



ABB AG, Dawid Strzelczyk

Energieeffizienz im Bereich Transformatoren

Präsentation – Übersicht

- Portfolio
- Wie können wir mithilfe von CO₂ Emissionen zu reduzieren?
- Transformatorverluste und verlustarme Transformatoren
- Kapitalisierung der Verluste
- Amorphes Metall
- Energieeffizienz – Webseite
- Öko-Richtlinie
- Zusammenfassung

Transformatoren von ABB



- ABB ist der weltweit führende Hersteller von Leistungs- und Verteiltransformatoren



- ABB hat sich dem Klimaschutz schon seit langem verpflichtet und legt in all seinen Entwicklungen hohen Wert auf Erhöhung von Energieeffizienz und Senkung von Umweltbelastungen



- ABB bietet ein vollständiges Portfolio von (Verteil-) Transformatoren an

- Trockentransformatoren
- Ölgefüllte Verteiltransformatoren



Transformatoren von ABB



Öl-Verteil-Transformatoren

- Nennleistung: bis 2500 kVA
- Spannung: OS ≤ 36 kV, US ≤ 690V
- Hermetiktransformatoren als auch mit Ölausdehnungsgefäß

Trockentransformatoren

- 50 kVA bis 50 MVA
- bis 72,5 kV

Einzigartige Klasse "H" Gießharz-Transformatoren, zertifiziert (180°C; nicht EU)

Niedrige Verluste und hohe Effizienz

Transformatoren für alle Anwendungen

(Marine, Gleichrichteranwendungen, Bergbau, Traktion etc.)

Erhältlich mit verschiedensten Gehäusetypen, luft- oder wassergekühlt



Neue Produkte gemäß der Marktanforderungen

- Grüne (Eco) Transformatoren
 - Amorphe Transformatoren

Energieeffizienz warum?

Marktanreize und Umweltprobleme

ABB's Antwort

Treibende Faktoren

- CO2 Emissionen und globale Erwärmung

Globale Trends und Resultate

- Fokus liegt auf Energieeffizienz und Transformatoren mit niedrigen Verlusten
- Neue Richtlinien, Anforderungen und Auswahlverfahren
- Interesse an neuen Lösungen und Technologien

Lokale Trends

- Energieeinsparziele
- Interesse an neuen Lösungen und Technologien
- Verlustbewertungsrichtlinien

ABB's Antwort

- Umfangreiche Forschung im Bereich Transformatoren
- Berücksichtigung globaler Trends
- Evaluation von verschiedenen Technologien und Lösungen
- Erzeugung von Produkte höchster Zuverlässigkeit
- Flexible Entwicklungssoftware zur Optimierung und Anpassung der Produkte und Kundenspezifikationen
- ABB verpflichtet sich mit seinen Produkten und Prozessen den CO2 Ausstoß zu minimieren und so mitzuhelfen, die Erderwärmung zu reduzieren

Wir sind der richtige Partner,
mit unseren Forschungsergebnissen und unserem globalem Wissen, ihre
zukünftigen Anliegen für eine grünere Umwelt umzusetzen.

Einführung - Problematik

Unsere alltäglichen Bedürfnisse...



- Weiteres Bevölkerungswachstum
- Verdoppelung des Energiekonsums in 30 Jahren
- Versorgung einer energiehungrigen Welt
- Bedrohung durch Klimaerwärmung
- Dezentralisierte zuverlässige Netze
- Energieeffiziente Produkte und Systemlösungen
- Investition in unsere Zukunft

Die Nachfrage nach energieeffizienten Produkten nimmt stark zu. ABB Transformatoren unterstützen die Versorgungssysteme, die die Welt am laufen halten.

CO₂ Emissionen – die Klima-Hauptbedrohung

Verteiltransformatoren können einen signifikanten Beitrag leisten

*SEEDT – Strategies for development and diffusion of Energy Efficient Distribution Transformers;
“Analysis of existing situation of energy efficient transformers – technical and non-technical solutions”,
Project No EIE/05/056/SI2.419632, by R. Targosz et al.,
Aug. 2008



Schlussfolgerung einer **EU Studie***:

- In der EU-28 sind 4,5 Millionen Verteiltransformatoren installiert
- Diese verursachen 38 TWh/Jahr an Verlusten – mehr als der gesamte Elektrizitätsverbrauch von Dänemark – und den Ausstoß von jährlich 30 Millionen Tonnen CO₂
- Es ist möglich diese Verluste um mehr als 50% zu reduzieren

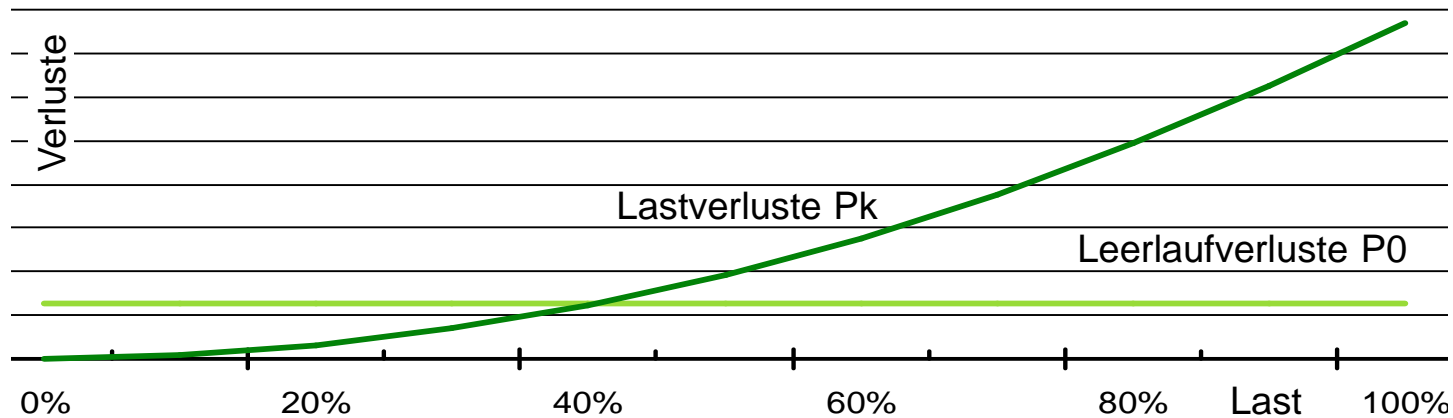
Was dann ebenfalls bedeutet:

- Jährlich vermiedene Kosten von 400 Mio. EUR für CO₂ (25 EUR/t CO₂)
- Um 5 GW reduzierte Erzeugungskapazität (=7 Mrd. EUR Invest.)

Transformatorverluste und verlustarme Transformatoren

Transformator Leerlauf- und Lastverluste

Eisen- und Kupferverluste

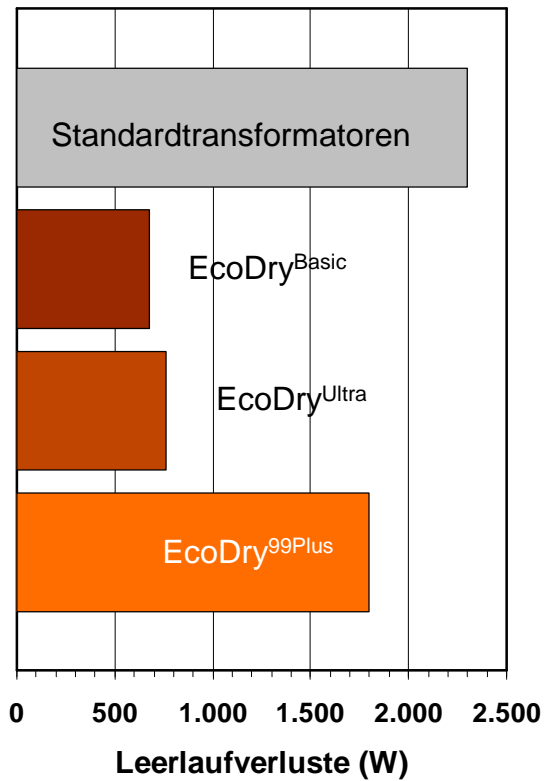


- Leerlaufverluste entstehen durch wechselnde Magnetisierung des Kerns (Hysterese-Verluste) und durch Wirbelströme im Kern – sie treten auf sobald der Transformator unter Spannung steht
- Lastverluste entstehen in den Leitern durch Ohmsche Verluste und Wirbelströme – sie nehmen quadratisch mit der Last zu

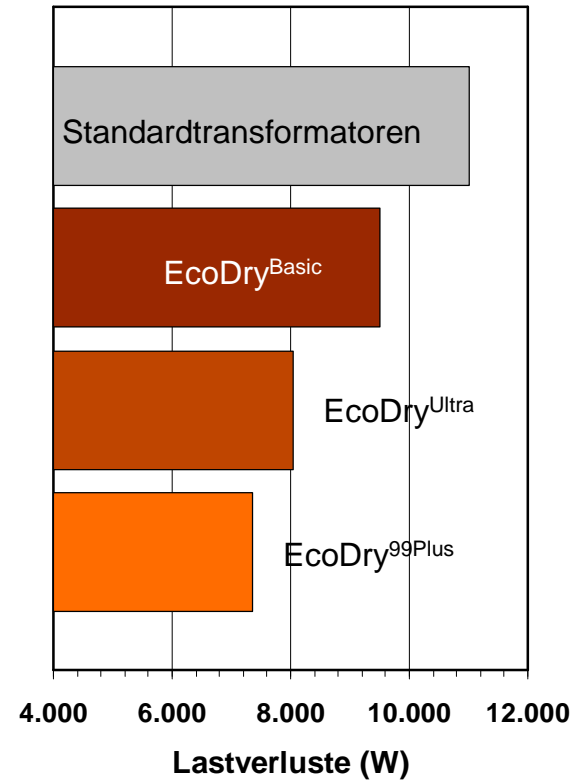
Vergleich der Verluste

1.000 kVA / 20 kV
Trocken-
transformatoren

Leerlaufverluste



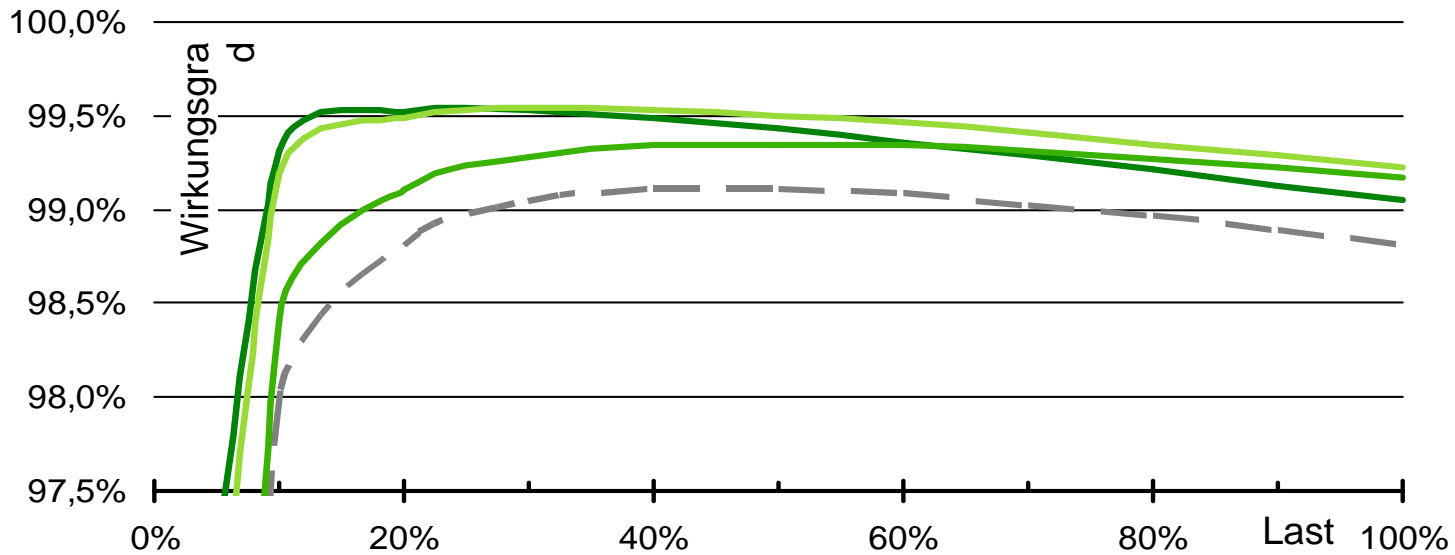
Lastverluste



EcoDry: höchsteffiziente Transformatoren für Ihre Anwendung

1.000 kVA
Referenzfall

- EcoDry^{Basic}
- EcoDry^{Ultra}
- EcoDry^{99Plus}
- - - Standard dry-type



Kapitalisierung der Verluste Lebenszykluskosten

Kapitalisierung der Verluste

Berechnung der Lebenszykluskosten

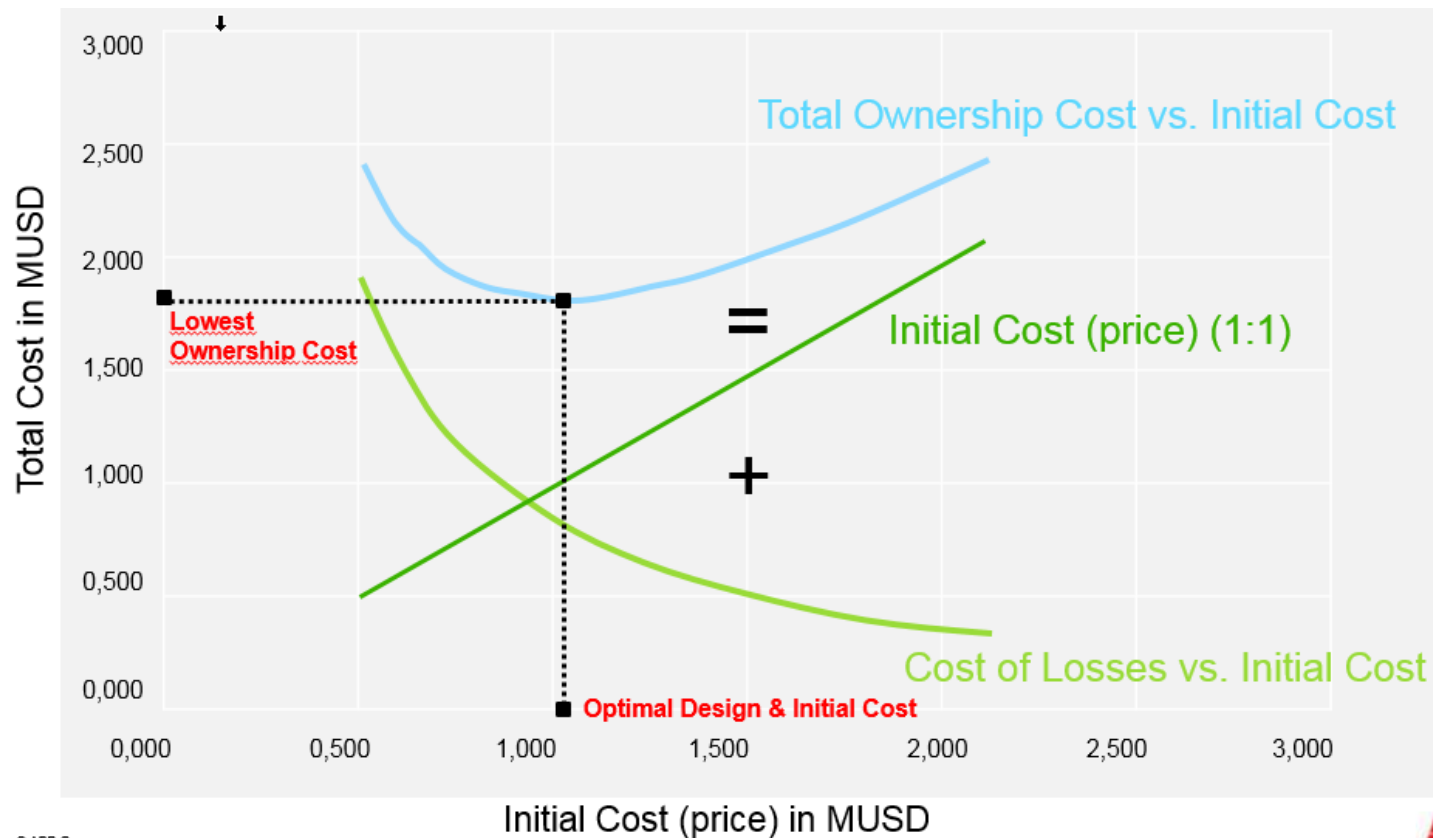
Die Methode der Lebenszykluskosten (TOC – Total Ownership Cost) betrachtet neben den Anschaffungskosten die Betriebskosten während der gesamten Lebensdauer eines Transformators und berechnet daraus einen auf die Gegenwart bezogenen Gesamtkostenwert

$$\text{TOC} = \text{Preis} + [A \text{ (EUR/W)} \times \text{Leerlaufverluste (W)}] + [B \text{ (EUR/W)} \times \text{Lastverluste (W)}]$$

Optimierung der Auslegung eines Transformators unter Einbezug der A- und B-Faktoren ergibt den über seine Lebensdauer kostengünstigsten Transformator, wobei Energiekosten, Kosten für elektrische Erzeugungsleistung, Kapitalkosten und die Transformatorauslastung des Kunden berücksichtigt werden

**TOC repräsentiert die wahren
Kosten !**

Verlustbetrachtung. Gesamtkosten über den Lebenszyklus(TOC)



© ABB Group
Publication: 2015-10-01

$$TOC = \text{Anschaffungspreis} + [A (\$/W) \times \text{Leerlaufverluste (W)}] + [B (\$/W) \times \text{Kurzschlussverluste (W)}]$$

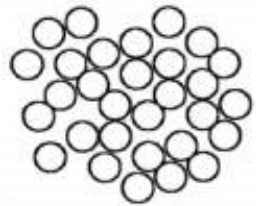


Amorphes Metall

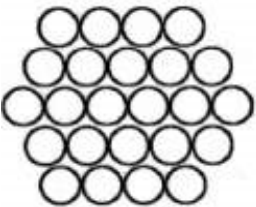
Ein High-Tech Material



- Amorphes Metall entsteht dank schneller Erstarrung aus der Flüssigphase
- Ohne kristalline Struktur (glasartige Struktur)
 - Konventionelles Trafoblech hat eine kristalline Struktur
- AM ist eine Legierung aus Fe-Si-B(Bor); Kernblech ist eine Fe-Si Legierung
- Dank fehlender kristalliner Anisotropie und fehlender Korngrenzen => einfachere und schnellere Umkehr des magnetischen Flusses

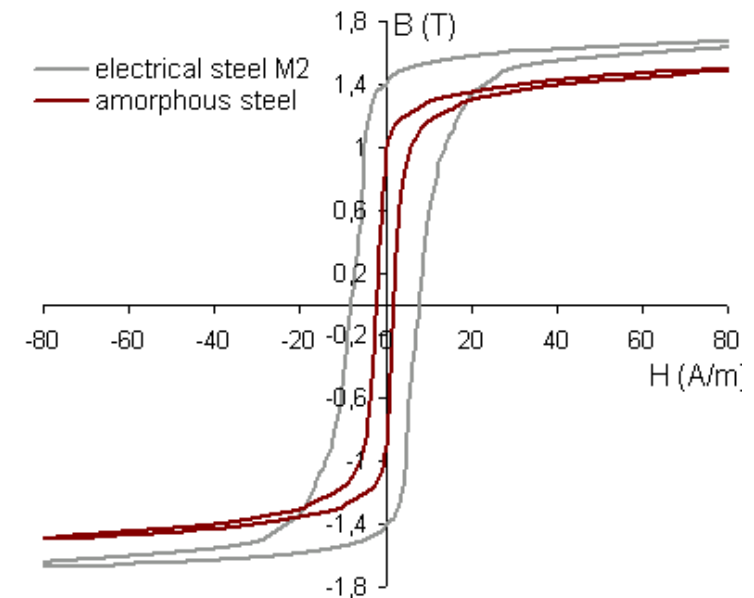


Amorphe Struktur
(ungeordnet; AM)



Kristalline Struktur
(geordnet;
Elektroblech)

Resultat: um 40 - 70% reduzierte Verluste



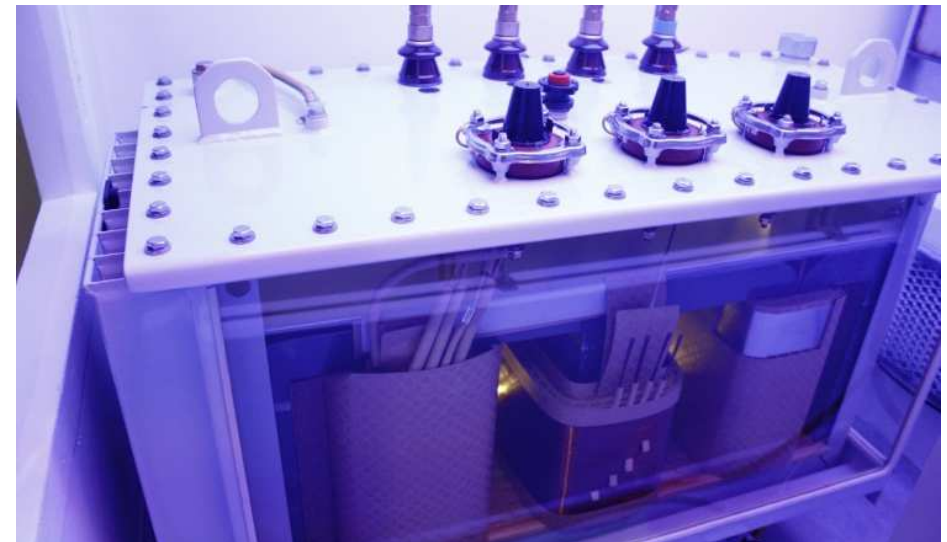
Amorphes Metall – ein technologischer Vorteil

Amorphes Metall (AM) ermöglicht im Vergleich zu RGO eine erhebliche Reduzierung der Leerlaufverluste um bis zu **70 Prozent**, wie nachfolgend für repräsentative Ausführungen flüssigkeitsgefüllter Transformatoren aufgeführt ist.

Leistung (kVA)	Leerlaufverluste (W) Regular Grain Oriented	Leerlaufverluste (W) Amorphes Metall	Verlustreduzierung
----------------	---	--------------------------------------	--------------------

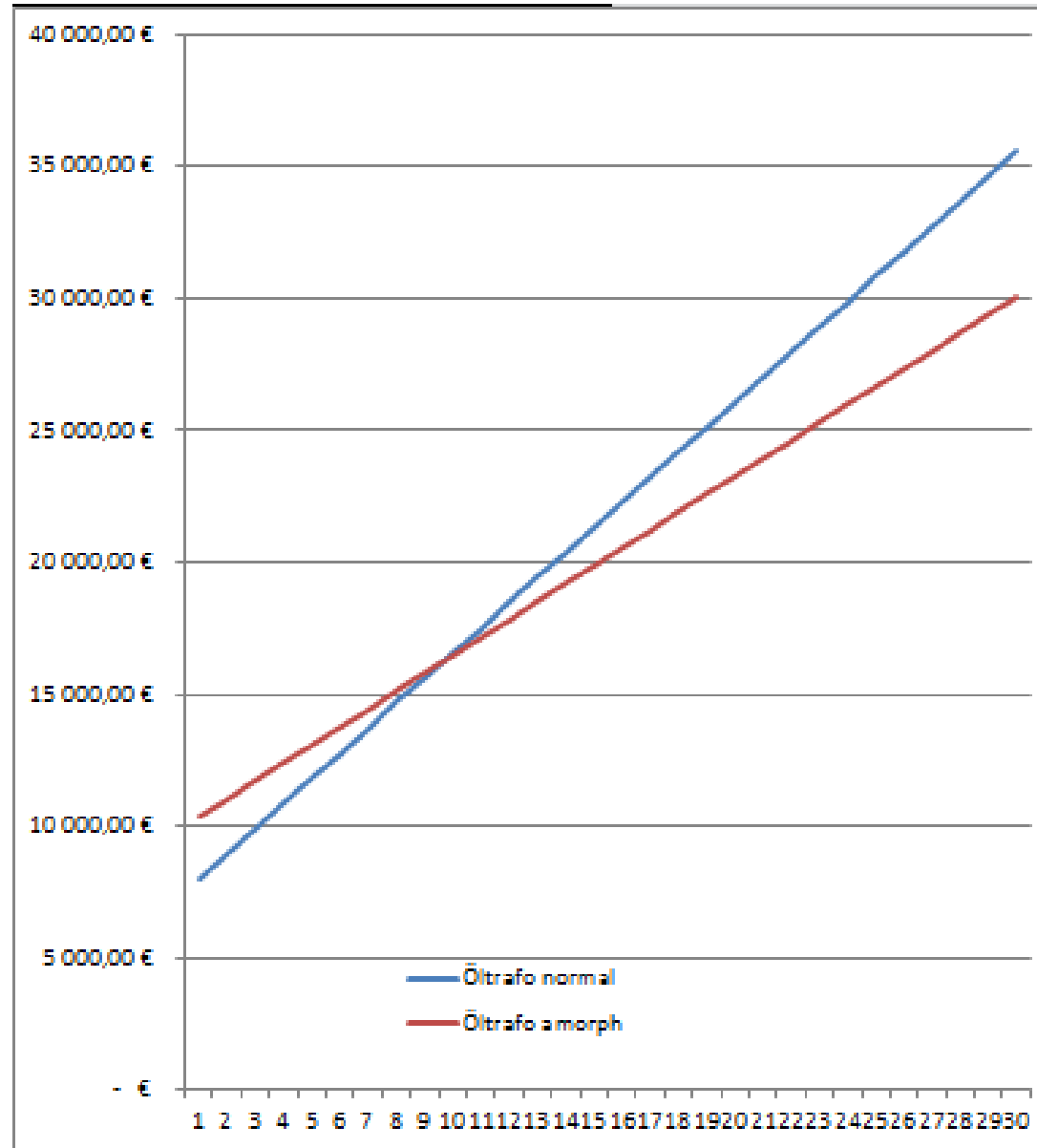
Vergleich der niedrigsten Leerlaufverlust-Spezifikation (A_0) gemäß IEC EN50464-1 mit ausgewählten dreiphasigen AM-Designs

100	145	75	48%
250	300	110	63%
400	430	170	60%
800	650	330	49%

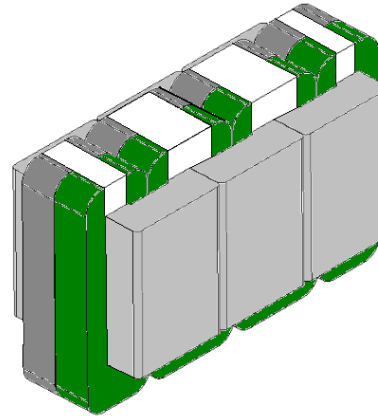
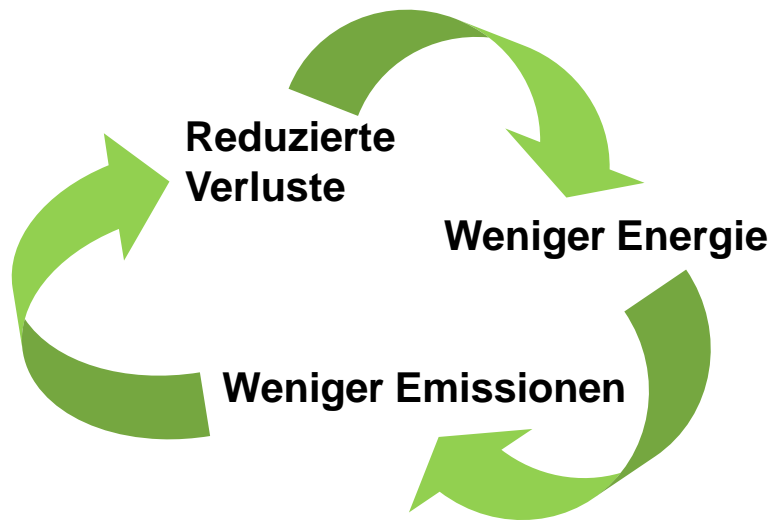


Gesamtkosten für den Eigentümer (TOC)

Trafo	Ölrafo normal	Ölrafo amorph
Trafosleistung [kVA]	630	630
P(0) [W]	600	290
P(k) [W] bei 120°C	5 400	5 400
Anschaffungskosten	7 050,00 €	9 670,00 €
Auslastung	30	%
Strompreis	0,1	€/ kWh
Betriebsstd. / Tag	24	Stunden
Betriebstage / Jahr	365	Tage
Gesamtverluste bei Auslastung [W]	1 086	776
Verluste / Jahr [kW] (24H, 7 Tage)	9 513	6 798



Amorphe Transformatoren



- Kern aus speziellem amorphem Material
- Erhebliche Reduktion der Leerlauf-Verluste
 - Weniger Wärmeerzeugung durch geringere Verlusten -> Reduzierte Kühlleistung und Ölmenge
Kleinere Verluste erzeugen weniger Wärme und verlangsamen somit auch die Alterung der Isolation
- TOC Profit / Gesamtkosten für den Eigentümer (TOC)
 - $TOC = \text{Anschaffungspreis} + [A (\$/W) \times \text{Leerlaufverluste (W)}] + [B (\$/W) \times \text{Kurzschlussverluste (W)}]$
- Steigerung der Effizienz
- Amorphes Kernmaterial kann wiederverwendet und recycelt werden

Energieeffizienz Website

Neue ABB - Energieeffizienz - Webseite

<http://new.abb.com/products/transformers/energy-efficiency>

View this page in [CHP](#)

HOME + OFFERS + TRANSFORMERS + ENERGY EFFICIENCY

GLOBAL SITE

Power and productivity for a better world **ABB**

Energy efficiency in transformers




ABB helps you achieve energy efficiency goals

New legislations coming into force call for new transformers to fulfill minimum energy efficiency requirements. ABB is well prepared with the new regulations to help you make a head start in meeting or exceeding the efficiency standards.

Are you looking for support or purchase information?
[Contact us](#)

News and features

 <p>Tool Compare transformer efficiency with ABB's TCO tool</p>	 <p>Blog Amorphous metal core technology reduces losses and lowers emissions</p>	 <p>FAQ How to comply with the new regulations?</p>	 <p>Press release ABB and UNEP join hands to accelerate the shift towards energy efficient products</p>
--	--	--	--

Learn more

Legislation MEPS regulations at a glance	Compositions blog Blog posts on ABB's energy efficient products and solutions	Group portal All about energy efficiency within ABB	Web portal See what ABB's transformer portfolio includes
--	---	---	--

Downloads

ABB article Ready to meet or exceed new EU ecodesign requirements	Brochure Learn more about ABB's energy efficient transformers	External report International Energy Outlook 2014 (IEA)	External report World Energy Outlook 2012 (IEA)	Educational material Community platform for Sustainable Energy Professionals (Leonardo Energy)
---	---	---	---	--

Gesamtkosten-Kalkulator

<http://tcocalculator.abb.com/>

Einstellungen

Währung:

Verwendung von Watt oder Kilowatt als Eingangsvariable
 Watt Kilowatt

Bedingungen

Ausgangsstrompreis (1. Jahr): EUR/kWh

Jährlicher Anstieg des Energiepreises: %

Zinssatz (für Investitionen): %

Nennleistung: KVA

Lebensdauer: Jahre

Durchschnittliche Belastung während der Lebensdauer: %

Betriebsstunden pro Jahr: Stunden

Verlustbewertung: A-Faktor: **40.31** EUR/W B-Faktor: **8.16** EUR/W

Vergleich und Resultate

 Amorph 	Verglichen mit: A0Bk 	Verglichen mit: A0Ck 
 Lowest total cost		
 Höchste Umweltverträglichkeit		
Leerlaufverluste (W): 250 Kurzschlussverluste (W): 6 500 Wirkungsgradindex (IEC) (%): 99.595 Kaufpreis (EUR): 10 450 Gesamtbetriebskosten (EUR): 73 590	Leerlaufverluste (W): 600 Kurzschlussverluste (W): 5 400 Wirkungsgradindex (IEC) (%): 99.429 Kaufpreis (EUR): 9 820 Gesamtbetriebskosten (EUR): 78 089	Leerlaufverluste (W): 600 Kurzschlussverluste (W): 6 500 Wirkungsgradindex (IEC) (%): 99.373 Kaufpreis (EUR): 8 380 Gesamtbetriebskosten (EUR): 85 629
 Einsparungen während der Gesamtlebensdauer (EUR):	4 500	12 039
 Amortisationszeit (Jahre):	2.8	3.4
 Energieeinsparungen/Jahr (kWh):	1 115	3 066
 Energieeinsparungen/Gesamt (kWh):	33 441	91 980
 CO ₂ Emissionsminderung/Jahr (kg):	545	1 500
 = CO ₂ Absorptionsfähigkeit (Verzeichnisbaum):	25	68

EU-Verordnung 548/2014

EU-Verordnung 548/2014 zu Verlusten und Energieeffizienz von Transformatoren

1. Transformatoren gelten als energieverbrauchsrelevante Produkte mit einem hohen Potenzial für Energieeinsparungen
 - Die Gesamtverluste aller Transformatoren in den 28 Mitgliedstaaten der EU belaufen sich auf etwa 100TWh jährlich
 - Dies entspricht 40Mt CO₂ –Emissionen
2. Die EU-Verordnung legt maximale Werte für die Verluste der Transformatoren fest. Diese Werte sind gesetzlich verpflichtend.
 - Transformatoren, die den Mindestanforderungen der Verordnung nicht entsprechen und nach dem 10. Juni 2014 erworben wurden, dürfen ab dem 1. Juli 2015 nicht mehr neu in Betrieb genommen werden.

EU-Verordnung zu Verlusten und Energieeffizienz von Transformatoren

- Die maximal zulässigen Verlustwerte für Öl-Transformatoren (max. 3150kVA und 24kV)

	Stufe 1	Stufe 2
25 - 1000 kVA	Ck, A0	Ak, A0 -10 %
1001 - 3150 kVA	Bk, A0	Ak, A0 -10 %

- Die maximale Verlustwerte für Trocken-Transformatoren

	Stufe 1	Stufe 2
25 - 630 kVA	Bk, A0	Ak, A0 -10 %
631 - 3150 kVA	Ak, A0	Ak, A0 -10 %



DIN EN 50464

⊕ ⊖ Tabelle 2 – Kurzschlussverluste P_k bei 75 °C für $U_m \leq 24$ kV

Bemessungsleistung kVA	D_k	C_k	B_k	A_k	Kurzschlussimpedanz %
	W	W	W	W	
50	1 350	1 100	875	750	4
100	2 150	1 750	1 475	1 250	
160	3 100	2 350	2 000	1 700	
250	4 200	3 250	2 750	2 350	
315	5 000	3 900	3 250	2 800	
400	6 000	4 600	3 850	3 250	
500	7 200	5 500	4 600	3 900	
630	8 400	6 500	5 400	4 600	
630	8 700	6 750	5 600	4 800	6
800	10 500	8 400	7 000	6 000	
1 000	13 000	10 500	9 000	7 600	
1 250	16 000	13 500	11 000	9 500	
1 600	20 000	17 000	14 000	12 000	
2 000	26 000	21 000	18 000	15 000	
2 500	32 000	26 500	22 000	18 500	

Tabelle 3 – Leerlaufverluste P_0 und Schalleistungspegel L_{WA} für $U_m \leq 24$ kV

Bemessungsleistung kVA	E_0		D_0		C_0		B_0		A_0		Kurzschlussimpedanz %
	P_0	L_{WA}	P_0	L_{WA}	P_0	L_{WA}	P_0	L_{WA}	P_0	L_{WA}	
	W	dB(A)	W	dB(A)	W	dB(A)	W	dB(A)	W	dB(A)	
50	190	55	145	50	125	47	110	42	90	39	4
100	320	59	260	54	210	49	180	44	145	41	
160	460	62	375	57	300	52	260	47	210	44	
250	650	65	530	60	425	55	360	50	300	47	
315	770	67	630	61	520	57	440	52	360	49	
400	930	68	750	63	610	58	520	53	430	50	
500	1 100	69	880	64	720	59	610	54	510	51	
630	1 300	70	1 030	65	860	60	730	55	600	52	
630	1 200	70	940	65	800	60	680	55	560	52	6
800	1 400	71	1 150	66	930	61	800	56	650	53	
1 000	1 700	73	1 400	68	1 100	63	940	58	770	55	
1 250	2 100	74	1 750	69	1 350	64	1 150	59	950	56	
1 600	2 600	76	2 200	71	1 700	66	1 450	61	1 200	58	
2 000	3 100	78	2 700	73	2 100	68	1 800	63	1 450	60	
2 500	3 500	81	3 200	76	2 500	71	2 150	66	1 750	63	

ANMERKUNG P_0 = Leerlaufverluste, L_{WA} = Schalleistungspegel

Geltungsbereich

- Die EU-Verordnung gilt für Trockentransformatoren und flüssigkeitsgefüllte Transformatoren mit einer Mindestleistung von 1kVA
- Es gibt Transformatoren für spezielle Anwendungsbereiche, die nicht in den Geltungsbereich der Verordnung fallen:
 - Messwandler
 - Gleichrichter-Transformatoren
 - Ofen-Transformatoren
 - Transformatoren für Notfallinstallationen
 - Transformatoren für Eisenbahn-Anlagen oder Schienenfahrzeuge
 - Anfahrtstransformatoren (Starten von Drehstrommotoren)
 - Schweißtransformatoren
 - Prüftransformatoren (Prüfung elektr. Betriebsmittel)

Zusammenfassung



Umweltfreundliche – Eco Familie

- Reduktion der Leerlaufverluste um bis zu 70%, folglich Verminderung der Lebenszykluskosten und CO₂ Emissionen
- Für jedes gesparte GW reduzieren sich auch die CO₂ Emissionen jährlich um fünf Millionen Tonnen

Finanzielle Vorteile durch optimierte Lebenszykluskosten

- Hinsichtlich der tieferen Lebenszykluskosten sind die ersten Einsparungen bereits nach ein paar Jahren ersichtlich

Ein 1.000 kVA EcoDry Transformator reduziert den CO₂ Ausstoß jährlich um sieben Tonnen

Eine Kombination aus Energieeffizienz, Sicherheit und Umweltfreundlichkeit
ABB hat die komplette Nachhaltigkeitslösung für flüssigkeitsgefüllte
Verteiltransformatoren

**Power and productivity
for a better world™**

