

Zeitschrift: bulletin.ch / Electrosuisse

Herausgeber: Electrosuisse

Band: 106 (2015)

Heft: 6

Artikel: Trafos haben noch Effizienzpotenzial

Autor: Vogel, Benedikt

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-856660>

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: 01.02.2026

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

Trafos haben noch Effizienzpotenzial

Amorphe Kerne könnten 200 GWh pro Jahr einsparen

Wenn es um den haushälterischen Umgang mit Elektrizität geht, sind meistens gewerbliche und private Verbraucher angesprochen. Doch auch im Schweizer Stromnetz schlummert ein erhebliches Effizienzpotenzial. Eine Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie hat dieses Potenzial für die Verteiltransformatoren im Schweizer Mittel- und Niederspannungsnetz abgeschätzt.

Benedikt Vogel

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 wandelt die 230 V der Steckdose zu 5 V und lädt das Mobilgerät auf. Bis der Strom für diese Anwendung zur Verfügung steht, hat er 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 diesem Weg vom Erzeuger zum Konsumenten treten Verluste in der Größenordnung von 7 % auf. Die Verluste fallen in den Leitungen an, aber auch in den Transformatoren, die dafür sorgen, dass der Strom zwischen den verschiedenen Netzebenen – dem Höchst-, Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetz – fließen kann.

Fokus auf dem Verteilnetz

Für eine effiziente Stromnutzung sollten die Netzverluste so weit wie möglich 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, deren Leistungen von 100 bis 2000 kVA reichten. 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 eingesetzt werden. Nicht

Gegenstand der Studie waren die zwar leistungsstarken, zahlenmäßig aber weniger bedeutenden Transformatoren im Übertragungsnetz.

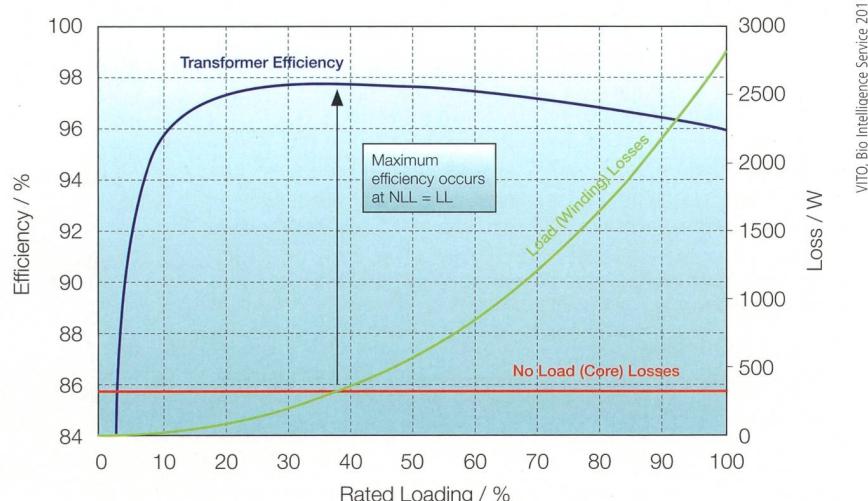
Die BFE-Studie beziffert die Verluste der aktuell (2014) im Schweizer Verteilnetz eingesetzten Transformatoren auf 406 GWh pro Jahr. Würden die Spannungswandler ungeachtet ihres Lebensalters durch modernste Transformatoren mit amorphem Eisenkernmaterial ersetzt, würden die Verluste auf 204 GWh halbiert, 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 Transformatoren 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 Anschaffungsentscheide bei EVU und industriellen Nutzern rät Dreyer: «Die Energieeffizienz sollte zukünftig im Entscheidungsprozess einen massgeblichen Platz einnehmen.»

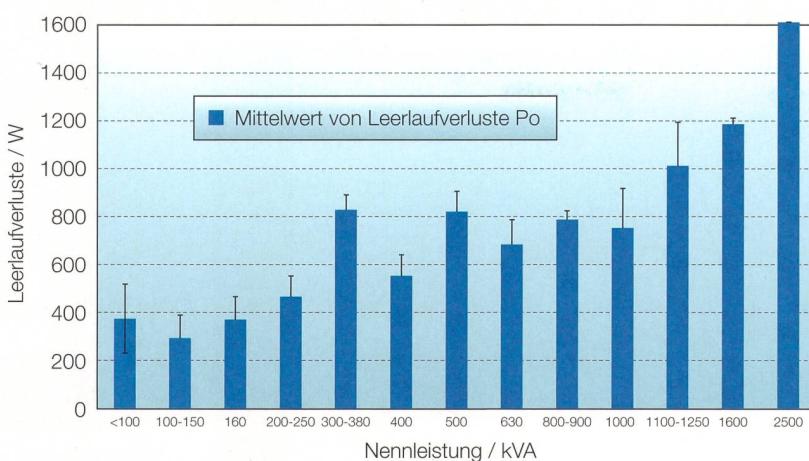
Ersatz nicht immer optimal

Das Effizienzpotenzial pro Transfomator entspricht in etwa dem jährlichen Stromverbrauch eines Mehrpersonen-Haushalts. Da im Schweizer Verteilnetz insgesamt 70 000 bis 80 000 Transformatoren im Einsatz sind, ist die Summe der Einzelbeiträge beträchtlich. 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 Starkstrominspektors ESTI 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.

Obwohl die Netzbetreiber unter Kostendruck stehen, kann man ihnen nicht vorwerfen, Investitionen in den Ersatz



Sind Transformatoren wenig ausgelastet, überwiegen die Leerlaufverluste; bei stärkerer Auslastung tragen die Lastverluste überwiegend zum Gesamtverlust bei.



Leerlaufverluste der Stichprobe an Verteiltransformatoren, die in der Trafo-Studie der Hochschule für Technik (Windisch) untersucht wurden.

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.»

Hintergrund

Leerlauf- versus Lastverluste

Transformatoren haben sehr unterschiedliche Lastprofile. Laut einer EU-Studie liegt die Durchschnittslast der 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 ein anderes Bild, da sie oft stark ausgelastet sind. Die Lastverluste, die quadratisch mit steigender Last zunehmen, 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. Länder wie Australien, China, Indien und die USA haben Effizienzstandards entwickelt.

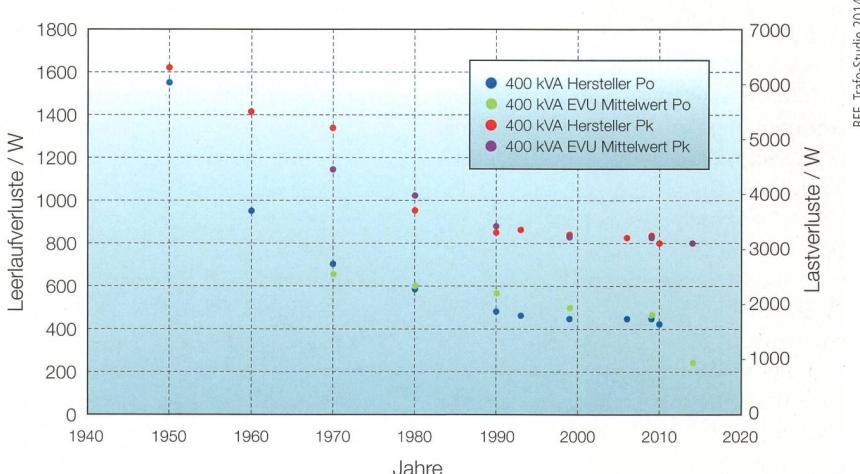
Die EU hat jüngst Mindestanforderungen an die Effizienz von Verteiltransformatoren erarbeitet. Diese liegen aber weit unter dem aktuellen Standard der Schweizer Transformatoren und haben so für die Schweiz keine Lenkungswirkung.

Leerlaufverluste deutlich gesenkt

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

formatoren 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 Transformatoren. Amorphe Materialien reduzieren zudem die Wirbelstromverluste, was die Leerlaufverluste zusätzlich verringert.

Hocheffiziente Transformatoren mit amorphem Kern wurden 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 Bedeutung der Energieeffizienz eine Renaissance. Gemäss 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 Trafo-Studie der FHNW das Know-how eines Herstellers beigesteuert.



Die Grafik zeigt am Beispiel von 400-kVA-Transformatoren, dass die Leerlaufverluste (blau/grün) und die Lastverluste (rot/violett) in den letzten 60 Jahren erst stark gesunken sind und seit 1990 kaum mehr ein Fortschritt erzielt wurde. Transformatoren mit amorphen Kernen führen nun in jüngster Zeit zu weiteren Effizienzgewinnen (grüner Punkt ganz rechts unten). Die Herstellerangaben (blau/rot) und die EVU-Stichprobe der Trafo-Studie (grün/violett) stimmen meistens gut überein.

ABB



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



ABB

Wicklungsprozess für ölgekühlte Transformatoren.

Betrachtung des gesamten Lebenszyklus

Für die zögerliche Nachfrage nach den energieeffizienten Transformatoren gibt es verschiedene Gründe. Aufgrund der spezifischen Struktur des Metalls sind Transformatoren mit amorphem Kern etwas grösser als herkömmliche Geräte und finden in engen Trafostationen mitunter keinen Platz. Zudem liegt ihr Geräuschpegel leicht höher – für lärm sensible Umgebungen sind sie manchmal ungeeignet. Der Hauptgrund, wieso amorphe Transformatoren bisher erst sporadisch zum Einsatz kommen, liegt an ihrem Preis, der materialbedingt 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.

Eine Ersatzinvestition in effiziente amorphe Transformatoren ist umso lohnender, je 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 Trafos 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 (**Kasten**).

Förderung durch das Programm «ProKilowatt»

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 Trafo-Ersatz in der Industrie, in der die Lebensdauer der Transformatoren rund 25 Jahre beträgt, angekurbelt werden könnte. Unterdessen ist die finanzielle Förderung von Ersatzmassnahmen 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 er-

halten», 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.

Links

- Schlussbericht zum Projekt www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02199/index.html?lang=en&dossier_id=06143
- www.prokilowatt.ch
- www.bfe.admin.ch/CT/strom

Autor

Dr. **Benedikt Vogel**, Wissenschaftsjournalist, im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE).
Dr. **Vogel Kommunikation**, DE-10437 Berlin
vogel@vogel-komm.ch

Weitere Auskünfte zum Projekt erteilt Roland Brüniger (roland.brueniger@r-brueniger-ag.ch), Leiter des BFE-Forschungsprogramms Elektrizitätstechnologien und -anwendungen.

Résumé

Les transformateurs disposent encore d'un certain potentiel en termes d'efficacité

Les noyaux amorphes pourraient permettre d'économiser 200 GWh par an

Un important potentiel d'amélioration de l'efficacité sommeille au sein du réseau électrique suisse. Une étude réalisée pour le compte de l'Office fédéral de l'énergie est parvenue à estimer ce potentiel pour les transformateurs du réseau de distribution (tensions inférieures à 24 kV, puissances comprises entre 100 et 2000 kVA). Ce document de l'OFEN chiffre les pertes des transformateurs en service en 2014 sur le réseau de distribution suisse à 406 GWh par an. Si les transformateurs de tension, quelle que soit leur ancienneté, étaient remplacés par des transformateurs à noyau de fer amorphe à la pointe de la modernité, les pertes seraient réduites de moitié, à 204 GWh, ce qui correspondrait à un gain d'efficacité d'au moins 0,3 % de la consommation d'électricité du pays.

No