Stromsparen durch temporäre Trafoabschaltungen : ein Beitrag zur Minimierung von Transportverlusten bei der Stromübertragung

Autor(en): **Meyer, Ivar**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **85 (1994)**

Heft 24

PDF erstellt am: **30.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902634

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Die in der Öffentlichkeit erhobene Forderung nach rationellem und haushälterischem Umgang mit der Schlüsselenergie Strom wird bei den Nordostschweizerischen Kraftwerken (NOK) seit langem ernst genommen. Allein durch eine sukzessive Spannungserhöhung des regionalen Verteilnetzes von 50 auf 110 kV und durch den Ausbau des 220- und 380-kV-Netzes ist es den NOK in den vergangenen Jahrzehnten gelungen, die Übertragungsverluste innerhalb ihres Überlandnetzes auf weniger als 2% zu reduzieren. Eine weitere, bisher nur teilweise genutzte Möglichkeit der Verlustreduktion besteht darin, während Schwachlastphasen jene Transformatoren, die nur im «Standby»-Betrieb mitlaufen, temporär abzuschalten, soweit dies die betrieblichen Randbedingungen erlauben. So entfallen die (lastunabhängigen) sogenannten Eisen-Verluste am ausgeschalteten Transformator, während die (lastabhängigen) Kupfer-Verluste am weiterbetriebenen Transformator nur geringfügig ansteigen. Der nachfolgende Beitrag orientiert über das praktische Vorgehen, die organisatorischen Voraussetzungen sowie die zu erreichenden Einsparungen bei systematischer Durchführung dieser Massnahme.

Anpassung der Netztopologie an die Versorgungsleistung:

Stromsparen durch temporäre Trafoabschaltungen

Ein Beitrag zur Minimierung von Transportverlusten bei der Stromübertragung

■ Ivar Meyer

Winterlast als Mass aller Dinge

Die Auslastung der Transformationen zwischen Verbund- und Verteilebene variiert stark. Im Netz der Nordostschweizerischen Kraftwerke ist die maximale Winterlast etwa viermal höher als die minimale Sommerlast. Weniger krass ist das Verhältnis von Werktags-Maximum zu Wochenend-Minimum. Weil die maximale Winterlast die Auslegungskapazität des gesamten Netzes bestimmt, sind in den Schwachlastzeiten schlechte Auslastungen vorprogrammiert. Die für den Netzbetrieb der NOK verantwortlichen Mitarbeiter stellten sich daher die Frage, inwieweit sich

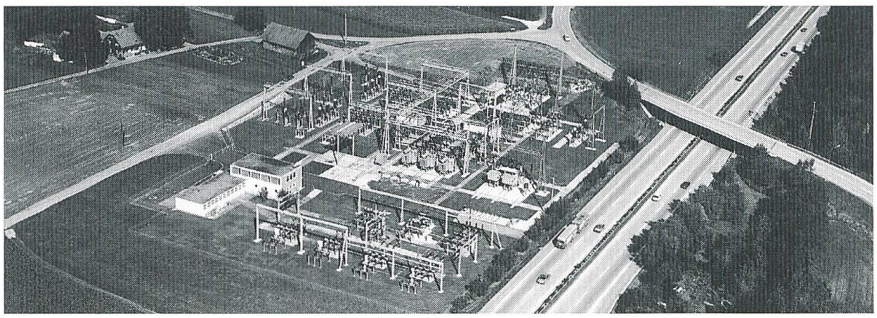


Bild 1 Unterwerke mit Spannungsebenen von 220/50 kV oder 220/110 kV, die über mindestens zwei Transformatoren verfügen, sind für die systematische Trafoabschaltung während Schwachlastzeiten prädestiniert (Foto: NOK)

Adresse des Autors:
Ivar Meyer, dipl. El.-Ing. ETH, Betriebsingenieur, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, 5401 Baden.

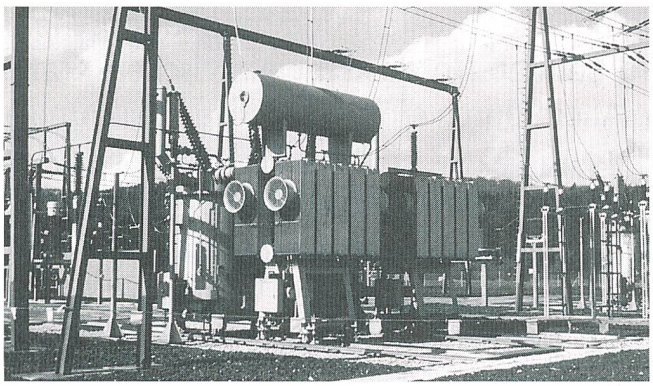


Bild 2 Transformatoren in Unterwerk (Foto: NOK)

die seit langem durchgeführten Ausschaltungen einzelner schwach belasteter Transformatoren bisher wirklich lohnten und – wenn ja – ob sie in effizienterer Form weitergeführt werden können. Bisher wurden solche Transformatoren regelmässig zu festgelegten Zeiten an Wochenenden ausgeschaltet. Für ein noch weitergehendes, systematisches Vorgehen wäre indessen eine *lastabhängige* und möglichst automatisierte Ausschaltung ideal.

Vorgaben für den Netzbetrieb (Bilder 1–3)

Die Organisation des Netzbetriebs bei systematischen Trafoabschaltungen bedarf folgender Voraussetzungen:

- Klare und einfache, einheitliche Entscheidungskriterien für die Ausser- bzw. Wiederinbetriebnahme
- Abschaltungen nur in 220/50- oder 220/110-kV-Stützpunkten, die über zwei Transformatoren verfügen
- Keine Ausschaltung nur für wenige Stunden
- Die Versorgungssicherheit darf nicht beeinträchtigt werden
- Jährliche Nachkontrolle der Einsparungen

Ausgangslage

Bei der nachfolgenden Analyse gehen wir von den technischen Daten eines typischen 220/50-kV-Transformators aus, wie sie in Tabelle I dargestellt sind.

Bezogen auf die übertragbare Scheinleistung liegen die Gesamtverluste bei nur 3‰. Kumuliert über den gesamten Transformator-Park der NOK sind die jährlichen Verluste jedoch nennenswert. Die Bestimmung der sogenannten Eisen- und Kupferverluste für einen Stützpunkt mit zwei bzw. einem Transformator führt zu Bild 4. Das angenommene Transformator-Modell ist vereinfacht und nimmt konstante Spannungen und variablen Strom an. Deshalb bleiben die Eisenverluste konstant, während die Kupferverluste quadratisch zunehmen. Bei einer Auslastung von 0% sind die Schnittpunkte der beiden Kurven mit der y-Achse gerade die Eisenverluste des einzelnen Transformators bzw. des ganzen Stützpunkts. Die langgezogene Kurve beschreibt die Parallelschaltung beider Transformatoren. Bei einer Auslastung des 2-Trafo-Systems von etwa 37% (74% beim Einzeltrafo) entsteht ein Schnittpunkt mit der Verlustleistungskurve des Einzeltransformators. Einsparungen ergeben sich im unteren Teil der Kurve zwischen 0% und 74% der Auslastung des Einzeltransformators. In Bild 5 wurde die Differenz der beiden Kurven in die wertmässige Einsparung umgerechnet. Angenommen wurde dabei eine 60stündige Wochenendausschaltung. Bei 30% Auslastung (15% des 2-Transformator-Systems) ergeben sich mögliche Einsparungen von 70 kW x 60 Stunden, was etwa 4000 kWh entspricht.

Bild 3 Die regionalen Netzleitstellen der NOK sind aufgrund eines speziellen Schaltprogramms in der Lage, das Ausserbetriebnehmen von unausgelasteten Transformatoren in eigener Regie vorzunehmen. Im Interesse der Netzsicherheit erfolgt vor dieser Massnahme jeweils eine Rückfrage an die zentrale Energie- und Netzleitstelle der NOK in Baden (Foto: NOK)

Sekundär Nennstrom	Scheinleistung	Eisenverluste	Kupferverluste
1312 A	125 MVA	75 kW	290 kW

Tabelle I Typische 220/50-kV-Transformatorendaten

Aufgrund des beobachteten Belastungsverlaufs einiger Stützpunkte wurden nun mehrere geeignete Transformatorengruppen näher untersucht. Häufig wurde bereits am Freitagnachmittag eine Auslastung von etwa 25% festgestellt, die dann bis zum Sonntag noch einmal deutlich sank. Am Montagmorgen stieg sie dann relativ schnell auf 40% und mehr.

Betriebliche Randbedingungen

Mit welchen möglichen Kosten und «Nebenwirkungen» kann bei einer eventuellen Ausschaltung gerechnet werden?

1. Allfällige Kosten der zusätzlichen Schalterbetätigungen
2. Personalkosten
3. Mögliche Beeinträchtigung der Versorgungssicherheit. Bei einem Ausfall eines weiteren Netzelementes (Leitung oder Transformator) sollte der Betriebszustand des Netzes nicht kritisch werden
4. Innerbetriebliche Akzeptanz

Die Abklärung dieser Punkte ergab folgende Ergebnisse:

1. Die zusätzlichen Schalterbetätigungen sind ohne Einfluss auf die Revisionszyklen; als periodische Kontrolle der Funktionstüchtigkeit von Trennern und Schaltern bilden sie sogar einen positiven Nebeneffekt.
2. Das mit den Schaltungen betraute Personal wird innerhalb der Normalarbeitszeit beschäftigt. Zusätzliche Kosten fallen nicht an. Dasselbe gilt für die zentrale Energie- und Netzleitstelle (ENL, Bild 3) in Baden.
3. Im Hinblick auf die notwendige Versorgungssicherheit beschränkt sich der Kreis der Ausschalt-Kandidaten. Weil die betreffenden Transformatoren jedoch in betriebsbereitem Zustand gehalten werden, können sie im Notfall sehr schnell wieder in Betrieb genommen werden.
4. Die Netzbetriebsverantwortlichen erklärten sich bereit, solche Schaltungen selbst bei geringer Rentabilität durchführen zu lassen. Sie bekräftigten damit die Bedeutung von Energiesparmassnahmen als wesentlichen Bestandteil der Betriebsführung.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Schwachlastschaltung keine zusätzlichen Kosten verursacht. Der Nutzen von 4000 kWh pro Wochenende und Stützpunkt erscheint zwar bescheiden, kumuliert sich aber über den gesamten Park und das ganze Jahr. Aufgrund dieser Er-

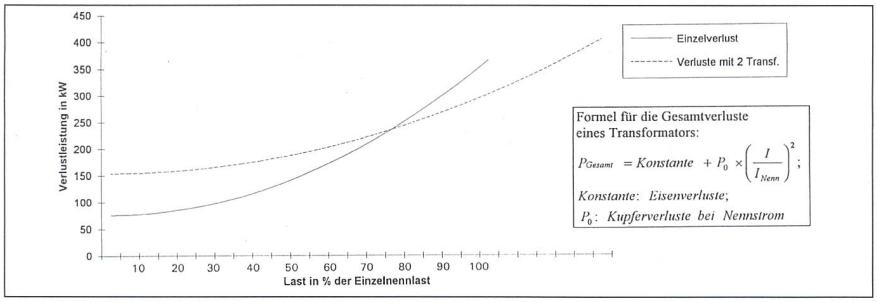


Bild 4 Stützpunktverluste mit einem bzw. zwei Transformatoren

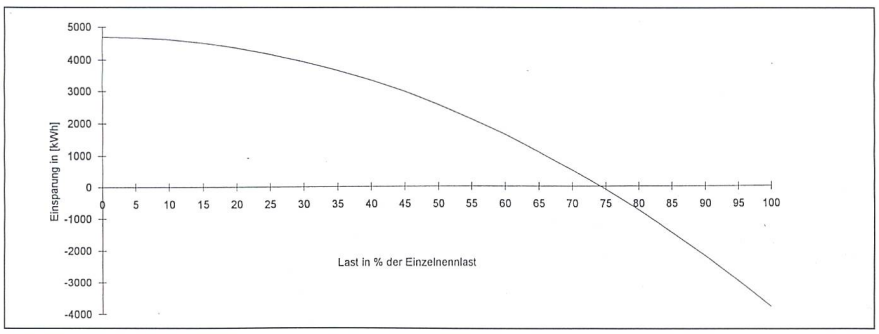


Bild 5 Einsparungen je 60 h Ausschaltung

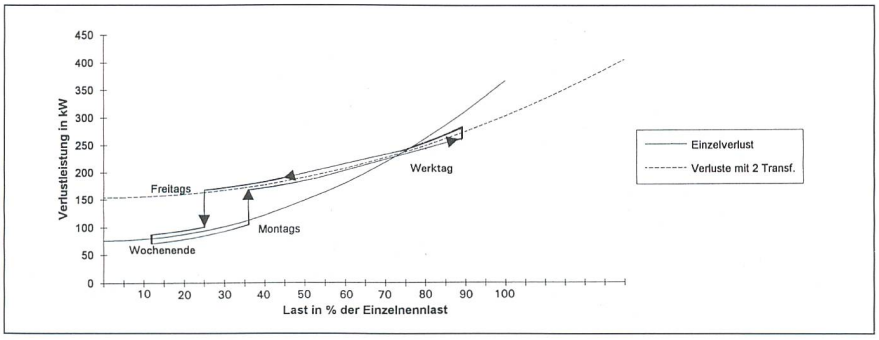


Bild 6 Hystereseschleife des Arbeitspunkts

kenntnis wurde die betriebliche Umsetzung der Massnahme beschlossen.

Netzsicherheit hat Vorrang

Dazu mussten die Ein- und Ausschaltpunkte definitiv bestimmt werden. Für alle Kandidaten wurde eine Ausschaltung bei 25% Auslastung festgelegt. Dieser Punkt liess sich nicht täglich erreichen, sondern praktisch nur an warmen Wochenenden. Gleichzeitig wurde dadurch eine Einsparung in der Höhe von etwa 4000 kWh garantiert. Für die Wiederinbetriebnahme bestimmte man eine 35prozentige Einzelbelastung, was deutlich unter den 70% liegt, die als Rentabilitätsgrenze aus Bild 4 hervorgehen. Andererseits verfügt man dadurch eine gewisse zeitliche «Reserve» beim Wiederanstieg der Netzbelastung bzw. bei einem Störungsfall.

Der Arbeitspunkt eines Stützpunktes bewegt sich also auf einer Hystereseschleife (siehe Bild 6). Die Notwendigkeit, eine Hysterese zu definieren, ergibt sich auch daraus, dass beim Ausschalten eine Neuverteilung der Netzlast auf den andern Transformator und die übrigen Stützpunkte stattfindet. Der Einschaltpunkt muss daher (ausreichend!) höher liegen als der Ausschaltpunkt.

Die regionalen Netzleitstellen erhielten inzwischen ein Schaltprogramm, das ihnen erlaubt, einen Transformator bei genügend niedriger Last in eigener Regie ausser Betrieb zu nehmen. Im Interesse der Sicherheit erfolgt jeweils eine Rückfrage an die zentrale Energie- und Netzleitstelle, da gegebenenfalls ausser Betrieb stehende Netzelemente eine Schwachlastschaltung nicht erlauben. Das Personal der Netzbetriebsführung wird so jedoch von der eigentlichen Schalthandlung entlastet.

Positive Bilanz: 700 MWh eingespart

Die Neugestaltung und systematische Einführung der Schwachlastschaltungen erfolgte im April 1993. Die Reaktion in den Aussenstellen war positiv. Für 1993 ergab die Auswertung eine Einsparung von etwa 700 MWh, dies entspricht dem Jahresverbrauch von rund 175 Haushaltungen. Die Analyse der zeitlichen Verteilung zeigte ein Maximum im Juli und einen geringfügig kleineren Wert im August. Ein Transformator war während dieser beiden Monate sogar ständig ausser Betrieb. Aufgrund dieser erfreulichen Erfahrungen werden diese stromsparenden Trafo-Ausschaltungen im NOK-Versorgungsnetz auch in Zukunft weitergeführt.

Adaptation de la topologie du réseau à la puissance d'approvisionnement:

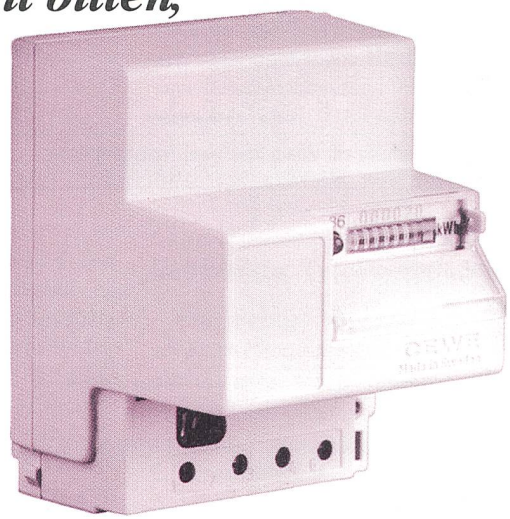
économiser de l'électricité grâce à des mises hors circuit temporaires de transformateurs

Une contribution à la minimisation des pertes de transport d'électricité

Les Forces Motrices du nord-est de la Suisse (NOK) prennent depuis longtemps au sérieux l'utilisation rationnelle et économe de l'énergie clé qu'est l'électricité, demandée par le public. Durant les dernières décennies, les NOK ont réussi à réduire à moins de 2% les pertes de transport dans leur réseau régional, et ceci rien qu'en augmentant successivement les tensions de leur réseau de distribution régional, tensions qui sont ainsi passées de 50 à 110 kV, et en agrandissant leur réseau de 220 et 380 kV.

Une autre possibilité, qui n'a jusqu'à présent été utilisée que partiellement, consiste à mettre temporairement hors circuit les transformateurs en «stand-by» durant les phases de faible charge, dans la mesure où les conditions de l'exploitation le permettent. Les pertes dans le fer (indépendantes de la charge) du transformateur déconnecté disparaissent ainsi alors que les pertes dans le cuivre du transformateur restant en service n'augmentent que faiblement. L'article ci-après présente le procédé pratique, les conditions d'organisation ainsi que les économies pouvant être obtenues à l'aide d'une réalisation systématique de cette mesure.

Gestatten Sie, dass wir die Diskussion zum Thema Stromsparen kurz unterbrechen und für einen kWh-Zähler um Aufmerksamkeit bitten, der eine Diskussion wert ist.



Die bewährte Zählergeneration.

Das handliche Zählerprogramm zeichnet sich besonders durch seine hohe Zuverlässigkeit aus. Es ist absolut unempfindlich gegenüber Störimpulsen und Montagelage. Dank elektronischem Messwerk sind die Zähler überall problemlos einsetzbar und geeignet für Untermessungen in Industrie, Geschäftshäusern sowie öffentlichen Bauten.
Serienmässig ist jeder Zähler mit einem galvanisch getrennten optoelektronischen Impulsausgang für die kWh-Fernerfassung versehen. Mit minimalem Platzbedarf in Postkartengrösse, aufschnappbar auf Profilschienen 35 mm, passt dieser Zähler problemlos in alle Schaltschränke und Verteilungen. Lieferbar sind Zähler für Ein- und Dreiphasenmessung.

Fordern Sie unverbindlich weitere Informationen an.

Die Zähler sind auch im Grosshandel erhältlich.

RAUSCHER&STOECKLIN AG
CH-4450 SISSACH
ELEKTROTECHNIK
TELEFON 061/971 34 66
TELEFAX 061/971 38 58

RAUSCHER
STOECKLIN

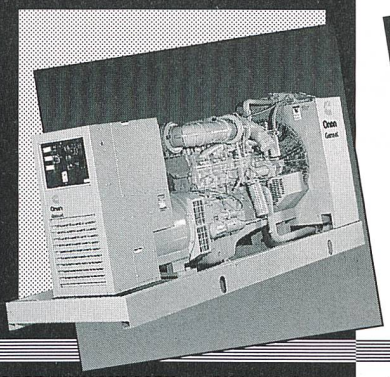
BIDER & MERZ

NOTSTROM-ANLAGEN

AKSA bietet ein umfassendes Programm an Notstrom-Anlagen: Stationäre und mobile benzin, gas- und dieselbetriebene Aggregate im Leistungsbereich von 1kW bis 1'300 kW.

Generalvertretung der Onan seit 1948.

Verlangen Sie unverbindlich eine Beratung und detaillierte Unterlagen.



Eine AKSA-Spezialität:
Revisionen und Sanierungen
von älteren Notstrom-Anlagen.

AKSA
WÜRENLOS **AG**

AKSA WÜRENLOS AG • NOTSTROMANLAGEN, GENERATOREN, TRANSPORT-KÜHLANLAGEN • 8116 WÜRENLOS • ☎ 056/74 13 13 • FAX 056/74 13 30

Natürlich

STROM-FORUM 4/94

In der Luft, im Erdreich und im Wasser sind gewaltige Wärmemengen gespeichert. Mit einer elektrischen Wärmepumpe kann diese natürliche, erneuerbare Energie erschlossen werden. Ein Drittel Strom reicht aus, um zwei Drittel Naturwärme zu Heizzwecken nutzbar zu machen. Dies schont unsere Umwelt und die Energievorräte.

Zwei Drittel Wärme aus der Natur
Eine Wärmepumpe entzieht der Luft, dem Erdreich oder dem Wasser Wärme, bringt sie auf ein höheres Temperaturniveau und gibt sie dann an ein Heizsystem ab. Der Strom für den Antrieb der Wärmepumpe liefert dreimal soviel nutzbare Wärme.

Luft, Erdreich und Wasser als Wärmequellen
Mit der Luft/Wasser-Wärmepumpe wird die Umgebungsluft als Wärmequelle genutzt. Im Erdreich gespeicherte Wärme lässt sich mit Erdsonden oder horizontalen Erdregistern für die Wärmepumpenheizung erschliessen. Auch Grundwasser, See- oder Flusswasser ist in geeigneten Fällen nutzbar.

Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz
Nach den Zielen von «Energie 2000» soll die Zahl der Wärmepumpen bis zur Jahrtausendwende verdreifacht werden. Deshalb haben sich Hersteller, Installateure und Elektrizitätswerke zur Fördergemeinschaft Wärmepumpen Schweiz (FWS) zusammengeschlossen. Der Bund gewährt bei Heizungssanierungen mit Wärmepumpen eine finanzielle Unterstützung bis zu 6'750 Franken.

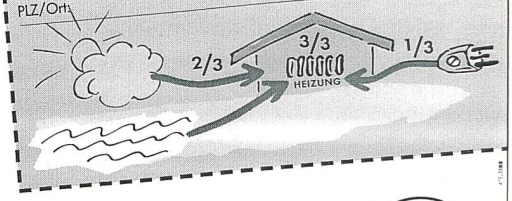
Gratis Coupon

Fordern Sie mit dem Coupon gratis die Wärmepumpenbroschüre von «Energie 2000» und Unterlagen über die Förderungsmöglichkeiten an.

Name/Vorname:

Adresse:

PLZ/Ort:



VSE UCS
VERBAND SCHWEIZERISCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE, Postfach 6140, 8023 Zürich

SCHWEIZER ELEKTRIZITÄT
DER DRAHT MIT ZUKUNFT