

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 95 (2004)

Heft: 15

Artikel: Geregelter Energietransfer optimiert Netznutzung

Autor: Wohlgenannt, Martin

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-857961>

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: 22.02.2026

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

Geregelter Energietransfer optimiert Netznutzung

Mittelspannungs-Kurzkupplung zwischen Ulm und Neu-Ulm

Seit Oktober 2003 verbindet eine Mittelspannungs-Kurzkupplung die Versorgungsnetze der deutschen Doppelstadt Ulm/Neu-Ulm. Damit ersparen sich die Stadtwerke Ulm als Energieverteiler erhebliche Summen beim Zukauf teurerer Regelenergie. Mit dem Austausch von Energiereserven der beiden Netze lässt sich auch die Netznutzung optimieren. Der vorliegende Beitrag beschreibt, wie die unterschiedlichen Teilnetze verbunden wurden, ohne deren Kurzschlussleistung zu beeinflussen und ohne eine übergeordnete Hochspannungseinspeisung realisieren zu müssen.

Ulm und Neu-Ulm bilden eine Doppelstadt mit rund 165 000 Einwohnern, wobei die Stadtgrenze zugleich Landesgrenze zwischen Baden-Württemberg und Bayern ist. Die Tochtergesellschaft der Stadtwerke Ulm/Neu-Ulm GmbH, die SWU Energie, versorgt in der Dop-

Martin Wohlgenannt

pelstadt mit umliegenden Gemeinden über 200 000 Kunden mit elektrischem Strom, den sie teilweise aus beiden Bundesländern und teilweise aus sieben eigenen Kraftwerken bezieht. Die Bundesländergrenzen-übergreifende Agglomeration ist auch ein beachtlicher Industriestandort mit hohen Ansprüchen an die Qualität der Energieversorgung. Eine herkömmliche, grenzüberschreitende Verbindung mit Transformatoren würde nicht kontrollierbare Ausgleichsströme zwischen den beiden Netzen verursachen (Bild 1). Mängel an der Spannungsqualität wie Oberwellen und Spannungsschwankungen hätten unübersehbare negative Auswirkungen auf die empfindlichen automatisierten Produktionsprozesse in der Industrie. Bisher war es aus diesem Grund erforderlich, für den Energieaustausch übergeordnete Hochspan-

nungseinspeisungen in Anspruch zu nehmen. Bei erhöhtem Bedarf im Versorgungsgebiet musste dazu teuere Regelenergie zugekauft werden, wobei die von einer Seite überschüssig bezogene Energie auf der anderen Seite des Versorgungsnetzes nicht genutzt werden konnte.

Um die unterschiedlichen Teilnetze zu verbinden, ohne deren Kurzschlussleistung zu beeinflussen, wurde die Mittelspannungs-Kurzkupplung «Sip-link» (Siemens Multifunctional Power-link) eingesetzt, mit welcher der Nutzen beider Versorgungsnetze erhöht wurde. Außerdem gestattet es diese Lösung der Betreiberin, deren dezentrale Energieerzeuger vollwertig in das Versorgungsnetz integrieren zu können.

Mittelspannungs-Kurzkupplung löst das Problem

Die Spannung der einspeisenden Seite wird in der Mittelspannungs-Kurzkupplung zunächst gleichgerichtet und dann wieder in eine Wechselspannung umgewandelt, welche präzise die Eigenschaften des Empfängernetzes hat (Bild 2). Sie gelangt dabei zunächst über einen Transformator und über Filtereinheiten zum IGBT¹⁾-Schaltmodul. Hier findet mit

einer Schaltfrequenz von 3 kHz eine Pulsweitenmodulation statt. Nach dem anschliessenden Gleichspannungs-Zwischenkreis mit Kondensatoren wird die Spannung im Ausgangs-IGBT-Schaltmodul wieder in Wechselspannung umgewandelt und über Filtereinheiten und einen Transformator in das andere Netz eingespeist. Beide IGBT-Schaltmodule erlauben bidirektionalen Energiefluss. Die Filtereinheiten minimieren eventuelle Netzrückwirkungen. Die Transformatoren sorgen für galvanische Trennung beider Netze. Ihr modulares Design erlaubt bezüglich Phasenwinkel, Sternpunktbehandlung und Spannungsebenen (z.B. 10 kV oder 20 kV) die kosteneffiziente Anpassung an die konkreten Anforderungen der verschiedenen Netze.

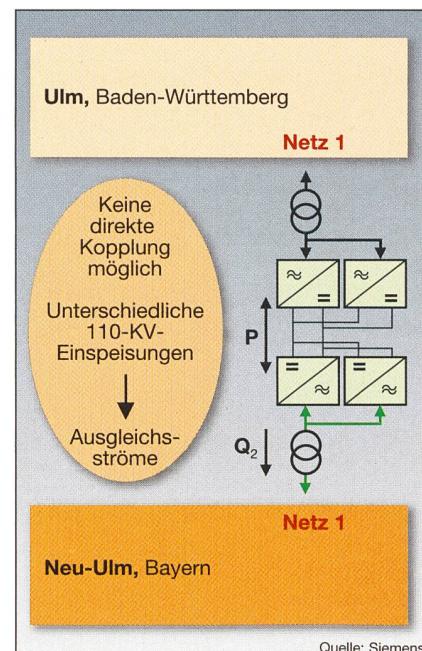


Bild 1 Funktionsprinzip der Mittelspannungs-Kurzkupplung zwischen Ulm und Neu-Ulm

Die Mittelspannungs-Kurzkupplung zwischen dem baden-württembergischen Ulm und dem bayrischen Neu-Ulm verbindet unterschiedliche Teilnetze, ohne deren Kurzschlussleistung zu beeinflussen. Ulm (Baden-Württemberg) liegt im 110-kV-Netz der Energie Baden-Württemberg AG (EnBW), der Stadtteil Neu-Ulm im 110-kV-Netz der Lech-Elektrizitätswerke (LEW). Während die EnBW zur Hauptsache Wohngebiete versorgt, liefert die LEW ihre Energie im Wesentlichen in Industriegebiete.

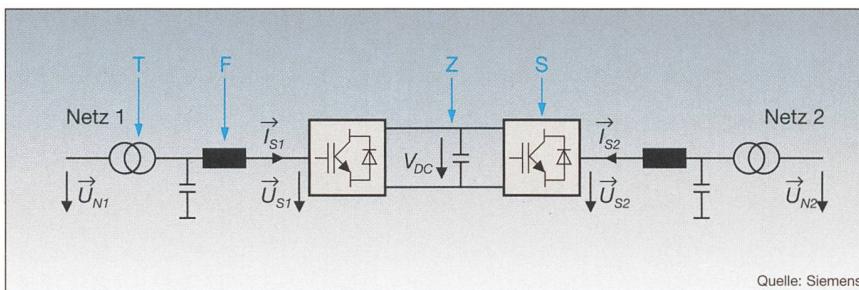


Bild 2 Funktionsprinzip der Mittelspannungs-Kurzkupplung zwischen Ulm und Neu-Ulm

Die Wechselspannung gelangt über einen Transformator und Filter zum IGBT-Schaltmodul und über den anschliessenden Gleichspannungs-Zwischenkreis mit Kondensatoren in den Ausgangs-IGBT, wo wieder Wechselspannung erzeugt wird.

F: LC(L)-Filtereinheit zur Reduktion der Netzrückwirkungen; S: IGBT-Schaltmodul: ermöglicht bidirektionalen Energiefluss und die Erzeugung einer hoch dynamischen Blindleistung; T: Transformatoreinheit in kosteneffizientem modularem Design, welche als EMV-Schutz dient und eine einfache Anpassung an verschiedene Netzformen (Spannung, Phasenwinkel, Sternpunktbehandlung) erlaubt; Z: Im DC-Zwischenkreis sind Kondensatoren zur Stützung des Spannungs-Zwischenkreises eingebaut. Dieser verlangt vor dem Einschalten der Anlage zuerst eine Vorladung auf ein bestimmtes Spannungsniveau.

Aus diesem Grund ist es möglich, dass der Siplink-Kern auch bei unterschiedlichen Kurzkupplungen nahezu immer gleich ausgeführt ist. Je ein Leistungsschalter zwischen den beiden Netzen und der Kurzkupplung erfüllen Schutzaufgaben und dienen dem Zu- und Abschalten. Passive Schaltfrequenzfilter und Transformatoren sorgen für elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Aufbau und Wirkungsweise des Siplink

Basis der Mittelspannungs-Kurzkupplung sind Standard-Stromrichterantriebe aus der Serie Simovert Masterdrives, die weltweit in rund einer halben Million Anlagen für die Drehzahlregelung von Drehstrommotoren im Einsatz sind. Allerdings musste die Regelungssoftware an die Aufgaben der Mittelspannungs-Kurzkupplung angepasst werden. Siplink regelt den Energiefluss zwischen den Verteilnetzen. Im Besonderen kann es zusätzlich noch Blindleistung im jeweiligen Verteilnetz erzeugen und damit andere Lasten kompensieren. Da durch den Gleichspannungs-Zwischenkreis eine vollständige Entkopplung stattfindet, können die Spannungen gekoppelter Verteilnetze dabei auch unterschiedliche Frequenzen, Spannungsspitzen oder Phasenlagen haben. Die beiden Einspeise-Rückspese-Einheiten, die den Vierquadrantenbetrieb ermöglichen, sind über den Gleichspannungs-Zwischenkreis verbunden. Auch Bauteile wie Transformatoren, Schaltanlage und Aufbau der Steuerung wurden den konkreten Einsatzanforderungen angepasst.

Da Siplink im Gegensatz zu klassischen HGÜ⁽²⁾-Anlagen mit IGBTs statt

mit Thyristoren arbeitet, wird keine Steuerblindleistung verbraucht, und es treten keine Netzrückwirkungen durch Oberwellen auf. Die Schaltfrequenz von 3 kHz ermöglicht nahezu beliebige Spannungsformen und einen hochdynamischen Stromaufbau. IGBTs zeigen ein besonders gutes Durchlassverhalten und lassen sich nahezu leistunglos ansteuern. Die selbst geführten Stromrichter benötigen keine fremde Spannungsquelle für das Kommutieren des Stromes – dem Stromübergang von einem Schaltungszweig zum anderen –, weisen eine hohe Sperrspannung auf und können hohe Ströme schalten.

In jeder Einspeise-Rückspese-Einheit arbeiten sechs IGBT-Leistungshalbleiter mit jeweils gegenüberparallel geschalteter Diode als sechspulsige Stromrichterschaltung. Beim Pulsstromrichten wird der netzseitige Anschlusspunkt durch Ein- und Ausschalten der IGBTs einer Phase an einen der beiden Anschlusspunkte des Zwischenkreiskondensators gelegt. Die Pulswidtemodulation lässt sich an einem Schaltermodell näher erklären: Die resultierende Spannung ist entweder ein- oder ausgeschaltet, also rechteckförmig. Im Zusammenspiel der Zeiten, in denen die Netzseite am positiven oder negativen Potenzial des Gleichspannungskreises anliegt, verändert sich die Referenzspannung sprunghaft im Intervall der Pulsfrequenz. Hohe Frequenzen ergeben entsprechend viele Spannungsspitzen mit sehr kleinen Stufenunterschieden. Je nach Ansteuerung der IGBTs können hier verschiedenste Spannungsformen erzeugt werden. Stellt man sich den Hergang im Zeigerdiagramm vor, so erstellt der Stromrichter am Verknüpfungspunkt einen Span-

nungsvektor, der über das resultierende Spannungsdreieck zur vorhandenen Netzspannung den geforderten Strom fließen lässt (Bild 3). Durch Aufbau eines Phasenwinkels zur zugehörigen Netzspannung wird der Wirkleistungsfloss generiert.

Keine Übertragung von Spannungsverzerrungen

Der schnelle Eigenschutz der IGBT-Einheiten sorgt dafür, dass sich Siplink im Fehlerfall ausschaltet. Die auf jeder Seite unabhängigen Regelungen der IGBTs ziehen außerdem nur die Netzdaten am jeweiligen Anknüpfungspunkt heran, daher werden auch keine Verzerrungen der Netzspannungen vom einen Netz auf das andere übertragen. Bedingt durch die vollständige Entkopplung über den Gleichspannungs-Zwischenkreis werden keine Verzerrungen von einem Netz auf das andere übertragen. Der Austausch von Energiereserven zwischen den beiden Netzbereichen wird über eine Sollwertvorgabe mit positiven oder negativen Vorzeichen definiert, deren Höhe sich an den aktuellen Netzanforderungen ausrichtet. Zusätzlich wurde noch eine per Knopfdruck aktivierbare Blindleistungsabgabe auf der Netzseite Neu-Ulm freigeschaltet und parametriert, um eine Spannungsstabilisierung innerhalb definierter Minimum- und Maximumwerte zu unterstützen (Bild 1).

Die per Profibus DP mit der speicherprogrammierbaren Steuerung Simatic S7 und der Schaltzentrale vernetzte Stromrichteranlage ist im SWU-Donaukraftwerk Böfinger Halde installiert. Hier befindet sich auch die Doppelsammelschiene, in der die 10-kV-Netze von Ulm

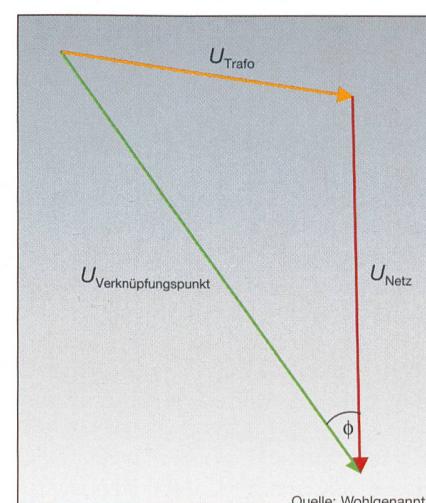


Bild 3 Spannungsdreieck
φ: Phasenwinkel

und Neu-Ulm zusammengeführt werden. Zwischen den Netzen müssen 2 MW übertragen werden können. Dazu sind die Netze über Transformatoren an die Stromrichteranlage angekoppelt.

Die 2 m hohe Stromrichtereinheit hat eine Breite von 4,8 m und eine Tiefe von 1,6 m (Bild 4). Sie wird im Normalfall vom PC-Platz in der Schaltzentrale aus bedient und verfügt über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle nach IEC 60447, welche in eine Prozess-, eine Anlagen- und eine Bedienebene unterteilt ist. Für eine Vor-Ort-Bedienung, für die Inbetriebnahme oder für Servicezwecke ist zusätzlich auch ein Beobachtungsdisplay mit Bedienpanel direkt an der Anlage installiert, über welche der gewünschte Sollwert eingegeben werden kann.

Bewährte Technik für weltweite Einsätze

Die SWU Energie rechnet damit, dass die Investitionssumme von 600 000 Euro je nach Entwicklung der Regelenergielpreise in weniger als vier Jahren amortisiert ist. Die in nur sechs Monate ab der Bestellung erstellte Anlage bewährt sich bereits seit November 2003 im täglichen Praxisbetrieb.

Die Kopplung von Netzen über eine Mittelspannungs-Kurzkupplung spart Investitions- und Betriebskosten, denn bei steigendem Stromverbrauch besteht mit ihr die Möglichkeit, einen teuren Netzausbau zu vermeiden oder zumindest zu verschieben. Außerdem erhöht sie die Versorgungssicherheit, weil bei Ausfall einer Einspeisung das über die Kurzkupplung angeschlossene Netz einspring-



Bild 4 Ansicht der Stromrichtereinheit

gen kann. Ähnliches gilt für Inselnetze. Neben dem gekoppelten Betrieb der Energieverteilung und im Industriebereich ermöglichen Mittelspannungs-Kurzkupplungen mit ihrer IGBT-Technik auch die Kupplung von Netzen mit unter-

schiedlichen Frequenzen, wie sie teilweise in lateinamerikanischen und arabischen Ländern nach wie vor nebeneinander existieren.

Angaben zum Autor

Martin Wohlgemann ist Technischer Fachredakteur BR. Er gewann seine technischen Erfahrungen vor allem bei der Konstruktion und Projektleitung in der Verfahrenstechnik. Dieses Portfolio setzte er auch im Marketing ein, u. a. in der Befestigungs-, Fluid-, Förder- und Kältetechnik. Während mehr als elf Jahren setzte er sein technisches Wissen bei einer bekannten schweizerischen polytechnischen Fachzeitschrift ein, die letzten Jahre davon als Chefredakteur. Seit 1998 ist er in Dornbirn, Österreich, als technischer Fachjournalist selbstständig.

Martin Wohlgemann, Pfarrer-Moosbrugger-Strasse 8, A-6850 Dornbirn, martin.wohlgemann@aon.at

¹ IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor

² HGÜ: Hochspannungsgleichstrom-Übertragung

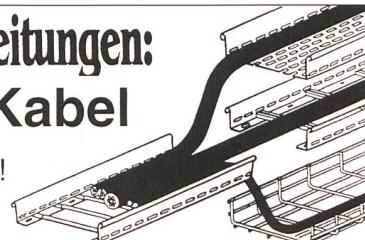
Un transfert régulé optimise l'utilisation du réseau

Couplage moyenne tension serré entre Ulm et Neu-Ulm

Depuis octobre 2003, un couplage MT serré relie les réseaux de la double ville allemande Ulm/Neu-Ulm. Cela permet au fournisseur distributeur d'énergie électrique d'économiser des sommes considérables dans l'achat d'énergie de réglage toujours coûteuse. L'échange de réserves d'énergie entre les deux réseaux permet également d'en optimiser l'exploitation. L'article décrit la manière dont les réseaux partiels différents ont été interconnectés sans influencer leur puissance de court-circuit et sans qu'il soit nécessaire de réaliser une alimentation supérieure à haute tension.

Statt Gitterbahnen und Kabelpritschen und Kabelbahnen und Steigleitungen: Lanz Multibahn – eine Bahn für alle Kabel

- Lanz Multibahnen vereinfachen Planung, Ausmass und Abrechnung!
- Sie verringern den Dispositions-, Lager- und Montageaufwand!
- Sie schaffen Kundennutzen: Beste Kabelbelüftung.
- Jederzeitige Umnutzung. Kostengünstig. CE- und SN SEV 1000/3-konform.



Verlangen Sie Beratung, Offerte und preisgünstige Lieferung vom Elektro-Grossisten und



lanz oensingen ag
CH-4702 Oensingen • Tel. ++41 062/388 21 21

KT 01

unilan® Multimedia Office

**Das wirtschaftliche
Multimedia-System für den
Einsatz in Büro- und Industrieumgebung**

Informationen zur Zuführung und
Aufbereitung der CATV-Signale
erhalten Sie von unserem Partner
HIRSCHMANN
Multimedia Electronics GmbH
Tel: +43 (0) 5522 307-406



Dätwyler

Kabel + Systeme

Argumente, die überzeugen

- Einfache Planung, Installation und Inbetriebnahme durch Plug-and-play-System
- Einmal installiert, lässt sich das Fernsehsignal beliebig an jeden Arbeitsplatz verteilen
- Multimedia-Applikationen sind beliebig erweiterbar
- Das erste auf EMV geprüfte Multimediasystem bietet Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit
- Umfassende System- und Beratungskompetenz von Dätwyler

Dätwyler AG

Gotthardstrasse 31, 6460 Altdorf, Telefon 041/875 1268,
Fax 041/875 1986, E-mail: cable.swiss@daetwyler.ch, www.daetwyler.net

Interesse geweckt? Wir stehen Ihnen als kompetenter Partner zur Verfügung!



CRÉATEUR D'AUTOMOBILES

RENAULT

Damit Ihr Fahrer nicht ins Schwitzen kommt:

**Jetzt alle Nutzfahrzeuge
mit Gratis-Klimaanlage.**

Verschaffen Sie Ihrem Fahrer diesen Sommer einen coolen Arbeitsplatz. Denn jetzt gibt es bei allen Renault Nutzfahrzeugen die Klimaanlage gratis.* Damit sparen Sie beim Master Fr. 2 421.-, beim Trafic Fr. 1 630.- und beim Kangoo Express Fr. 1 300.- ein. Oder Sie wählen die speziell attraktiven Leasingkonditionen von 3,9%.* Profitieren Sie jetzt, so oder so. Mehr Infos unter Gratis-Nummer 0800 80 80 77 oder www.renault.ch



* Angebote gültig bis 31.08.04, betrifft nur Klimaanlage vorne.
Leasing: Verträge zwischen 12 und 48 Monaten, 3,97% effektiver Jahreszins, 10% Kautions (max. Fr. 3 000.-), Vollkasko nicht inbegriffen. Eine Kreditvergabe ist verboten, falls sie zur Überschuldung des Konsumentin oder des Konsumenten führt.