Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 105 (2014)
Heft: 6

Artikel: Die Hochtemperatur-Supraleitung wird einsatzfähig
Autor: Novotny, Radomir
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856254

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: 08.07.2025

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

Die Hochtemperatur-Supraleitung wird einsatzfähig

Interview mit Nobelpreisträger Johannes Georg Bednorz

Die Entdeckung der Hochtemperatur-Supraleitung vor knapp 30 Jahren durch J. Georg Bednorz und Alex Müller am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon war eine Sensation. Seither ist es zwar um die Supraleitung ruhiger geworden, aber die Arbeit ging weiter, um die neuen Materialien industriell nutzbar zu machen. Einige Pilotprojekte lassen hoffen, dass die Supraleiter die Stromerzeugung und -übertragung bald energieeffizienter und platzsparender machen. Im Gespräch gibt J. Georg Bednorz Einblicke in die Welt der leitenden Keramiken.

Radomir Novotny

Bulletin SEV/VSE: 1986 haben Sie mit Karl Alexander Müller die Hochtemperatur-Supraleitung entdeckt und bereits ein Jahr später den Nobelpreis dafür erhalten. War es für Sie eine Überraschung, dass es so schnell ging?

Georg Bednorz: Ja, die spontane weltweite Euphorie in der Forschungsgemeinschaft und die hohe wissenschaftliche Anerkennung waren für uns beide eine grosse Überraschung. Nachdem wir unsere Ergebnisse zur Publikation eingereicht hatten, rechneten wir mit einer deutlichen Skepsis. Dies hat sich teilweise anfangs auch bewahrheitet, aber die Arbeit wurde relativ schnell akzeptiert, als andere Forschergruppen die Ergebnisse reproduzieren konnten. Es hat uns dann aber noch mehr überrascht, als, nachdem wir quasi das Rezept geliefert hatten, neue Oxidverbindungen mit kritischen Temperaturen oberhalb des Siedepunkts von flüssigem Stickstoff entdeckt wurden.

Wie sind Sie auf die Idee gekommen, Oxide, also mehrheitlich nichtleitende Materialien, für die Supraleitung in Betracht zu ziehen?

Das ist eine lange Geschichte, die auf unsere Tradition im Bereich Materialien mit Perowskit-Struktur zurückgeht. Wenn man bei Isolatoren dieser Substanzklasse chemische Veränderungen vornimmt, kann daraus bei tiefen Temperaturen ein elektrischer Leiter oder sogar ein Supraleiter werden. Der Stein der Weisen, mit dem wir beschäftigt waren, war das Strontiumtitanat. An ihm wurden strukturelle Phasenumwandlungen und ferroelektrische Zustände bei tiefen Temperaturen untersucht. Eines Tages rief mich Heinrich Rohrer an der ETH an, wo ich gerade an meiner Doktorarbeit über Perowskite arbeitete: «Wir haben hier einen neuen Mitarbeiter, der sich für Strontiumtitanat interessiert und fragt, ob man das mit Niob dotieren könnte, um daraus einen Supraleiter zu machen.» Dieser neue Mitarbeiter war Gerd Binnig, der später mit Rohrer das Rastertunnelmikroskop entwickelt hat. Durch ihn wurde ich auf die Supraleitung aufmerksam gemacht, und so entstand eine Zusammenarbeit. Später als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei IBM befasste ich mich mit der Herstellung neuer Materialien. Eines Tages kam Alex Müller zu mir und spekulierte, wenn wir leitfähige Oxide herstellen könnten ähnlich dem niobdotierten Strontiumtitanat, dann könnte ein spezieller Mechanismus zur Supraleitung bei höheren Temperaturen führen. Strontiumtitanat war supraleitend unter bestimmten Bedingungen und hatte ein T_C von 0,3 K. Mit dem

No

Georg Bednorz erläutert Geschichte und Anwendungen der Hochtemperatursupraleiter.

Niob konnte man es auf 1,2 K erhöhen; aber dann war Schluss, das hatten die Arbeiten mit Gerd Binnig gezeigt. Alex Müller und ich fragten uns, ob der Jahn-Teller-Effekt einen Einfluss auf die elektrischen Eigenschaften anderer Oxide haben und zur Supraleitung führen könnte. Das Konzept war die Synthese von elektrisch leitenden Perowskiten mit bestimmten Elementen, die den Jahn-Teller-Effekt aufweisen. Wir beschlossen, ein Projekt zu beginnen, dessen Ausgang völlig offen war und an dessen Erfolg Spezialisten auf dem Gebiet wohl massive Zweifel gehabt hätten.

Sie haben die anfängliche Skepsis erwähnt. Das geschah auch mit dem Rastertunnelmikroskop.

Das ist richtig. Beide Entwicklungen bedeuteten einen unerwarteten Durchbruch im jeweiligen Fachgebiet, sodass Spezialisten auf dem Gebiet der Oberflächen- bzw. der Supraleiter-Forschung quasi schockiert waren und die Ergebnisse anzweifelten. Als ich bei IBM anfing, wurde meine Aktivität (mit leichtem Zwang) in Richtung Tunnelmikroskopie geleitet, quasi als paralleler Effort zur Aktivität des Teams um Binnig und Rohrer. Trotz aller Unterstützung dieses Kernteams war es schwierig, dessen technischen Stand zu erreichen. Ungleich schwieriger war es demzufolge für aussenstehende Forschungsteams, die Resultate aus Rüschlikon zu verifizieren. Deswegen dauerte es im Vergleich zur Hochtemperatur-Supraleitung länger, bis die Resultate akzeptiert wurden. Mir wurde klar, dass dieses Projekt für mich nicht zukunftsträchtig war. Ich hatte das Glück, dass ich eine andere Tätigkeit im Bereich der Materialforschung ergreifen konnte und fing also mit einem gewissen Risiko etwas Neues an.

Heute sind die Rastertunnelmikroskopie und die Nanotechnologie «in aller Munde», aber von der Supraleitung hört man wenig. Woran liegt das?

Das Rastertunnel- und Rasterkraftmikroskop waren primär Forschungsinstrumente, die individuell entwickelt wurden und durch Forscher und Ingenieure im Laboralltag Einzug hielten. Wenn auch mit Kinderkrankheiten behaftet, konnte dieses neue Instrumentarium als bildgebende Methode jedem einen faszinierenden Einblick in die Welt der kleinsten Dimensionen, der Atome und Moleküle, verschaffen. Erst allmählich haben sich die Instrumente zu zuverlässigen analytischen Geräten mit immer grösserer Aussagekraft entwickelt. Bei der Supraleitung hingegen gibt es ausser dem Levitationsexperiment (schwebender Magnet) nichts Spektakuläres zu sehen. Beim Einsatz der neuen Materialien zielte man von Anfang an auf Massenanwendungen im grosstechnischen, industriellen Bereich. Da aber gelten andere Voraussetzungen als im Labor, und es gilt strenge Normen zu erfüllen. Die supraleitenden Oxide waren eine neue Klasse Materialien, an denen man erst lernen musste, wie die kritischen Parameter der Supraleitung von der chemischen Zusammensetzung, der Kristallstruktur und den Herstellungsverfahren beeinflusst werden. Durch Untersuchungen von Yttrium-Barium-Kupferoxid und eine Reihe von Wismut-Kupferoxiden mit T_C oberhalb von 77 K hat man viel Zeit mit der Optimierung der für einen erfolgreichen industriellen Einsatz wichtigen Parameter verbracht. Aufgrund der schichtartigen Kristallstruktur zeigen die Materialien eine ausgeprägte Anisotropie, d.h. starke Richtungsabhängigkeit von kritischem Strom und kritischem Magnetfeld und dadurch in Keramikform eine enttäuschende Stromtragfähigkeit. Man hat aber gelernt, Keramiken, also Agglomerate aus statistisch orientierten Kristallkörnern zu texturieren, d.h. die Schichtstrukturen möglichst parallel einzuregeln. Damit liess sich auch der Einfluss von Korngrenzen minimieren, die mit ein Hindernis für den Stromfluss waren. Unter gleichzeitigem Einbau von Haftzentren für die magnetischen Feldlinien, die sich sonst unter dem Einfluss des Stromes im Supraleiter bewegen und die Supraleitung damit zum Teil unterdrücken, konnten die kritischen Ströme die Leistungsfähigkeit von Kupferdrähten um ein 100-faches übertreffen. Mit Drähten der ersten Generation (Wismut-Kupfer-Oxid in Silberrohren) wurden vor Jahren die ersten Demonstrationen und Machbarkeitsstudien durchgeführt.

Bei der zweiten Supraleiter-Generation, Yttrium-Barium-Kupferoxid, hat man neue Herstellungsmethoden entwickelt, um dünne Filme mit einkristallinem Charakter herzustellen. Heute beschichtet man Metallbänder mit Pufferschichten, auf die man den Supraleiter aufbringt. Das sind Mehrlagenkonstrukte, aus denen man Drähte herstellt für rotierende Maschinen, Generatoren und für die Verarbeitung zu Kabeln. Jetzt ist es dringend notwendig, diese Prototypen als Demonstrationsobjekte in die Anwendung unter Realbedingungen zu bringen. Es braucht Pioniergeist und den Mut zum Risiko, um diese Objekte zu testen. Bei industriellen Anwendern gibt es diesbezüglich gewisse Hemmungen. Schade, denn dadurch wird die einmalige Chance vergeben, eine Führungsrolle bei der Entwicklung einer neuen Technologie zu übernehmen. Es freut mich, dass nun in Essen solche stickstoffgekühlten Kabel in einem Pilotprojekt getestet werden. Man will sehen, wie effizient und ökonomisch ein Einsatz von Supraleitern auf der Niederspannungs-Netzebene in Ballungszentren ist. Nun ist man am Ende einer 30-jährigen Entwicklung, in der man Erfahrungen mit den Materialien gesammelt hat, und kann sie fertigungstechnisch in Produkte umsetzen.

> « Nun ist man am Ende einer 30-jährigen Entwicklung und kann Hochtemperatur-Supraleiter fertigungstechnisch in Produkte umsetzen. »

Wie steht es mit der Zuverlässigkeit? Mit Aluminium und Kupfer hat man keine Probleme bezüglich der Temperatur. Ist die Kühlung bei Supraleitern eine Schwachstelle?

Seit Jahrzehnten sind heliumgekühlte Supraleiter für medizinische Anwendungen im Einsatz. Diese Kühltechnologie hat man im Griff. Und mit Stickstoff ist der Kühlaufwand noch geringer. Heute gibt es Prototypen von Motoren und Generatoren, bei denen Kupferwicklungen durch Hochtemperatur-Supraleiter ersetzt sind. Mit dem Kabelprojekt in Essen hält die Supraleitung Einzug in den Alltag. Tests werden bis 2016 durchgeführt; dann entscheidet man, ob das NS-Netz in einem grösseren Ausmass entsprechend ausgebaut wird. Die Vorteile einer solchen Installation – geringer Platzbedarf und höhere Energiedichte – sind schon heute ersichtlich. Man spart z.B. Umspannwerke (von 110 kV auf 10 kV) ein. Durch ein einziges supraleitendes Kabel mit Durchmesser 15 cm inklusive Kühlmantel können 40 MVA übertragen werden, für die sonst 5 konventionelle Kupferkabel benötigt würden. Für den Stromtransport über län-

gere Distanzen gibt es sogar eine Vision: einen gleichzeitigen Gas- und Energietransport durch eine Kombination von Pipelines für flüssigen Wasserstoff mit Supraleitern.

Gibt es schon Berechnungen zur Energieeffizienz, bei denen auch der Kühlaufwand berücksichtigt wird?

Im Vergleich zu Kupferkabeln spart man Energie im einstelligen Prozentbereich.

Könnte sich dies längerfristig durchsetzen?

Absolut. Momentan sind aber der Preis der Supraleiter und deren Verfügbarkeit ein Problem. Die heutige Produktionskapazität liegt bei etwa 5000 km Draht pro Jahr. Für einen Kilometer Kabel benötigt man 70 bis 80 km Draht der 2. Generation. Die weltweite Kapazität reicht also noch nicht für viele Kabelprojekte, besonders wenn man Drähte auch noch für Wicklungen von Motoren und Windkraftgeneratoren machen will. Eine 10-MW-Windkraftmaschine z.B. braucht bis zu 200 km Draht. Eine wachsende Produktionskapazität wird aber bald einen Einfluss auf den Preis haben. Momentan liegt der Preis noch bei 100 Dollar pro kA x meter im Vergleich zu 20 bis 30 Dollar bei Kupfer. Da muss also noch etwas geschehen, damit der Preis der Supraleiter konkurrenzfähig wird.

Gibt es Rohstoffengpässe?

Bei Kupfer haben wir kein Problem. Seltene Erdmetalle (Yttrium, Neodym) wurden zwar zeitweise künstlich verknappt, aber es wurden kürzlich neue Ressourcen erschlossen. Hier gibt es aber durch Verwendung von Supraleitern sogar eine deutliche Materialeinsparung. Normale Windkraft-Generatoren mit Permanentmagneten aus Seltenen Erden benötigen 2 t, wenn man das Magnetfeld mit supraleitenden Drähten erzeugt, braucht man nur 1 bis 2 kg. Also auch auf der Rohstoffseite gibt es neben einer Reduktion von Baugrösse und Gewicht gegenüber konventionellen Systemen nur Vorteile.

Wo sollte noch intensiver geforscht werden?

Zunächst möchte man die kritischen Parameter J_C und H_C weiter erhöhen. Dann besteht Bedarf an billigeren Herstellungsmethoden. Momentan sind es relativ teure Depositionsprozesse im Vakuum (Laserablation, Verdampfen oder Sputtern) mit denen man dünne Filme herstellt. Es wird zurzeit eine Art Inkjetverfahren zur Deposition von metallorganischen Verbindungen entwickelt, aus denen der Supraleiter durch pyrolytische Zersetzung erzeugt wird. Wenn man dabei die gleiche Performance erreicht, wird das ein enormer Schritt zur Senkung der Kosten sein. Was man heute am Rande der Entwicklung diskutiert, sind Wechselstromverluste in Supraleitern. Da gibt es Optimierungspotenzial, z.B. durch eine geschickte geometrische Anordnung von Drähten im Kabel. Die Gleichstromübertragung ist hingegen praktisch verlustfrei. Und die Suche nach höherem T_C? Vielfach wird heute immer noch gesagt, die Supraleitung wird erst attraktiv, wenn sie bei Raumtemperatur stattfindet. Ich meine, das nützt nichts, denn man sollte den Supraleiter bei Temperaturen möglichst weit unter T_C einsetzen. Kühlen wird man also immer noch müssen. Die Raumtemperatur wird manchmal als Ausrede verwendet, um der Supraleitung aus dem Wege zu gehen. Die gleiche Ausrede wurde bereits bei Helium verwendet: Jahrzehntelang hiess es, wenn man erst oberhalb der «Stickstofftemperatur» liegt, sieht es anders aus. Bei neuen Materialien würde aber der ganze Entwicklungskreislauf von vorne beginnen. Bei den Oxiden haben wir schon viele Erfahrungen gesammelt. Es gibt allerdings noch Überraschungen mit neuen Entdeckungen. Beispielsweise sind neue Eisen-Arsen-Verbindungen bei 50 K supraleitend; aber wer möchte schon mit Arsen arbeiten.

Kann man also mit den heutigen Materialien zur Anwendung schreiten?

Ja, sicher. Wenn Projekte wie das in Essen oder Long Island (USA) längere Zeit ohne Probleme laufen, dann gibt es kein Argument gegen den Einsatz der Kupferoxid-Supraleiter in Ballungszentren. In Long Island werden 600 MW unterirdisch in supraleitenden Kabeln übertragen. Wenn es um Energiedichte und die Trassen geht, ist der Vorteil offensichtlich. Ob Energietransport bald einmal über tausende von Kilometern stattfinden wird, ist zur Zeit fraglich. Für lokale Netze gibt es wichtige supraleitende Komponenten wie Speicher, Transformatoren und – ganz wichtig – supraleitende Strombegrenzer. Auch ABB war am Anfang bei der Entwicklung solcher Lösungen mit dabei. Heute hört man davon leider nichts mehr. Die Schweiz hätte eine Chance gehabt, vorne mitzumischen. In China gibt es ganze Umspannwerke, die auf der neuen Technologie der Hochtemperatursupraleiter basieren. Eine chinesische Aluminiumhütte verwendet Supraleiter-Zuleitungen zur Hochstromversorgung. Auch bei der Chlorelektrolyse fliessen zum Teil Ströme von bis zu 300 kA, da braucht es heute massive, meterdicke Metallkonstruktionen, da noch keine Supraleiter eingesetzt werden.

Begriffe

Hochtemperatur-Supraleitung

Hochtemperatur-Supraleiter
Eine neue Klasse von supraleitenden keramischen Materialien auf Kupferoxid-Basis, die 1986 entdeckt wurde. Die Übergangstemperatur (T_C) zur Supraleitung lag bei den ersten Vertretern der neuen Klasse bei 35 K, d.h. um 50 % höher als bei den bis dahin bekannten metallischen Supraleitern mit maximalem T_C von 23 K.

Jahn-Teller-Effekt
Dieser 1937 entdeckte Effekt befasst sich mit Gitterverzerrungen, die auftreten, wenn sich die Valenz ändert. Der Effekt erklärt u.a. die Farbe verschiedener Mineralien (Blaufärbung von Azurit usw.). Zwischen den durch den Effekt aufgespaltenen Energieniveaus kann Licht bestimmter Wellenlängen absorbiert werden.

Kritischer Strom
Beim Überschreiten dieses Stroms wird die Supraleitung aufgehoben.

Perowskit
Perowskite sind relativ häufige, schwarze bis rotbraune Mineralien. Diese Calcium-Titan-Oxide bilden leicht verzerrte Pseudowürfel.

Helium
Siedepunkt: 4,15 K (–269 °C). Flüssiges Helium, das Kühlmedium für metallische Supraleiter mit T_C im Bereich 4,2 – 23 K

Stickstoff
Siedepunkt: 77,15 K (–196 °C). Flüssiger Stickstoff, das Kühlmedium für Hochtemperatur-Supraleiter, ist rund 20 mal billiger als Helium und weltweit verfügbar.

Kritische Temperatur T_C
Diese Temperatur wird auch als Sprungtemperatur bezeichnet. Unterhalb dieser Temperatur wird ein System von quantenmechanischen Effekten wie der Supraleitung oder der Supraflüssigkeit (Flüssigkeiten ohne innere Reibung) dominiert.

Ist die Akzeptanz ein Problem?

Nein, beim Projekt in Essen war man überrascht, dass bei Bürgerinformationen keine Proteste kamen. Die Kabel sind so konzipiert, dass keine elektromagnetische Strahlung abgestrahlt wird. Das wird von den Elektrizitätsversorgern natürlich nicht betont, denn sonst würde die Frage kommen: Warum macht ihr es denn nicht überall? Und das ist vorerst nicht möglich. Die vielzitierte Technikfeindlichkeit existiert nicht, im Gegenteil. Das Phänomen Supraleitung scheint nicht nur Wissenschaftler zu faszinieren. Dort, wo die Supraleitung Einzug in den Alltag hält, geschieht dies quasi unbemerkt und führt höchstens zu einer positiven Veränderung des innerstädtischen Erscheinungsbildes.

Gibt es Bereiche, wo man auf die Supraleitung angewiesen ist?

Ja, z.B. dort, wo hohe Magnetfelder notwendig sind. Im Cern gibt es rund 1200 heliumgekühlte Magnete auf Basis der klassischen, metallischen Supraleiter, die in den ringförmigen Beschleuniger integriert sind. Aber als Stromzuführungen für diese Magnete werden Hochtemperatursupraleiter verwendet und zwar für Ströme zwischen 600 und 13 000 A. Von Ausfällen hat man da auch noch nie gehört. Die Zuverlässigkeit ist bestechend.

Wenn Energieeffizienz keine Rolle spielt, kann man überall Kupfer einsetzen. Sonst muss man auch Supraleiter berücksichtigen. Bezüglich Energieeffizienz gibt es ein kreatives Beispiel aus der energiehungrigen metallverarbeitenden Industrie: Man braucht 5 % des Energieverbrauchs eines Landes allein, um Metallblöcke zu erwärmen, damit sie nachher in Walzstrassen oder Extrudern verformt werden können. Wenn man solche Blöcke in einen supraleitenden Magneten setzt und sie rotiert, heizt sich das Material durch die erzeugten Wirbelströme auf, und zwar schneller als durch normale Induktion. Und homogener, weil der Skin-Effekt wegfällt. Man spart 50 % Energie und kann das Metall schneller verarbeiten, was zudem bei gewissen Metallen starke Oxidationsprozesse minimiert. Es werden heute zwei Systeme dieser Art in Deutschland bei einem Aluminium und einem Kupfer verarbeitenden Werk eingesetzt. Die zwei an der Entwicklung beteiligten Firmen haben 2009 den deutschen Umweltpreis verliehen bekommen.

Gibt es Nachteile bei dieser Lösung – offenbar hält sich die Zahl der Interessenten in Grenzen?

Ein Nachteil ist, dass bei diesem neuen Konzept die supraleitende Spule nur eine Komponente darstellt, das System als Ganzes mit allen weiteren Bestandteilen aber nicht ausgereift ist. Das Risiko eines Versagens ist bei einem Rastertunnelmikroskop anders, das trotz seiner Kinderkrankheiten schon früh und erfolgreich im Laborbetrieb eingesetzt werden konnte. Ein Hersteller von Metallprofilen kann und will sich aber Ausfälle bei der Massenproduktion nicht leisten. Vor der Einführung neuer Konzepte müsste eine Laborvorstufe in einem Technikum für solche Prototyp-Anlagen eingeführt werden, in der sie zur Marktreife gelangen, bevor sie dann zum industriellen Einsatz kommen. Ich bin sicher, dass man aus den Fehlern lernen und die nötigen Konsequenzen ziehen wird. Danach wird auch dieses neue Konzept einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten.

Compteurs d'énergie infaillibles

Eltako ELECTRONICS

certifiés MID M14

- Affichage de la puissance instantanée
- Rétroéclairage
- M-Bus et compteur à deux directions

min MID
E-No 981 873 218
Directe ≤ 3×65 A
3×230/400 V
Tarif unique et double
S0

min MID M-Bus
E-No 981 873 278
Directe ≤ 3×65 A
3×230/400 V
Tarif unique et double
M-Bus

min MID ↔
E-No 981 873 258
Directe ≤ 3×65 A
3×230/400 V
Tarif unique
à deux directions

- Européenne certification MID – Egalement valable en Suisse
- Facturation possible – pas de étalonnage supplémentaire
- Un seul compteur d'énergie est nécessaire – fini les grandes plaques de montage pour compteur
- Besoin de place minime - de 4 modules sur rail profilé DIN (4 TE)
- Mesure directe triphasée 3×65 A avec tarif unique et double
- Compteur à deux directions p. ex. pour installations photovoltaiques
- Classe de précision B (1%)
- Avec interface S0 ou M-Bus
- Capot de recouvrement plombable

Compteur à transformateur de mesure avec max. 3×5 A:

min MID
E-No 981 873 228
Conversion ≤ 3×5 A
3×230/400 V
Tarif unique
S0

min MID M-Bus
E-No 981 873 288
Conversion ≤ 3×5 A
3×230/400 V
Tarif unique
M-Bus

min MID ↔
E-No 981 873 268
Conversion ≤ 3×5 A
3×230/400 V
Tarif unique
à deux directions

demelectric

Représentation pour la Suisse:

Demelectric SA • Steinhaldenstrasse 26 • 8954 Geroldswil
téléphone +41 (0)43 455 44 00 • fax +41 (0)43 455 44 11
info@demelectric.ch • www.demelectric.ch

Achat auprès des grossistes. Demandez notre documentation.