konventionellen HGÜ-Kabelsystemen**. Hinzu kommt, dass bei konventionellen Kabeln die Übertragung von hohen Strömen über lange Strecken durch Aluminium- oder Kupferleiter zu erheblichen Widerstandsverlusten führen würde. **Supraleiter könnten diese Grenzen überwinden**, da sie die Möglichkeit bieten, sehr **hohe Leistungen ohne elektrische Verluste** zu übertragen.

Die einzigen Verluste in einem supraleitenden System sind mit den Umwandlungsverlusten der AC/DC-Terminals, die auch in einem herkömmlichen Kupferkabelsystem auftreten, und den Verlusten des Kühlsystems verbunden. Die gesamten Systemverluste für den Transport von **5.000 MW** betragen rund **0,8 %** bei einer Entfernung von **500 km** (310 Meilen). Dies ist **etwa 0,5 % weniger** als bei anderen Punkt-zu-Punkt Verbindungen mit **konventionellen Übertragungstechnologien**.

Die **Fähigkeit zur Skalierung der Stromübertragungskapazität** könnte **supraleitende Gleichstrom-Kabelsystemen** ermöglichen, künftige Steigerungen und Veränderungen des Stromflusses **zu geringen Kosten anzupassen**. Dies könnte besonders wichtig sein für das europäische Übertragungsnetz sein, wo sich die derzeitige Netzplanung mit dem Übertragungsbedarf bis zum Jahr 2030 oder 2035 beschäftigt, aber es auch offensichtlich ist, dass noch mehr passieren muss.

Supraleitende Kabel bieten niedrigere Installationskosten

Supraleitende Kabel könnten eine Alternative zum Bau zusätzlicher Kabelsysteme darstellen, indem sie, während der Lebensdauer einer Gleichstromverbindung, eine **einfache Kapazitätserweiterung** durch die **Installation zusätzlicher Umrichter** erlauben und einen **deutlich geringeren Bedarf an Wegerechten** haben als der Bau mehrerer paralleler konventioneller Kabelsysteme. Beim Vergleich der **Gesamtkosten** für die Installation eines Kabelsystems ergab die Studie, dass **DC Gleichstrom-Supraleiterkabelsysteme weniger kostspielig** sind als die **vergleichbaren HGÜ-Kabelsysteme**. Die Kostenreduzierungen sind möglich aufgrund der **niedrigeren Kosten für die Kabelsysteme**, etwa **€ 1,0 Millionen pro Kilometer**, während die Kosten für die Konverter pro MW installierter Leistung ähnlich hoch bleiben, nämlich bei etwa € 250,000 pro MW.