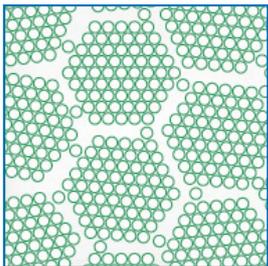


Bildquelle: ZVEI / teptong, adobe stock

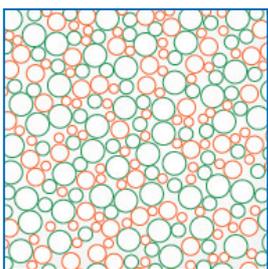
## Transformatoren: Innovationen für die Umwelt

### Amorphe Kerne – eine Alternative mit niedrigeren Leerlaufverlusten

#### kristallin



#### amorph



Der Grund für die hohe Effizienz von amorphen Transformatoren ist ihr Kern. Er besteht aus sehr dünnen Folien amorphen Metalls, das sich viel leichter als das kristalline Gefüge konventioneller Elektrobleche ummagnetisieren lässt.

Im Vorfeld der Ökodesign-Verordnung wurden die gesamten Verluste von Transformatoren in der EU27 untersucht und das Ergebnis für 2008 liegt bei hohen 93 Terawattstunden (TWh) – dies ist mehr als der Stromverbrauch in Belgien oder in Finnland im ganzen Jahr (Quelle: Gesetzestext und Eurostat). Das Verbesserungspotenzial durch effizientere Bauformen wurde auf etwa 16 TWh jährlich geschätzt (17 %), dies entspricht ca. 3,7 Megatonnen (Mt) CO<sub>2</sub>-Emissionen oder etwa dem Stromverbrauch von Kroatien in einem Jahr. Dies war einer der wesentlichen Gründe der EU, höhere Effizienzvorgaben für Transformatoren – analog zu Fernsehern, Kühlschränken und Glühbirnen – per Gesetz zu definieren. Die Mindestvorgaben an die Verluste wurden ab 2015 umgesetzt und werden im Jahr 2021 nochmals verschärft.

Technisch können Verteiltransformatoren mit außerordentlich geringen Verlusten sowohl durch optimiertes Design oder höheren Materialeinsatz, aber auch durch besonders verlustarmes Kernmaterial erreicht werden. Neben den konventionellen, kornorientierten Kernblechen sind amorphe Kernmaterialien eine innovative Lösung für Transformatoren in Energieverteilnetzen. Transformatoren mit amorphen Kernen zeichnen sich dadurch aus, dass die Effizienz sogar über den strengen Vorgaben von Ökodesign 2021 liegt.

Das Herzstück amorpher Transformatoren besteht aus einem dünnen Kernblech, das auf den ersten Blick an eine handelsübliche Aluminiumfolie erinnert. Das Material wird aus der Schmelze sehr schnell

abgekühlt, wodurch eine extrem feine, metallurgisch amorphe Struktur entsteht. Die Folge: Der schnelle Frequenzwechsel beim Wechselstrom und damit die Ummagnetisierung benötigen deutlich weniger Energie, als dies mit konventionellen Kernblechen der Fall ist. Die ungeordnete molekulare Struktur von amorphem Kernmaterial führt bei Magnetisierung zu geringerer Reibung als bei traditionellen Silizium-Eisen-Kernen. Diese einzigartige Eigenschaft erleichtert die Magnetisierung und Entmagnetisierung und führt so zu signifikant geringeren Ummagnetisierungsverlusten in amorphem Material. Durch die extreme Dünne des Materials entstehen zudem geringere Wirbelstrom-Verluste. In Summe lassen sich die Leerlaufverluste der amorphen Transformatoren im Vergleich zu Transformatoren mit konventionellen Kernmaterialien noch weiter reduzieren. Verfügbare Produktreihen für amorphe Verteiltransformatoren ermöglichen eine Reduzierung der Leerlaufverluste um ca. 30 bis 40 Prozent im Vergleich zu den Werten der Ökodesign Stufe 1. Die Leerlaufverluste sind relevant, da sie immer unabhängig von der Last am Transformator anfallen.

Die nötige Technologie stammt aus den 1970er-Jahren und wird seitdem stetig weiterentwickelt. Seit den 2000er und der steigenden Bedeutung der CO<sub>2</sub>-Reduktion werden amorphe Transformatoren in größeren Stückzahlen in Japan, USA, China und Indien eingesetzt. In der EU sind amorphe Transformatoren zum Beispiel in Frankreich, Belgien und Deutschland erfolgreich im Einsatz.

Auf dem deutschen Markt sind amorphe Transformatoren aufgrund der höheren Anschaffungskosten bisher noch ein Nischenprodukt. Dennoch können Transformatoren mit amorphem Kern sehr wohl eine wirtschaftliche Lösung sein, wenn nämlich die Kosten über den gesamten Lebenszyklus des Produkts herangezogen werden. In diesem Fall amortisieren sich in der Regel die höheren Anschaffungskosten durch die geringeren Betriebskosten in einem Zeitraum, der deutlich unter der üblichen Lebensdauer eines Transformators von ca. 20 oder 30 Jahren liegt. In jedem Fall profitiert die Umwelt von den eingesparten CO<sub>2</sub>-Emissionen.

Transformatoren mit amorphen Kernen zeichnen sich insbesondere durch geringe Leerlaufverluste aus, die kontinuierlich beim Betrieb des Transformators entstehen. Daher eignet sich dieser Typ besonders für Anwendungsfälle, bei denen häufig eine geringe Last an dem Transformator anliegt. Auch der Austausch von älteren Transformatoren mit vergleichsweise hohen Verlusten zu einem neueren energieeffizienten Typ wird sich schnell wirtschaftlich lohnen. Es empfiehlt sich, den konkreten Anwendungsfall anhand einer Wirtschaftlichkeitsrechnung (TCO = Total Cost of Ownership) inklusive möglicher Kosten für CO<sub>2</sub>-Emissionen mit verschiedenen Typen von Transformatoren zu bewerten.

Bei der Darstellung der Transformatoren mit amorphen Kernen sollen mögliche Grenzen dieser Technologie nicht unerwähnt bleiben. Obwohl in Europa noch geringe Stückzahlen im Einsatz sind, gibt es bereits normgerechte Typprüfungen namhafter europäischer Hersteller und positive Erfahrungen im Netzbetrieb. Aktuelle Einschränkungen in Europa sind eher in der Verfügbarkeit der hochspezialisierten Kernbleche sowie in den aktuell verfügbaren Produktionskapazitäten zu sehen. Die konventionelle europäische Kernlegetechnik kann nicht angewandt werden, sondern Transformatoren mit amorphem Kernmaterial werden, wie im amerikanischen Markt üblich, mit einem gewickelten Kern ausgeführt. Mehrere innovative Transformatorenwerke in Europa haben sich mit dieser Technologie vertraut gemacht und stellen heute Transformatoren mit amorphen Kernen her. Für eine breite Einführung in den europäischen Markt sind aber erhebliche Investitionen in die europäischen Transformatorenwerke erforderlich.

Zusammenfassend ist der amorphe Transformator ein besonders effizienter und damit umweltfreundlicher Transformator, da die Leerlaufverluste der amorphen Technologie noch deutlich unter den Vorgaben nach Ökodesign 2021 liegen. An die europäischen Anforderungen angepasste Produkte sind aus lokaler Fertigung in begrenzten Stückzahlen verfügbar. Der individuelle Anwendungsfall entscheidet, ob der amorphe Transformator auch eine wirtschaftliche Alternative zu einem konventionellen Transformator ist.

Grundsätzlich sind amorphe Kerne auch kombinierbar mit alternativen Kühlflüssigkeiten, die im ZVEI-Papier „Natürliche Ester – eine Alternative zu Mineralölen“ vorgestellt werden.

#### Quellen bzw. weiterführende Literatur:

- Ökodesign-Verordnung: REGULATION (EU) No 548/2014 of 21 May 2014 on implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to small, medium and large power transformers.
- Eurostat: Supply, transformation and consumption of electricity - annual data [nrg\_105a], 2018
- Schneider Electric White Paper: How Amorphous Transformers Enhance Efficiency and Reduce CO<sub>2</sub> Emissions Levels, 2015
- Siemens Fitformer Act Broschüre, 2016
- ABB about 2/ 2015

#### Kontakt:

Sven Borghardt  
Bereich Energie  
Telefon: +30 306960-22  
E-Mail: borghardt@zvei.org  
Oktober 2019