



SIEMENS

Ingenuity for life



SIEMENS

Leistungs- transformatoren

Maschinen- und Netztransformatoren
von 30 bis über 1.300 MVA

[siemens.de/transformatoren](https://www.siemens.de/transformatoren)

Qualität und Leistung aus Tradition und Überzeugung

Eine Grundanforderung an alle Leistungstransformatoren ist es, Energie effizient und zuverlässig zum Verbraucher zu bringen. Dabei ist jeder einzelne Transformator ein Unikat – ausgelegt nach individuellen Faktoren wie Spannung, Leistung, Klima, Netztopografie, Geräuschpegel und vielen anderen mehr. Wir bei Siemens setzen Ihre individuellen Anforderungen in höchster Qualität um: Unsere Leistungstransformatoren sind dafür bekannt, dass sie über viele Jahrzehnte hinweg zuverlässig arbeiten.

Unsere Qualität garantiert Zuverlässigkeit

Unsere hohen Qualitätsstandards sind weltweit bekannt und anerkannt. Alle Siemens-Transformatorwerke weltweit arbeiten nach einheitlichen, zertifizierten Qualitätsmanagement-Systemen, unter anderem DIN ISO 9001:2008. Unser hoher Qualitätsstandard basiert vor allem auf in über 100 Jahren aufgebauter Erfahrung in allen Bereichen sowie kontinuierlich vorangetriebener Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

Auf unsere Leistung ist Verlass – jederzeit und überall

Für unsere Kunden sind Leistungstransformatoren eine Kernkomponente ihrer Stromübertragung. Für uns sind sie unsere Leidenschaft. Seit mehr als 100 Jahren sind wir Partner namhafter Energieversorgungs- und Industrieunternehmen in aller Welt. Unser globales Fertigungsnetzwerk macht es möglich, die Vorteile der Größe eines Weltkonzerns und regionale Präsenz optimal zu verbinden. Wo immer Sie sich befinden, wir sind in Ihrer Nähe, um Ihnen mit unserem in Jahrzehnten aufgebauten Know-how zur Seite zu stehen. Dabei begleiten wir Sie gern vom ersten Schritt der Transformatorenplanung über die Konstruktion und die Herstellung bis zum Transport und zur Inbetriebnahme. Selbstverständlich betreuen wir Sie und Ihren Transformator auch nach der Auslieferung und Inbetriebnahme: Mit unserem Transformer Lifecycle Management können wir hierbei auch spezielle Kundenwünsche präzise umsetzen und einen wichtigen Beitrag zur Steigerung der Lebensdauer der Transformatoren leisten.

Maschinentransformator 350 MVA



Netztransformator 40 MVA



Immer erste Wahl

Leistungstransformatoren werden vor allem als Maschinen- und Netztransformatoren eingesetzt. Die Ausstattung mit Stufenschaltern, Umstellern oder einer Kombination aus beidem ermöglicht dabei eine konstante Ausgangsspannung. Wir fertigen Leistungstransformatoren entsprechend ihrem Einsatzzweck und den Kundenanforderungen sowohl einphasig als auch dreiphasig als Voll- oder Spartransformator – mit Leistungen von bis zu 1.300 MVA und für Spannungen bis in eine der höchsten Isolationsklassen von 800 kV. Auch eine voll- oder teilwanderfähige Ausführung ist möglich. Selbstverständlich fertigen wir unsere Transformatoren entsprechend den Spezifikationen der IEC 60076 und weiteren internationalen und nationalen Normen wie ANSI/IEEE und IEC.

Technischer Fortschritt als Maxime

Jeder einzelne unserer Transformatoren vereint unsere jahrzehntelange Erfahrung und unsere Überzeugung, dass man auch Gutes und Bewährtes weiter perfektionieren kann. Deshalb entwickeln und produzieren wir nicht nur Transformatoren nach Kundenwunsch, sondern treiben gezielt Innovationen voran. Besonders geräuscharme Transformatoren, umweltfreundliche Isolierflüssigkeiten und Lösungen zur Gleichstromkompensation galten vor nicht allzu langer Zeit noch als Zukunftsmusik – dank unserer intensiven Forschungs- und Entwicklungsarbeit in enger Zusammenarbeit mit unseren Kunden zählen sie heute zu unserem Standardlieferspektrum.

Was unsere Kunden sagen:

»Wir kennen unsere Ansprechpartner bei Siemens persönlich, und sie sind immer für uns da – auch wenn es um komplexe Themen geht. So funktioniert eine gute Kundenbeziehung!«
Energieversorger, USA

»Wir finden den Siemens-Service exzellent!«
Energieversorgungsunternehmen, Vereinigte Arabische Emirate

»Kompetente und zuverlässige Geschäftspartner mit »Handschlagqualität.«
Energieversorgungsunternehmen, Österreich

»Unsere Ansprechpartner bei Siemens Transformers sind sehr kenntnisreich und hören auf unsere Bedürfnisse und Wünsche. Sie evaluieren zügig und versuchen, schnellstmöglich auf unsere Anfragen zu antworten.«
Kunde aus der Metallindustrie, Brasilien

»Ich empfehle meinen Geschäftspartnern gerne Siemens-Transformatoren.«
Auf Wasserkraft spezialisierter Energieversorger, Kanada

»Die Experten arbeiten sehr professionell. Siemens-Transformatoren sind sehr angesehen.«
Beratungsunternehmen, China



420-kV-Netztransformator mit natürlichem Ester



Leistungstransformator in teilwanderfähiger Ausführung



Maschinentransformator in einem Gaskraftwerk

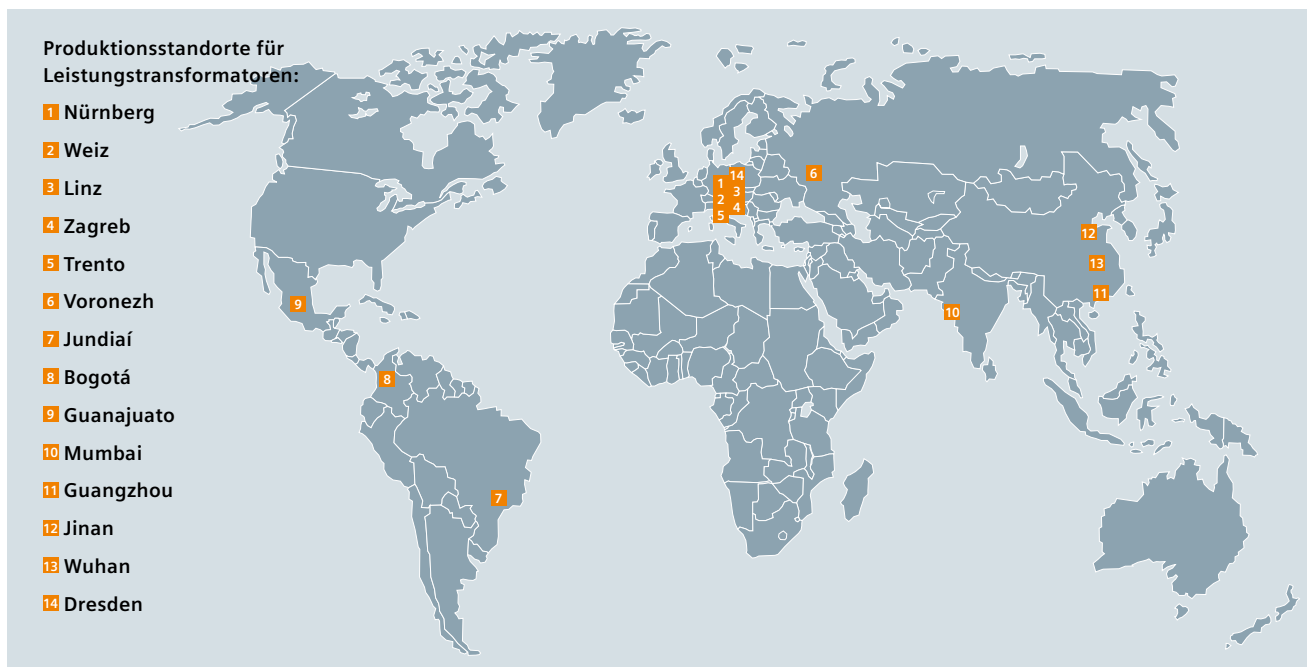
Globales Engineering-Netzwerk

In insgesamt 14 Transformatorenwerken auf vier Kontinenten stellen wir Siemens-Leistungstransformatoren her. Klar, dass jedes dieser Werke unterschiedliche Schwerpunkte in Forschung und Entwicklung setzt. Unser Werksverbund stellt sicher, dass unsere Kunden weltweit von den besonderen Fertigkeiten und Lösungen aller einzelnen Standorte profitieren. Und unser Werkskonzept stellt sicher, dass unseren Kunden weltweit und unabhängig vom Standort das gleiche umfangreiche Know-how sowie dieselbe Technologie und Qualität zur Verfügung stehen. Harmonisiertes Design, weltweit einheitliche Designrichtlinien und für alle Werke einheitliche IT-Programme stellen sicher, dass unsere Kunden stets das bestmögliche Produkt erhalten, aus welchem Siemens-Werk sie es im Einzelfall auch beziehen mögen. Ein baukastenähnliches Prinzip ermöglicht es, Kundenanforderungen gezielt umzusetzen.

Auf den Innenseiten dieser Broschüre finden Sie einen Überblick über die weltweit einheitlichen Schritte bei der Herstellung unserer Leistungstransformatoren.

Die einzigartige Organisation unseres weltweiten Fertigungsnetzwerks bietet unseren Kunden klare Vorteile:

- prompte Angebotserstellung
- optimiertes und durchgängiges Projektmanagement
- spürbar kürzere Produktions- und Lieferzeiten
- sehr hohe Liefertreue
- Flexibilität und Sicherheit durch Backup-Werke
- schnelle und einheitliche Dokumentation
- punktgenaue Lieferung



Ein Transformator entsteht

Der Kern

Der Eisenkern bildet das Herz eines jeden Siemens-Transformators. Hochwertige, kaltgewalzte und laserbehandelte Bleche mit Stärken von 0,3 mm oder weniger werden von computergesteuerten Maschinen präzise geschnitten. Dadurch werden auch geringste Toleranzen sicher eingehalten. Dann werden die Einzelbleche in der sogenannten Step-lap-Technik von Hand zu Kernen zusammengefügt. Wir erreichen auf diese Weise einen besonders günstigen Flussverlauf an den Stoßstellen und damit besonders niedrige Verluste sowie äußerst geringe Leerlaufgeräusche. Ist der Transformatorerkern fertig, bringt ein Hydrauliktisch ihn in die vertikale Montageposition, in der die Wicklungen montiert werden.

Die Wicklungen

Transformatorwicklungen sind kontinuierlich hohen elektrischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt. Scheiben- und Zylinderspulen mit Drillleitern aus Kupferdraht garantieren hier hohe mechanische Stabilität und lange Betriebssicherheit.

Scheibenspulen für hohe Spannungen bestehen aus fortlaufend gewickelten Spulen, die durch radiale und axiale Kanäle für die Ölkühlung unterteilt sind. Die Fertigung erfolgt auf Vertikal- und Horizontalbänken. Durch das fortlaufende Wickeln von Scheibenspulen werden Lötstellen auf ein Minimum reduziert. Präzise Steuerungssysteme sorgen dabei für einen konstanten Anpressdruck und Wickelzug, während erfahrene Spulenwickler jeden Arbeitsschritt überwachen.

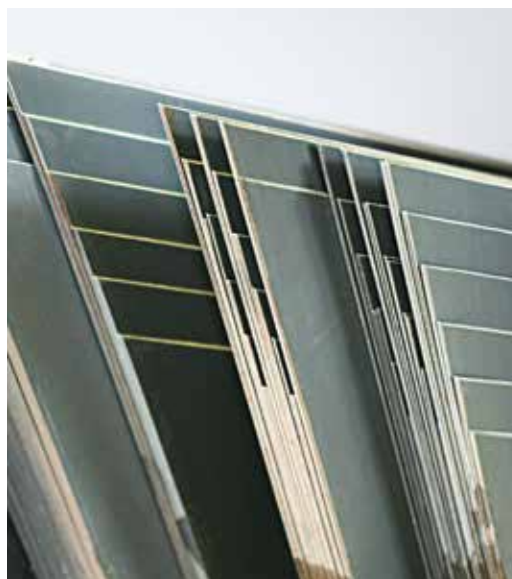
Lagenwicklungen für niedrige Spannungen bestehen aus konzentrisch übereinander angeordneten Zylinderspulen, die durch axiale Ölkanäle getrennt sind.

Nach dem Wickeln werden die Spulen gepresst, unter konstantem Druck getrocknet, ölimprägniert, exakt vermessen und, soweit erforderlich, geometrisch nachjustiert.

Präzision vom ersten Schritt an: das Kernlegen



Step-lap-Technik sorgt für idealen magnetischen Fluss



Wicklungen aus Drillleitern reduzieren



Spannungsregelung

Die Netz- und Erzeugerspannung kann infolge äußerer Einflüsse relativ stark von der Nenngröße abweichen. Siemens-Transformatoren bieten daher die Möglichkeit, die Spannung an die Netzverhältnisse anzupassen. Sie kann entweder spannungslos per Umsteller oder unter Last mit Hilfe von Stufenschaltern schrittweise geändert werden. Umsteller und Stufenschalter sind mit einem Motorantrieb versehen und können so sowohl vor Ort als auch per Fernwartung gesteuert werden.

Der Kessel

Hochwertige und qualitätsgesicherte Kessel bestimmen das Erscheinungsbild unserer Transformatoren. In der schützenden Hülle verbergen sich Aktivteil und Ölfüllung. Diese wiegen zusammen oft mehrere hundert Tonnen. Das Gewicht des Kessels sollte also nicht noch extra auftragen, gleichzeitig sollte er aber statisch sicher und dicht sein und mechanischen Belastungen standhalten. Erstklassiger Korrosionsschutz ist deshalb Grundvoraussetzung für einen langlebigen Kessel.

Zusatzverluste auf ein Minimum



Stufenschalter und Umsteller sorgen für eine gleichbleibende Ausgangsspannung



Dieser Kessel ist speziell für den Transport im Schnabelwagen gebaut



Kühlung

Die Notwendigkeit, die allgemein zulässigen maximalen Erwärmungen nicht zu überschreiten, sowie »Hot spot«-Temperaturen im Transformator erfordern eine entsprechende Dimensionierung der Kühlanlage. Je nach individuellen Einsatzbedingungen können verschiedene Kühlungsarten eingesetzt werden, um einen sicheren und einwandfreien Betrieb über viele Jahre zu garantieren. Hierbei sind vor allem die Öl-Luft-Kühlungen ONAN, ONAF, OFAF und ODAF sowie die Öl-Wasser-Kühlungen OFWF und ODWF zu nennen. Die Radiatorenbatterien beziehungsweise Öl-Luft- und Öl-Wasser-Kühler können am Transformator angebaut oder separat aufgestellt werden.

Die Endmontage

Aus Kern, Wicklungen, Stufenschalter und Verbindungsleitungen entsteht der Aktivteil des Transformators. Ein besonderes Augenmerk gilt dabei der mechanischen Stabilität der Wicklungen. Axiale Schubkräfte werden durch einen gemeinsamen Pressring für alle Wicklungen eines Schenkels minimiert, da so die geometrische Position der einzelnen Wicklungen fixiert wird. Dann wird der Aktivteil in einer Vapor-Phase-Anlage unter Vakuum bei 130 °C getrocknet. Nach der Trocknung werden am noch über 100 °C heißen Aktivteil alle Verschraubungen geprüft und gesichert und der Aktivteil wird schnellstmöglich in den Kessel eingebracht. Für eine gesteigerte Lebenserwartung wird das Isolieröl unverzüglich in den Transformator gefüllt, damit die Isolierteile keine Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft anziehen.

Sind nun die Anbauteile wie Motorantrieb, Schaltschränke, Durchführungen und Überwachungsgeräte montiert, ist der Leistungstransformator nach einer gewissen Standzeit bereit für die Endprüfung.

Handarbeit vom ersten Schritt bis zur Endmontage



Der Aktivteil wird in den Kessel eingefahren



Kühlungsequipment sorgt für effiziente Wärmeabfuhr



Die Endprüfung

Erst nach erfolgreich bestandener Endprüfung schicken wir einen Transformator auf den Weg zum Kunden. Deshalb verfügt jedes unserer Werke über ein Hochleistungsprüffeld, in dem ein breites Spektrum an Prüfungen durchgeführt wird: sowohl Spannungsprüfungen einschließlich Blitzstoßspannungsprüfungen als auch Erwärmungsprüfungen bis zu Sonderprüfungen über Isolationswiderstand, Oberschwingungen oder Geräuschpegel. Prüfungen zur Kurzschlussfestigkeit werden in international anerkannten und zugelassenen Instituten durchgeführt.

Die umfangreichen Prüfungen tragen maßgeblich dazu bei, dass unsere Leistungstransformatoren zu den zuverlässigsten der Welt zählen und Kunden in aller Welt auf unsere in jedem Einzelfall nachgewiesene Qualität vertrauen.

Transformatorenservice

Auf die Betreuung durch unsere Experten ist auch dann Verlass, wenn der Transformator das Werk verlassen hat: Wir kümmern uns um den Transport und übernehmen auf Wunsch auch gern Installation und Inbetriebnahme.

Darüber hinaus stellen wir unseren Kunden eine Vielzahl an Dienstleistungen zur Verfügung, die während der gesamten Lebensdauer unserer Transformatoren für zuverlässigen und störungsfreien Betrieb sorgen: Unsere Profis von der Trafo-Akademie bieten Schulungen rund um unsere Transformatoren an, unser Transformer Lifecycle Management kümmert sich um alle Belange und Fragen, die während des Betriebs auftauchen – von Ölanalyse und Diagnose über Online-Monitoring, Wartung und Instandhaltung bis zur schnellen und zuverlässigen Beschaffung von Ersatzteilen sowie zu Reparaturen und Retrofits.

Für die Prüfung wird der Transformator vollständig aufgebaut und angeschlossen



Transformator in der Höchstspannungs-Prüfhalle



Siemens TLM – Service für die gesamte Lebensdauer



Stets die Gesamtkosten im Auge

Transformatoren sind wertvolle Investitionsgüter, die ihren Wert über Jahrzehnte wieder einspielen müssen. Gerade deshalb empfiehlt es sich, die Anschaffungskosten nicht zum allein ausschlaggebenden Faktor beim Kauf eines Transformators zu machen, sondern stets die Betriebskosten mit im Blick zu behalten: Ausfälle, Brände und Explosionen, aber auch die mangelnde Berücksichtigung durchaus planbarer Details machen einen scheinbar günstigen Transformator schnell teuer. Diese Faktoren müssen daher auf jeden Fall vor der Kaufentscheidung in die Berechnung der Anschaffungs- und Betriebskosten einfließen.

Täglich sparen mit effizienten Transformatoren

Das Thema »Effizienz« steht bei der Berechnung und Auslegung unserer Transformatoren an erster Stelle. Geringe Verluste bedeuten für unsere Kunden schließlich bares Geld – und sie helfen, die Umwelt zu schonen. Wirkungsgrade von über 99 Prozent sind daher bei unseren Transformatoren heutzutage Standard. Gleichzeitig sind effizientere Transformatoren geräuschärmer. Auch das dient Mensch und Umwelt. Muss es in einzelnen Fällen besonders leise zugehen, können Sie sich auf die einzigartigen Lösungen unserer Techniker zur Geräuschminimierung verlassen: Unsere »Flüster-Transformatoren« arbeiten

nicht mit einer rein passiven Dämpfung, sondern beheben das typische Brummen aktiv.

Umweltfreundliche Lösungen

Dank unserer Innovationen und Forschungen rund um alternative Isolierflüssigkeiten können wir Transformatoren für den Einsatz an Orten mit besonders hohen Sicherheitsanforderungen anbieten, beispielsweise für Naturschutz- und Trinkwasserschutzgebiete oder auf See. Wir haben jahrelange Erfahrung mit Mineralöl-Alternativen in Leistungstransformatoren, sowohl mit Silikonölen als auch mit Isolierflüssigkeiten aus synthetischen und natürlichen Estern.

Minimiertes Ausfallrisiko

Eine wichtige Hauptanforderung im Transformatorenbau ist es, das Ausfallrisiko so gering wie möglich zu halten. Muss ein Transformator ungeplant vom Netz genommen werden, verursacht das hohe Kosten. Deshalb sorgen wir bei all unseren Produkten für maximale Sicherheit im täglichen Betrieb: Nicht umsonst sind Siemens-Transformatoren für maximale Kurzschlussfestigkeit, Überlastfähigkeit, Hochtemperaturbetrieb, Sicherheit beim Anlauf nach einem Stromausfall sowie geringe Wartungskosten bekannt.

Beispielrechnung für Gesamtinvestitionskosten

A. Transformator mit geringem Anschaffungspreis				B. Verlustoptimierter Transformator			
PO	Leerlaufverluste	200,01	kW	PO	Leerlaufverluste	217,49	kW
Pk	Lastverluste	904,70	kW	Pk	Lastverluste	763,30	kW
Cp	Kaufpreis	2.679.337	Euro	Cp	Kaufpreis	2.955.698	Euro
TCO	Gesamtkosten Kauf und Betrieb	2.425.211	Euro/Jahr	TCO	Gesamtkosten Kauf und Betrieb	2.256.215	Euro/Jahr

Die Evaluierung der Anschaffungs- und Betriebskosten eines Transformators hängt vom Kaufpreis und den Gesamtbetriebskosten ab ($TOC = Cc + CP0 + CPK + CD$). In der nebenstehenden Grafik werden zwei unterschiedliche Transformatorendesigns verglichen. Die Einsparung von Verlusten spart 168.996 € pro Jahr, sodass sich der höhere Anschaffungspreis von 276.361 € in weniger als zwei Jahren amortisiert.

Berechnungsparameter (detailliert)			
Abschreibungszeitraum	n	–	30 Jahre
Zinssatz	p	–	12 %
Stromkosten	Ce	–	0,25 €/kWh
Bereitstellungsgebühr	Cd	–	350 €/kWh
Angesetzter Lastfaktor pro Jahr	α	–	0,8
Abschreibungsfaktor	r	$r = p * q^n / (q^n - 1)$	12,41
Zinsfaktor	q	$q = p / 100 + 1$	1,12
Kaufpreis	Cp	–	€
Investitionskosten	Cc	$Cc = Cp * r / 100$	€/Jahr
Kosten Leerlaufverluste	CP0	$CP0 = Ce * 8760h / Jahr * PO$	
Kosten Lastverluste	CPK	$CPK = Ce * 8760h / Jahr * PK * \alpha$	
Kosten aus Bereitstellungsgebühr	CD	$CD = Cd (PO + Pk)$	

Kosten Amortisierungsprozess

Referenzen

Werk:
Guanajuato, Mexiko

Einsatzort:
USA

Für diesen Reihentransformator mit zwei Unterspannungen (20/26,66/33,33 MVA/138x69/26,18 kV) für eine amerikanische Umspannstation kombinierte das Werk in Guanajuato in Mexiko Know-how aus verschiedenen Projekten, um die für den Kunden beste Lösung zu liefern.



Werk:
Weiz, Österreich

Einsatzort:
Südafrika

Langjährige Beziehungen zu einem südafrikanischen Energieversorger führten dazu, dass das Werk im österreichischen Weiz große Leistungstransformatoren für dessen Umspannstationen baute. Die gezeigte 800-MVA-400-/275-/22-kV-Einheit wiegt insgesamt 390 Tonnen.



Werk:
Guangzhou, China

Einsatzort:
Australien

Dieser einphasige 120-MVA-Transformator (132/66/11 kV) für eine australische Bergbau-Umspannstation wurde vom Werk Guangzhou in China geliefert.



Werk:
Wuhan, China

Einsatzort:
China

Das Trafowerk in Wuhan entwickelte die erste transportable Umspannstation mit 66/110 kV und integriertem 20-MVA-Transformator. Kompaktes Design in einem sehr sicheren und zuverlässigen Transformator war gefragt.



Werk:
Linz, Österreich

Einsatzort:
Australien

Für eine Blindleistungskompensationsanlage entwickelte und baute Siemens einen Transformator zur Gleichstromkompensation, der besonders leise und energieeffizient arbeitet. Die Energieeinsparung liegt bei bis zu zehn Prozent, der Geräuschpegel konnte um bis zu 15 Dezibel gesenkt werden.



Werk:
Zagreb, Kroatien

Einsatzort:
Philippinen

Dieser 318-MVA-Transformator wurde im kroatischen Zagreb für ein kombiniertes Gas- und Dampfturbinenkraftwerk auf den Philippinen gebaut. Die extrem kurze Lieferzeit von fünfeinhalb Monaten wurde unter anderem dank dem Transport mit dem Frachtflugzeug erreicht.



Werk:
Jinan, China

Einsatzort:
Singapur

In einem Gas- und Dampf-Kombikraftwerk in Singapur arbeitet dieser 490-MVA-Transformator mit $230 \pm 15\%$ /22 kV. Er wurde vom Transformatorenwerk in Jinan, China, gefertigt und mit einer besonderen Kühlung (ONAN/ONAF/ONDF) versehen.



Werk:
Mumbai, Indien

Einsatzort:
Indien

Für eine indische Wärmekraftanlage wurde dieser einphasige 240-MVA-22-kV-Transformator gebaut. Diese Einheit wurde bei der KEMA in Holland kurzschlussgeprüft und ist damit der größte Siemens-Transformator, der diese besondere Prüfung bestanden hat.



Werk:
Trento, Italien

Einsatzort:
Italien

Zwei dieser 140-MVA-Transformatoren wurden in Trento in Italien für einen lokalen Energieerzeuger gebaut. Sie passen perfekt in die bereits existierenden feuerfesten Gehäuse eines thermoelektrischen Kraftwerks.



Werk:
Voronezh, Russland

Einsatzort:
Russland

Die extremen Temperaturen in Sibirien stellen besondere Anforderungen an Transformatoren. Dieser 125-MVA-Spartransformator erfüllt diese Anforderungen spielend und unterschreitet die maximalen Verlustwerte, die der russische GOST-Standard vorschreibt.



Werk:
Nürnberg, Deutschland

Einsatzort:
Deutschland

Dieser 420-kV-Leistungstransformator für eine Umspannstation wurde in Nürnberg gebaut. Speziell für den Einsatz in einem Wasserschutzgebiet wurde der erste Transformator für die 420-kV-Höchstspannungsebene mit natürlichem Ester entwickelt, für den keine Wassergefährdungsklasse ausgewiesen werden muss.



Werk:
Dresden, Deutschland

Einsatzort:
Großbritannien

Für den Windpark London Array lieferte das Siemens-Transformatorenwerk in Dresden vier Netztransformatoren mit je 180 MVA. Wie bei Transformatoren für Offshore-Plattformen üblich, wurde hier besonderer Wert auf Korrosionsschutz und kompaktes Design gelegt.



Werk:
Jundiaí, Brasilien

Einsatzort:
Brasilien

Für den Einsatz in einem System für flexible Drehstromübertragung (FACTS) produzierte das Werk in Brasilien einen Blindleistungskompensator mit 150 MVA. Der 230-kV-Transformator wiegt 125 Tonnen.



Herausgeber
Siemens AG 2017

Energy Management Division
Freyeslebenstraße 1
91058 Erlangen, Deutschland

Siemens AG
Transformatoren
Katzwanger Straße 150
90461 Nürnberg, Deutschland

Wünschen Sie mehr Informationen,
wenden Sie sich bitte an unser
Customer Support Center.
Tel.: +49 180/524 70 00
Fax: +49 180/524 24 71
(Gebühren in Abhängigkeit vom Provider)
E-Mail: support.energy@siemens.com

Gedruckt in Deutschland
Dispo 19200
fb 7434 WS 03170.1

Änderungen und Irrtümer vorbehalten.

Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.