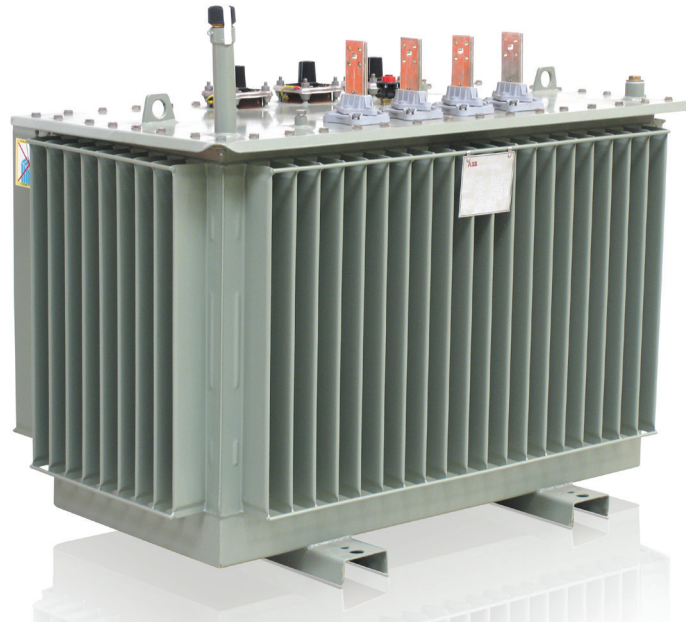


# Trafos haben noch Effizienzpotenzial

Wenn es um den haushälterischen Umgang mit Elektrizität geht, sind in der Regel gewerbliche und private Verbraucher angesprochen. Doch auch im Stromnetz schlummert ein erhebliches Effizienzpotenzial. Eine Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie hat das Potenzial für die Verteiltransformatoren im Schweizer Mittel- und Niederspannungsnetz abgeschätzt. Durch den Einsatz modernster Transformatoren mit amorphem Kern liessen sich rund 200 GWh Strom pro Jahr einsparen.



*Pro Transformator mit amorphem Kern entspricht das Einsparpotenzial etwa dem jährlichen Stromverbrauch eines Mehrpersonen-Haushalts. Foto: ABB*

Dr. Benedikt Vogel, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE)

Der private Konsument macht sich in der Regel wenig Gedanken, was hinter der Steckdose passiert. Er steckt das Ladegerät des Mobiltelefons in die Steckdose und ist zufrieden, wenn die Ladeanzeige anspringt. Das Ladegerät verwandelt den 230 Volt-Strom aus der Steckdose mit dem eingebauten Transformator auf 5 Volt und lädt das Mobilgerät. Bis der Strom dem Konsumenten zur Verfügung steht, hat er in der Regel schon einen weiten Weg zurückgelegt. Die Schweiz verfügt

über ein 250 000 km langes Leitungsnetz, das den Strom von den Kraftwerken zu den Verbrauchern bringt. Auf dem Weg vom Erzeuger zum Konsumenten treten Verluste auf, die sich in der Grössenordnung von 7 % bewegen. Diese fallen in den Leitungen an, aber auch in den Transformatoren, die dafür sorgen, dass der Strom zwischen den Netzebenen – dem Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz – fließen kann.

## **Fokus auf dem Verteilnetz**

Mit Blick auf eine effiziente Stromnutzung sollten die Netzverluste so weit wie möglich

## 2 Trafos haben noch Effizienzpotenzial

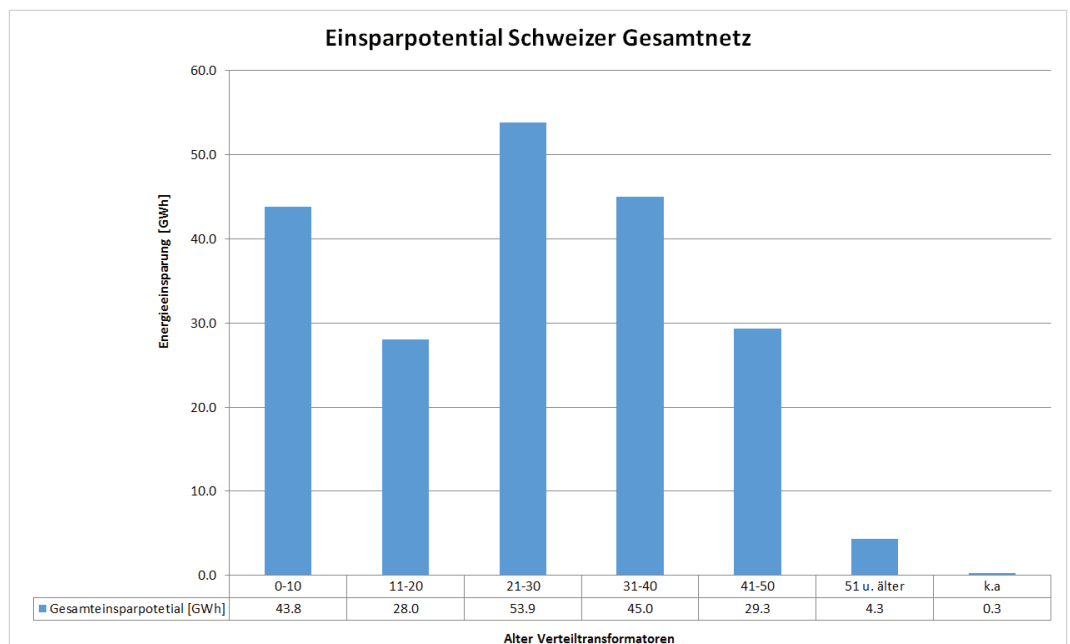
verringert werden. Eine Studie der Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) hat nun das Potenzial der erzielbaren Effizienzgewinne abgeschätzt und sich dabei auf die Transformatoren im Verteilnetz (Mittel- und Niederspannungsnetz kleiner als 24 kV) konzentriert, wobei die Blindleistung der Umspanner von 100 bis 2000 kVA reichte. Die Untersuchung betrachtete alle Transformatoren, die die rund 700 Energieversorgungsunternehmen (EVU) im Schweizer Verteilnetz betreiben. Sie bezog aber auch die Transformatoren in die Effizienzbetrachtung mit ein, die in Futtermühlen, Brauereien und vielen weiteren Industrie- und Gewerbebetrieben für eine angemessene Stromversorgung sorgen. Nicht Gegenstand der Studie waren die zwar leistungsstarken, zahlenmässig aber weniger bedeutenden Transformatoren im Übertragungsnetz.

Die BFE-Studie beziffert die Verluste der aktuell (2014) im Schweizer Verteilnetz eingesetzten Transformatoren auf 406 GWh pro Jahr. Würden die Spannungswandler ungeachtet ihres Lebensalters durch modernste Trans-



Karin Dreyer hat die Studie zur Effizienz von Transformatoren an der Hochschule für Technik am FHNW-Standort Windisch geschrieben. Foto: zVg

formatoren mit amorphem Eisenkernmaterial ersetzt, würden die Verluste auf 204 GWh



Auch die noch jungen Transformatoren (Balken ganz links) tragen erheblich zum gesamtschweizerischen Einsarpotenzial bei. Das liegt zum einen daran, dass ihr Anteil am Gesamtbestand mit ca. 25 % relativ hoch ist, zum anderen aber auch, dass sie das technisch mögliche Effizienzpotenzial nicht voll ausschöpfen. Foto: Trafo-Studie 2014.

### 3 Trafos haben noch Effizienzpotenzial

halbiert, was einem Effizienzgewinn von gut 0,3 % des landesweiten Stromverbrauchs (59 323 GWh im Jahr 2013) entspricht. „Diese Studie zeigt auf, dass mit dem Austausch eines einzigen Transformators durch einen mit einem amorphen Kern bis zu 5 – 6 MWh elektrische Energie pro Jahr eingespart werden kann“, schreibt Studienautorin Karin Dreyer, die die Untersuchung am FHNW-Standort Windisch (Hochschule für Technik) erstellt hat. Mit Blick auf künftige Anschaf-

brauch eines Mehrpersonen-Haushalts. Da im Schweizer Verteilnetz insgesamt 70 000 bis 80 000 Transformatoren im Einsatz sind, summieren sich die Einzelbeiträge zu einem erklecklichen Potenzial. Die Gesamtzahl der Transformatoren von EVU und Industrie-/Gewerbeunternehmen leitet die Studie aus der Extrapolation von Bestandsauskünften ausgewählter Verteilnetzbetreiber in Verbindung mit Angaben des Eidgenössischen Starkstrominspektorats und der nationalen Regulierungsbehörde ElCom her. Von der Gesamtzahl entfallen 49 000 Transformatoren auf die Verteilnetze der EVU, weitere 21 000 bis 31 000 Transformatoren – die Studie liefert hier nur eine grobe Schätzung – auf Industrie- und Gewerbebetriebe. Aufgeschlüsselt nach Leistungsklassen dominieren zahlenmässig die Transformatoren mit einer Leistung von 400 und 600 kVA.

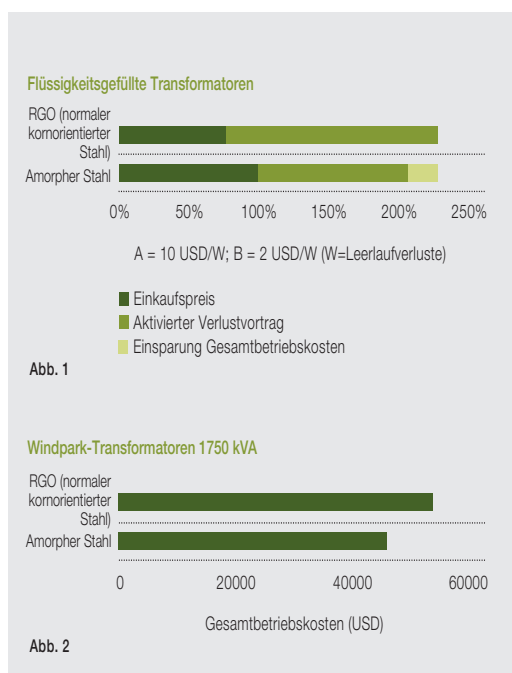


Abb. 1 illustriert, dass bei einer Lebenszyklus-Betrachtung die Gesamtkosten eines Transformators mit amorphem Kern unter den Kosten eines konventionellen Transformators mit RGO-Kern liegen können. Abb. 2 vergleicht die Gesamtbetriebskosten der beiden Technologien am Beispiel eines Transformators in einer Windpark-Anwendung. Grafik: ABB

fungsentscheide bei EVU und industriellen Nutzern rät Dreyer: „Die Energieeffizienz sollte zukünftig im Entscheidungsprozess einen massgeblichen Platz einnehmen.“

Das Effizienzpotenzial pro Transformator entspricht in etwa dem jährlichen Stromver-

#### Leerlaufverluste deutlich gesenkt

Obwohl die Netzbetreiber unter Kostendruck stehen, kann man ihnen nicht vorwerfen, Investitionen in den Ersatz ihrer Transformatoren vernachlässigt zu haben. In den letzten Jahren wurden 25 % der Transformatoren erneuert, was bei einer Lebensdauer von 40 Jahren der natürlichen Ersatzrate entspricht. Bei der Auswertung nach Altersklassen hat Studienautorin Karin Dreyer allerdings eine interessante Beobachtung gemacht: „Das Schweizer Verteiltransformatoren-Netz wurde in den letzten Jahren zwar stark verjüngt. Die Verluste konnten allerdings nicht signifikant reduziert werden.“ Martin Streicher-Porte, Professor am Institut für Biomasse und Ressourceneffizienz der FHNW, hat für den Befund der Studie eine simple Erklärung parat: „Offenbar haben die EVU die Transformatoren auf Vorrat gekauft und haben somit in den letzten Jahren Transformatoren eingebaut, die nicht mehr dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.“

Der heutige Stand der Technik bei der Energieeffizienz sind Transformatoren mit einem amorphen Metallkern. Ihre Leerlaufverluste liegen bis zu 70 % tiefer im Vergleich zu den

konventionellen Transformatoren mit RGO (Regular Grain Oriented)-Metallkernen. Der Kern, auf den die beiden Spulen gewickelt sind, besteht hier nicht aus kaltgewälzten, kornorientierten Siliziumblechen, sondern aus einem amorphen Material, dessen Atome durch Anwendung eines speziellen Herstellungsverfahrens nicht in einer Kristallstruktur geordnet sind. Amorphes Metall lässt sich leichter magnetisieren, dadurch sinken die Hystereseverluste und damit die Leerlaufverluste des Transformators. Amorphe Materialien reduzieren zudem die Wirbelstromverluste, was die Leerlaufverluste weiter verringert.

Hocheffiziente Transformatoren mit amorphem Kern wurde in den 1970er Jahren entwickelt, konnten sich auf dem Markt aber aufgrund des höheren Preises nicht durchsetzen. Seit einigen Jahren erlebt die Technologie aufgrund der wachsenden Anforderungen an die Energieeffizienz eine Renaissance. Nach Auskunft von Dipl. Ing. Andreas Suranyi, Manager für Energieeffizienz-Lösungen bei ABB Schweiz, beruhen aktuell rund 2 % der 2000 in der Schweiz verkauften ölgekühlten Verteiltransformatoren (> 38 KVA) auf amorpher Technologie. „Das Effizienzpotenzial wird nicht realisiert, obwohl die technischen Lösungen vorhanden wären“, bedauert Suranyi. ABB ist globaler Marktführer beim Bau von Transformatoren und neben Rauscher&Stöcklin, Siemens und Schneider Electric einer der grossen Anbieter in der Schweiz. Der Konzern hat zur Trafostudie der FHNW das Know-how eines Herstellers beigesteuert.

### **Betrachtung des gesamten Lebenszyklus**

Für die zögerliche Nachfrage nach den energieeffizienten Transformatoren gibt es verschiedene Gründe. Wegen der spezifischen Struktur des Metalls sind amorphe Transformatoren grösser als herkömmliche Geräte, zudem liegt der Geräuschpegel leicht höher. Wegen der Abmessungen finden amorphe Transformatoren in engen Trafostationen mitunter keinen Platz, und in lärmsensiblen Umgebungen sind sie ungeeignet.

Der Hauptgrund, dass amorphe Transformatoren bisher aber erst sporadisch zum Einsatz kommen, liegt an ihrem Preis, der aufgrund des verwendeten Materials rund 20 % über jenem herkömmlicher Geräte liegt. Wie hoch die Preisdifferenz ausfällt, ist allerdings eine Frage der Betrachtung: „Positiv sieht es aus, wenn man den Kostenvergleich über die gesamte Lebensdauer anstellt, denn die amorphen Transformatoren haben meist die tieferen Lebenszykluskosten“, sagt Roland Hasler, Market Manager für Transformatoren bei ABB.

### **Förderung durch 'ProKilowatt'**

Eine Ersatzinvestition in effiziente amorphe Transformatoren ist um so lohnender, desto stärker der erzielte Effizienzgewinn zu Buche schlägt. Dies ist bei hohen Energiepreisen besonders der Fall. Angesichts der aktuell tiefen Energiepreise ist der ökonomische Anreiz für die Anschaffung eines amorphen Trafos mit Spitzenwerten bei der Effizienz für Trafobetreiber eher gering. In der FHNW-Studie haben Lieferanten und Anwender (EVU) von Verteiltransformatoren Empfehlungen an staatliche Stellen formuliert, wie der Absatz energieeffizienter Umspanner mit amorphem Kern gesteigert werden könnte. So raten sie, öffentliche Ausschreibungen sollten nicht einen (möglichst tiefen) Kaufpreis als Hauptkriterium heranziehen, sondern die Kosten über den ganzen Lebenszyklus hinweg (also inkl. Betriebs- bzw. Energiekosten/Einsparungen). Die Marktteilnehmer befürworten zudem die Einführung eines Energieeffizienz-Labels für Transformatoren, analog zur bestehenden EU-Regelung (vgl. Textbox unten).

Eine weitere Empfehlung ist die Förderung von Ersatzbeschaffungen moderner amorpher Transformatoren durch Informationsmassnahmen und durch finanzielle Massnahmen. In dem Zusammenhang ist auch von einer ‚Abwrackprämie‘ die Rede, mit der der Trafersatz in der Industrie, in der die Lebensdauer der Transformatoren rund 25 Jahre beträgt, angekurbelt werden könnte. Unterdessen ist die finanzielle Förderung von Ersatzmassnah-

men in der Industrie bereits möglich. Im Rahmen der Wettbewerblichen Ausschreibungen ProKilowatt unterstützt das BFE neuerdings Industrieunternehmen bei dem „Ersatz der firmeneigenen Transformatoren“, wie es in den Ausschreibungsunterlagen heisst. „Wir haben bereits erste Förderanträge für energieeffiziente Transformatoren erhalten“, sagt Grégoire Blanc, Leiter der Geschäftsstelle ProKilowatt.

Mit ProKilowatt können Effizienzmassnahmen im Strombereich im Umfang von 20 bis 40 % der anrechenbaren Gesamtinvestition mitfinanziert werden, die übrigen 60 bis 80 % der Kosten trägt das begünstigte Industrieunternehmen. Das Förderprogramm, das vom Planungsbüro Planair SA operativ umgesetzt wird, richtet sich an alle Industrieunternehmen, die über eine eigene Netzinfrastruktur

im Mittel- und Niederspannungsbereich verfügen. Für Ersatzmassnahmen kommen Transformatoren ab 630 kVA in Frage.

- » Schlussbericht zum Projekt abrufbar unter: [http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02199/index.html?lang=en&dossier\\_id=06143](http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02199/index.html?lang=en&dossier_id=06143)
- » Zusätzliche Auskünfte zu dem dargestellten Trafo-Projekt erteilt Roland Brüniger, Leiter des BFE-Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien und -anwendungen: [roland.brueeniger\[at\]r-brueniger-ag.ch](mailto:roland.brueeniger[at]r-brueniger-ag.ch)
- » Infos zum Förderprogramm ProKilowatt: [www.prokilowatt.ch](http://www.prokilowatt.ch)
- » Weitere Fachbeiträge über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Elektrizität finden Sie unter: [www.bfe.admin.ch/CT/strom](http://www.bfe.admin.ch/CT/strom)

### Leerlauf- versus Lastverluste

Transformatoren haben sehr unterschiedliche Lastprofile. Laut einer Studie aus der Europäischen Union liegt die durchschnittlich übertragene Last der von EVU eingesetzten Verteiltransformatoren bei 18,9 %. Bei solch niedriger Auslastung dominieren die Leerlaufverluste, während die Lastverluste weniger ins Gewicht fallen. Da Transformatoren mit amorphem Kern die Leerlaufverluste reduzieren, ist diese Technologie für die genannten Transformatoren sehr geeignet.

Bei Industrietransformatoren ergibt sich hingegen mitunter ein anderes Bild. Diese Transformatoren haben oft eine hohe Auslastung; die Lastverluste – sie nehmen quadratisch mit steigender Last zu – fallen hier stärker ins Gewicht und übertreffen meist die Leerlaufverluste.

Die europäische EN 50464-1 Norm erlaubt es, Transformatoren in Abhängigkeit ihrer Leerlaufverluste und Lastverluste definierten Effizienzklassen zuzuordnen. Effizienzstandards haben Länder wie Australien, China, Indien und die USA entwickelt.

Die EU hat jüngst Mindestanforderungen an die Effizienz von Verteiltransformatoren erarbeitet. Diese liegen aber weit unter dem aktuellen Standard der Schweizer Transformatoren und haben so für die Schweiz keine Lenkungswirkung. BV

### Bundesamt für Energie BFE

Mühlestrasse 4, CH- 3063 Ittigen, Postadresse: CH-3003 Bern  
Telefon +41 (0)31 322 56 11, Fax +41 (0)31 323 25 00  
[cleantech\[at\]bfe.admin.ch](mailto:cleantech[at]bfe.admin.ch), [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)