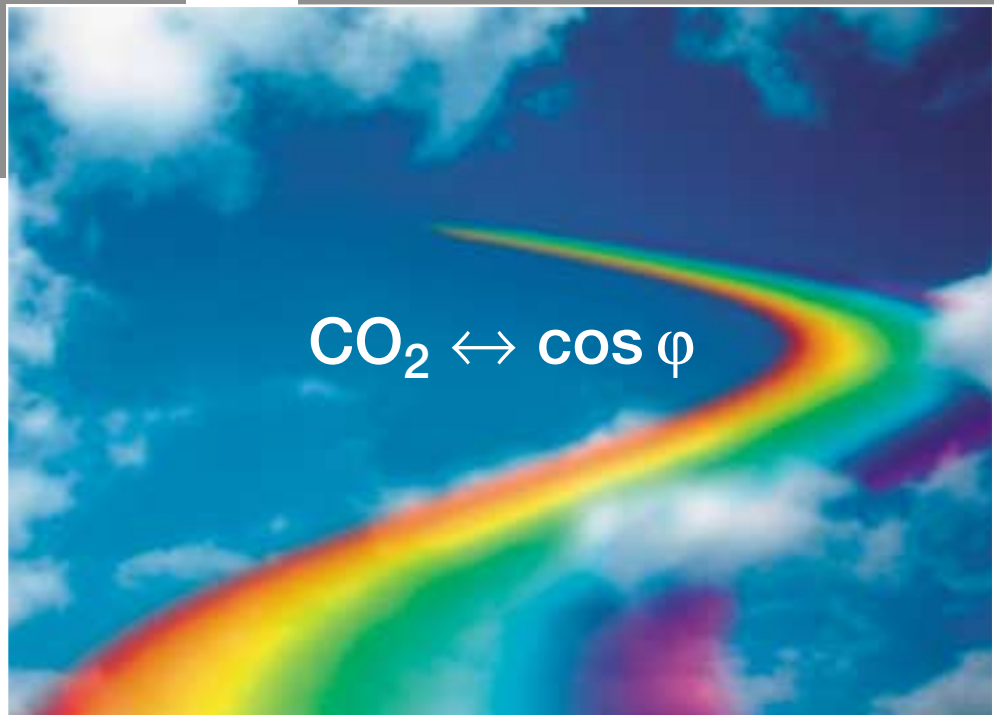


## Klimaschutz durch Blindleistungskompensation



Fachverband  
Starkstromkondensatoren

---

Herausgegeben vom:

Fachverband Starkstromkondensatoren  
im Zentralverband Elektrotechnik- und  
Elektronikindustrie (ZVEI) e.V.

Am Schillertheater 4, 10625 Berlin

Tel.: (030) 30 69 60-0

Fax: (030) 30 69 60-20

[starkstromkondensatoren@zvei.org](mailto:starkstromkondensatoren@zvei.org)

[www.zvei.org/kondensatoren](http://www.zvei.org/kondensatoren)

Redaktion:

Klaus Greefe

Peter Knoll

Peter Krapp

Titelbild: ©Corbis/Fotograf

September 2001

# Klimaschutz durch Blindleistungskompensation

<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>Klimaschutz geht alle an</b>	<b>4</b>
Klimakonvention	4
Kyoto-Protokoll	4
Klimaschutzziele nach Kyoto-Protokoll und EU-Lastenteilung	4
Nationales Klimaschutzprogramm	5
Vereinbarung zur Klimavorsorge	5
Klimaschutz durch Blindleistungskompensation	5
<b>Prinzip der Blindleistungskompensation</b>	<b>6</b>
Entstehung von Blindleistung	6
Auswirkung von Blindleistung	6
Blindleistungskompensation	7
<b>Wirtschaftliche Vorteile der Blindleistungskompensation</b>	<b>8</b>
Einsparen der Blindenergiekosten	8
Zusätzliche Einsparung von Wirkenergiekosten für Verluste	8
Senken von Investitionskosten	9
<b>Verluste senken durch Blindleistungskompensation: Stand und Potenzial in Deutschland</b>	<b>10</b>
Leistungsfaktor, Strombelastung, Netzverluste	10
Netzverluste in Deutschland	10
Blindleistungskompensation senkt die Netzverluste in Deutschland	11
<b>Klimaschutz durch Blindleistungskompensation: Stand und Potenzial in Deutschland</b>	<b>12</b>
Verluste senken bedeutet Umwelt und Klima schützen	12
Blindleistungskompensation leistet heute schon einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz	12
Blindleistungskompensation bietet weiteres Potenzial zum Klimaschutz	12
Vergleich der Minderung von CO <sub>2</sub> -Emissionen mit anderen Maßnahmen	13
<b>Ausblick</b>	<b>14</b>
Stand heute	14
Potenziale erschließen	14
Weitere Ansätze	14
<b>Anhang</b>	<b>16</b>
Stromabhängige Netzverluste in Deutschland 1999	16
Mittlerer Leistungsfaktor in Deutschland 1999	17
Eigen- und Zuleitungsverluste von Blindleistungskompensations-Anlagen	17
Blindleistungskompensation und Netzverluste	17
<b>Literatur</b>	<b>18</b>
<b>Links</b>	<b>19</b>



## Zusammenfassung

Die Klimakonvention von 1992 als Ergebnis des Umweltgipfels in Rio setzt Ziele, um die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zu begrenzen. Das Kyoto-Protokoll von 1997 schreibt Ziele zur Begrenzung und Reduzierung von Emissionen vor. Neben vielen anderen Ländern haben sich auch die Europäische Gemeinschaft und Deutschland verpflichtet, die Treibhausgasemissionen – insbesondere Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) – deutlich zu senken. Die Verpflichtungen Deutschlands werden im Nationalen Klimaschutzprogramm dargestellt und durch verschiedene gesetzliche Maßnahmen sowie durch die Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge konkretisiert.

Um elektrische Energie effizienter nutzen zu können, wird seit vielen Jahren Blindleistungskompensation z.B. in Industrie und Gebäudeversorgung eingesetzt. Ein wesentlicher wirtschaftlicher Vorteil ist, dass der Energieabnehmer Energiekosten spart. Zum anderen dient die Blindleistungskompensation dazu, die Strombelastung in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen zu senken. Mit der Senkung der Ströme werden die Netzverluste reduziert, elektrische Energie eingespart und damit die CO<sub>2</sub>-Emissionen gemindert. Berechnungen für Deutschland zeigen, dass durch die derzeit installierte Blindleistungskompensation die Netzverluste im Jahr 1999 um rund 9 Mrd. Kilowattstunden gesenkt wurden. Das entspricht – gerechnet über den zur Stromerzeugung genutzten Energieträger-Mix – vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 5 Mio. Tonnen pro Jahr. Dieses Einsparvolumen ist etwa 4 mal größer als der Effekt durch das Angebot „Grüner Strom“.

Manche Stromhändler neigen dazu, auf die Verrechnung von Blindenergie zu verzichten. Damit wird die Blindleistungskompensation für den Energieabnehmer wirtschaftlich wenig attraktiv. Eine solche Marketing-Strategie mag aus Wettbewerbsgründen oder im Rahmen von Kapazitätsüberhängen eingesetzt werden, für den Klimaschutz ist sie kontraproduktiv.

Der aktive Beitrag der Blindleistungskompensation zum Klimaschutz sollte gesichert und ausgebaut werden. Die Blindleistungskompensation bietet über den heutigen Stand

hinaus das Potenzial für eine weitere Senkung der Netzverluste um rund 4,3 Mrd. Kilowattstunden. Dies entspricht einer weiteren Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 2,5 Mio. Tonnen pro Jahr und würde etwa 10% der geforderten Emissionssenkung für den Sektor Energiewirtschaft und Industrie aus dem Nationalen Klimaschutzprogramm darstellen.

Diese Broschüre richtet sich gleichermaßen an Energieabnehmer, Energielieferanten, Netzbetreiber, Energiehändler und an die Politik. Sie informiert über

- wirtschaftliche Vorteile der Blindleistungskompensation
- Vorteile der Blindleistungskompensation für den Klimaschutz.

Damit können aus der Broschüre konkrete Handlungsempfehlungen abgeleitet werden:

- Energieabnehmer sollten Ihre Einsparpotenziale durch Blindleistungskompensation voll ausschöpfen und damit gleichzeitig eigene Netzverluste minimieren, die Netzbelastung optimieren und die Netzspannung stabilisieren.
- Netzbetreiber sollten die konsequente Umsetzung bestehender technischer Regeln einfordern, um in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen Verluste zu senken und die Übertragungskapazitäten zu erhöhen.
- Stromlieferanten müssen die Berechnung der Blindenergie fortsetzen, um die Ziele des Klimaschutzes nicht zu konterkarieren.
- Die Stromwirtschaft sollte die Potenziale erschließen, die sich aus erweiterter Blindleistungskompensation für die Reduzierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergeben.
- Politik und Wirtschaftsverbände sollten den aktiven Beitrag der Blindleistungskompensation zum Klimaschutz fördernd unterstützen.

Mit diesen Handlungsempfehlungen wird der deutsche Beitrag zur Klimavorsorge mit konkreten Maßnahmen gefördert. Dabei kann die deutsche Vorgehensweise auch Motor für europäische und internationale Initiativen sein.

## Klimaschutz geht alle an

### Klimakonvention

Das Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen (kurz „Klimakonvention“) [1] bildet die Grundlage für die weltweiten Anstrengungen zur Bekämpfung der globalen Erwärmung. 1992 anlässlich des Umweltgipfels von Rio zur Unterzeichnung aufgelegt, hat es als Endziel „die Stabilisierung der Treibhausgaskonzentrationen in der Atmosphäre auf einem Niveau (...), auf dem eine gefährliche anthropogene [vom Menschen verursachte] Störung des Klimasystems verhindert wird. Ein solches Niveau sollte innerhalb eines Zeitraumes erreicht werden, der ausreicht, damit sich die Ökosysteme auf natürliche Weise den Klimaveränderungen anpassen können, die Nahrungsmittelerzeugung nicht bedroht wird und die wirtschaftliche Entwicklung auf nachhaltige Weise fortgeführt werden kann.“

#### Die Vertragsparteien der Klimakonvention

Australien, Belarus, Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Europäische Gemeinschaft, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Japan, Kanada, Lettland, Litauen, Luxemburg, Neuseeland, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Russische Föderation, Schweden, Schweiz, Spanien, Tschechoslowakei, Türkei, Ukraine, Ungarn, Vereinigte Staaten von Amerika, Vereinigtes Königreich Großbritannien und Nordirland.

### Kyoto-Protokoll

Das Protokoll von Kyoto zum Rahmenabkommen der Vereinten Nationen über Klimaveränderungen [2] stärkt die internationalen Anstrengungen im Kampf gegen den Klimawandel. Das Protokoll, das auf der dritten Sitzung der Vertragsparteien im Dezember 1997 per Konsens verabschiedet wurde, schreibt den (entwickelten) Ländern nach Anlage I, nach Ratifizierung, rechtsverbindliche Ziele zur Begrenzung und Reduzierung von Emissionen für die Zeit nach dem Jahr 2000 vor.

Die entwickelten Länder verpflichten sich, ihre gemeinsamen Emissionen von sechs wichtigen Treibhausgasen um mindestens 5% (bis 2008/2012) zu verringern. Dieses Gruppenziel wird erreicht werden, indem die einzelnen Länder in unterschiedlichem Maße Reduktionen vornehmen: So werden die Schweiz, die meisten mittel- und osteuro-

#### Die sechs Treibhausgase im Kyoto-Protokoll

CO<sub>2</sub> Kohlendioxid  
 CH<sub>4</sub> Methan  
 N<sub>2</sub>O Distickstoffoxid  
 H-FKW Teilhalogenierte Fluorkohlenwasserstoffe  
 FKW Perfluorierte Kohlenwasserstoffe  
 SF<sub>6</sub> Schwefelhexafluorid

päischen Staaten wie auch die Europäische Union ihre Emissionen um 8% senken, wobei im Rahmen des sogenannten „burden sharing“ die einzelnen EU-Mitgliedsländer unterschiedliche Reduktionsraten zugeteilt bekommen. Deutschland hat zugesagt, eine Reduktion um 21% zu erreichen.

### Klimaschutzziele nach Kyoto-Protokoll und EU-Lastenteilung

GHG greenhouse gases	Emissionen im Referenzjahr 1990	Reduzierung im Zeitraum 2008/2012
Weltweit	18.147 Mio. t	um 5% (Annex-A-Länder)
EU	4.208 Mio. t	um 8%
Deutschland [3]	1.209 Mio. t	um 21% (EU Lastenteilung)

## Nationales Klimaschutzprogramm

Der Jahresbericht der Bundesregierung 1999 über das Treibhausgasinventar [4] zeigt, dass die Kohlendioxid-Emissionen von 1990 bis 1998 um 13% zurückgegangen sind.

Sektoral betrachtet, geht die erzielte CO<sub>2</sub>-Minderung auf deutliche Rückgänge in den Bereichen

- Industrie (minus 31%) und
  - Energieerzeugung/-umwandlung (minus 16%)
- zurück. Deutliche Emissionsanstiege verzeichneten dagegen die Bereiche
- private Haushalte (plus 6%) und
  - insbesondere der Verkehr (plus 11%) [5].

Die unter Berücksichtigung der bereits ergriffenen Maßnahmen zu erwartende Entwicklung macht deutlich, dass weitere Anstrengungen erforderlich sind, um die Ziele des Nationalen Klimaschutzprogrammes der Bundesregierung zu erreichen [6]:

- Minderung der Emissionen von Kohlendioxid bis 2005 gegenüber 1990 um 25%.
- Minderung der Emissionen der sechs Treibhausgase im Zeitraum 2008 – 2012 um 21%.

Um die für die Realisierung des 25%-Ziels noch bestehende Lücke von 50 – 70 Mio. t zu schließen, hat die Bundesregierung verschiedene Maßnahmen beschlossen. Die Maßnahmen betreffen insbesondere die Sektoren [7]:

- Private Haushalte und Gebäude 18 – 25 Mio. t
- Energiewirtschaft und Industrie 20 – 25 Mio. t
- Verkehr 15 – 20 Mio. t.

## Vereinbarung zur Klimavorsorge

In der „Erklärung der Deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge“ vom März 1996 wurde eine Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 20% bis 2005 zugesagt. Durch zahlreiche Aktivitäten wurde bis zum Jahr 1999 bereits eine Minderung der spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen um 23% erreicht. In der Selbstverpflichtungserklärung vom November 2000 erneuert und bekräftigt die Deutsche Wirtschaft ihre Zusage, weiterhin besondere Anstrengungen zu unternehmen, ihre spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie die Emissionen weiterer Treibhausgase zu senken [8]. Zielsetzung ist es, die spezifischen Emissionen über alle sechs im Kyoto-Protokoll genannten Treibhausgase insgesamt um 35% bis 2012 im

Vergleich zu 1990 zu verringern, sowie im Zeitraum bis 2005 zusätzliche Anstrengungen zu unternehmen, um eine spezifische CO<sub>2</sub>-Minderung von 28% im Vergleich zu 1990 zu erreichen. Die Bundesregierung und die Deutsche Wirtschaft gehen davon aus, dass damit die Emissionsvolumina im Jahr 2005 um zusätzlich 10 Mio. t CO<sub>2</sub> und im Jahr 2012 nochmals um zusätzliche 10 Mio. t CO<sub>2</sub>-Äquivalente gegenüber der bisherigen Selbstverpflichtungserklärung gesenkt werden können.

## Klimaschutz durch Blindleistungskompensation

Eine Technik, die seit vielen Jahren zur effizienten Nutzung elektrischer Energie eingesetzt wird, ist die Blindleistungskompensation (BLK).

Durch Senkung der elektrischen Verluste in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen und damit Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen leistet diese Technik heute schon einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz.

### Blindleistungskompensation

= Verluste senken

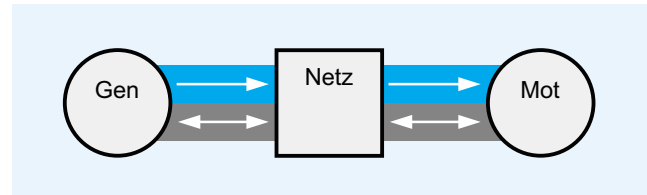
= CO<sub>2</sub>-Emissionen senken

= aktiver Klimaschutz.

## Prinzip der Blindleistungskompensation

### Entstehung von Blindleistung

Viele elektrische Geräte wie z. B. Wechsel- und Drehstrom-Motoren brauchen Wirkleistung und Blindleistung. Die Wirkleistung wird in mechanische Leistung umgesetzt. Die Blindleistung wird benötigt, um die Magnetfelder auf- und abzubauen. Sie pendelt zwischen Generator und Last periodisch hin und her.

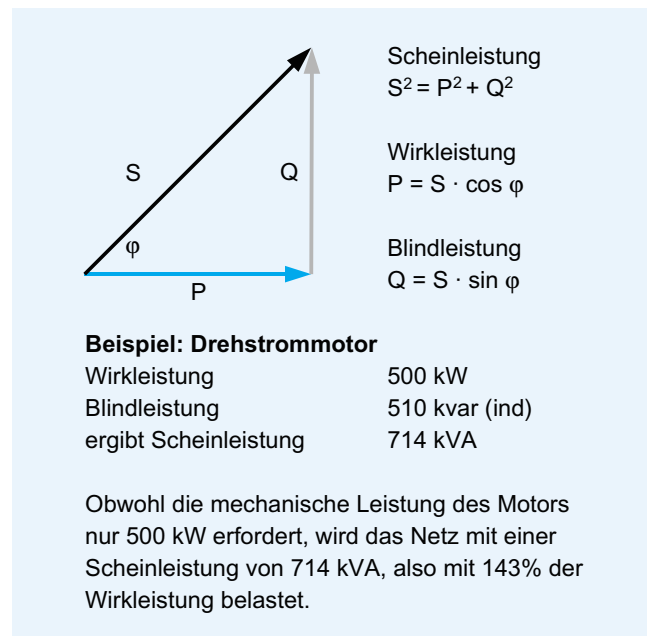


### Auswirkung von Blindleistung

Die geometrische Addition von Wirkleistung  $P$  und Blindleistung  $Q$  ergibt die Scheinleistung  $S$ .

Energieerzeuger und Netzbetreiber müssen die Scheinleistung bereithalten und übertragen. Das heißt: Generatoren, Transformatoren, Leitungen, Schaltgeräte usw. müssen für höhere Leistungen bemessen werden, als wenn der Verbraucher nur Wirkleistung aufnehmen würde.

Die Energieversorgungsunternehmen haben hierdurch einen Mehraufwand für Anlagen und zusätzliche Verluste. Deshalb fordern sie Blindenergiekosten, wenn ein bestimmtes Maß an Blindenergie überschritten wird. Meist wird ein bestimmter Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  gefordert, der zwischen 1,0 und 0,9 induktiv liegen muss [9].



### Definitionen nach dem GridCode 2000 [10]

Wirkleistung ist die elektrische Leistung, die für die Umsetzung in andere Leistung z.B. in mechanische, thermische, chemische, optische oder akustische Leistung verfügbar ist.

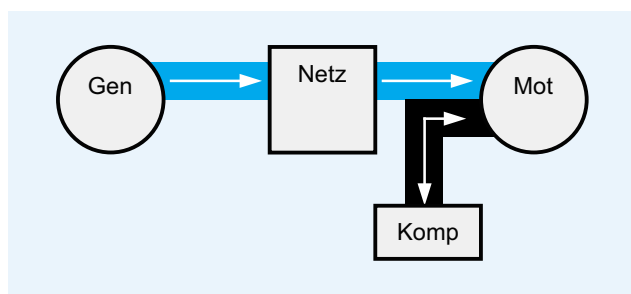
Blindleistung ist die elektrische Leistung, die zum Aufbau von magnetischen Feldern (z.B. in Motoren, Transformatoren) oder von elektrischen Feldern (z.B. in Kondensatoren) benötigt wird. Bei überwiegend magnetischem Feld ist die Blindleistung induktiv, bei überwiegend elektrischem Feld kapazitiv.

Scheinleistung ist die geometrische Summe aus Wirk- und Blindleistung. Sie ist u. a. für die Auslegung elektrischer Anlagen maßgebend.

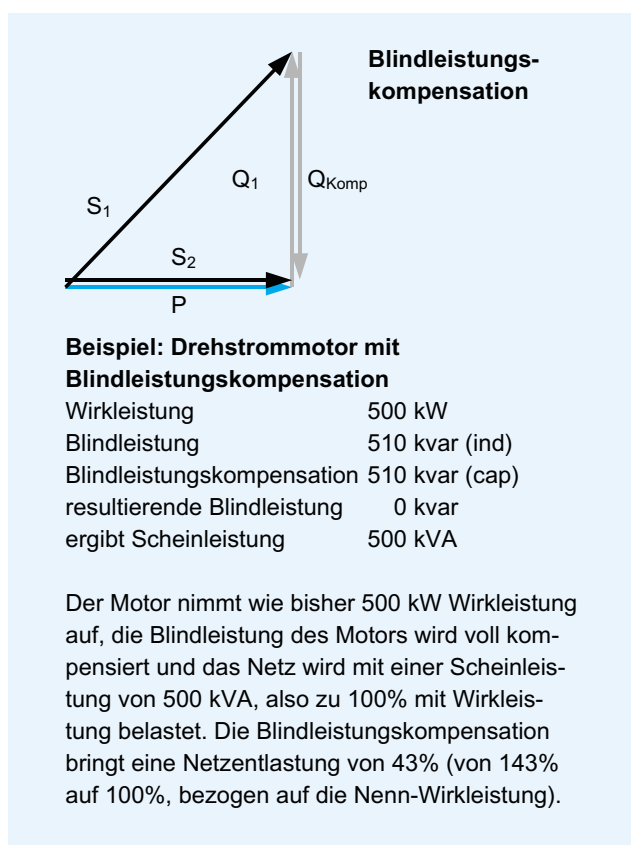
Der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  ist der Quotient aus Wirkleistung und Scheinleistung.

## Blindleistungskompensation

Wenn nun die induktive Blindleistung z.B. durch einen Kondensator vor Ort kompensiert wird, entfällt der Bezug von Blindleistung vom Energieversorgungsunternehmen ganz oder teilweise. Am wirksamsten ist die Blindleistungskompensation, wenn sie verbrauchernah und zeitnah eingesetzt wird.



Die induktive Blindleistung  $Q_1$  wird durch die kapazitive Blindleistung  $Q_{\text{Komp}}$  ganz oder teilweise kompensiert. Hierdurch verringert sich die Scheinleistung von  $S_1$  auf  $S_2$ .





## Senken von Investitionskosten

Die Musterfirma plant, die vorhandenen Verbraucher von 500 kW um 200 kW zu erweitern. Der installierte Transformator mit einer Leistung von 800 kVA hat bisher ausgereicht, wäre nach der Erweiterung jedoch überlastet und somit ein Netzausbau mit Transformator, Schaltanlage, Kabel, Verteilung usw. erforderlich. In diesem Fall kann die Scheinleistung durch Blindleistungskompensation soweit gesenkt werden, dass der bisherige Netzausbau ausreicht. Eine Blindleistungskompensations-Anlage ist hier deutlich kostengünstiger als ein Netzausbau.

### Investition für Netzausbau

installierte Wirkleistung	500 kW
Leistungsfaktor	0,7
installierte Scheinleistung	714 kVA
Transformatorleistung	800 kVA
Transformatorbelastung	71 %

Wirkleistung nach Erweiterung	700 kW
Leistungsfaktor	0,7
Scheinleistung nach Erweiterung	1000 kVA
Transformatorleistung	800 kVA
Transformatorbelastung	125 %
Invest für Netzausbau	80.000 DM

<b>Blindleistungskompensation</b>	<b>375 kvar</b>
Wirkleistung nach Erweiterung	700 kW
Scheinleistung nach Erweiterung	778 kVA
Transformatorbelastung	97 %
BLK-Anlage	400 kvar
Invest inkl. Installation	20.000 DM
<b>Invest Senkung gegenüber Netzausbau</b>	<b>60.000 DM</b>

**Blindleistungskompensation senkt die Energiekosten und den Investitionsaufwand.**

## Verluste senken durch Blindleistungskompensation: Stand und Potenzial in Deutschland

### Leistungsfaktor, Strombelastung, Netzverluste

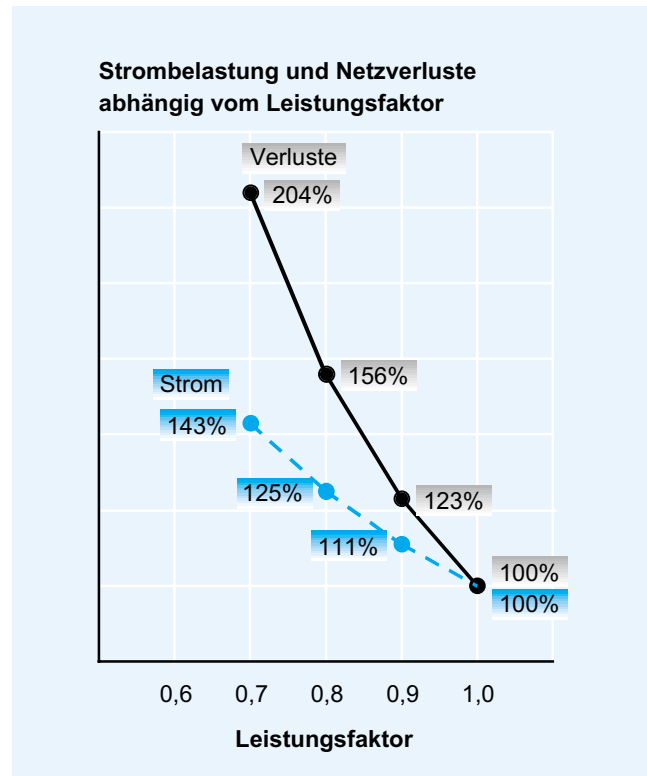
Durch Blindleistungskompensation sinkt die Scheinleistung und dazu proportional die Strombelastung im Netz.

Die Netzverluste sind vom Quadrat des Stromes abhängig:

5% weniger Strom = 10% weniger Verluste.

Ein Maß für den Blindleistungsanteil im Netz ist der Leistungsfaktor. In der nebenstehenden Grafik sind Strombelastung und Netzverluste auf 100% bei einem  $\cos \varphi$  von 1, d.h. bei vollständiger Blindleistungskompensation, normiert. Je niedriger der Leistungsfaktor, desto höher sind Blindleistung, Strombelastung und Netzverluste.

Dies gilt sowohl für das eigene Verteilungsnetz des Energiekunden (Sondervertragskunde) als auch für die Übertragungs- und Verteilungsnetze, die der Energiezuführung dienen.



### Netzverluste in Deutschland

Netzverluste treten in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen der Netzbetreiber auf, sowie in den Verteilungsnetzen der Sondervertragskunden.

Blindleistungskompensation beeinflusst nur die stromabhängigen Verluste. Die Berechnung der stromabhängigen Verlustanteile (Anhang) für die Übertragungs- und Verteilungsnetze der Netzbetreiber sowie für die Verteilungsnetze der Sondervertragskunden ergibt insgesamt 27,4 Mrd. kWh.

Blindleistungskompensation bei Sondervertragskunden hat einen doppelten Nutzen: Zum einen sinken die Verluste im eigenen Verteilungsnetz und damit die Energiekosten, zum anderen sinken die Verluste in den Verteilungs- und Übertragungsnetzen der Netzbetreiber.

#### Stromabhängige Netzverluste

Netzbetreiber	24,4 Mrd. kWh
Sondervertragskunden	3,0 Mrd. kWh
<b>Summe</b>	<b>27,4 Mrd. kWh</b>

## Blindleistungskompensation senkt die Netzverluste in Deutschland

Der Einfluss der Blindleistungskompensation auf die Höhe der Netzverluste (Anhang) wird durch drei Szenarien betrachtet:

Szenario 1: Ohne BLK

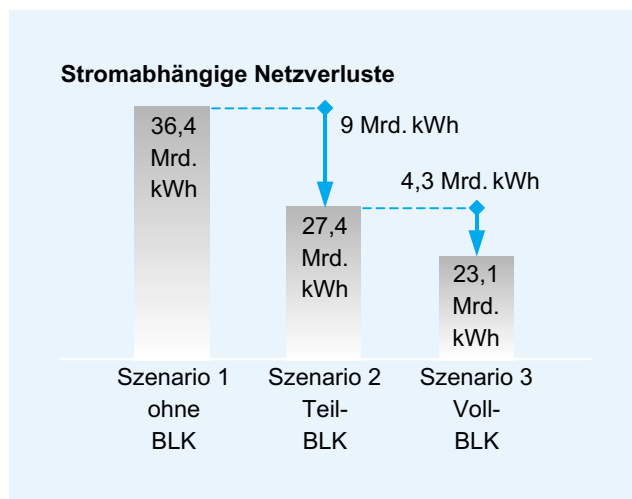
Wie hoch wären die Netzverluste ohne Blindleistungskompensation? Das heißt ohne die bestehenden Blindleistungskompensations-Anlagen.

Szenario 2: Teil-BLK

Dieses Szenario gibt den heutigen Stand mit Teil-Blindleistungskompensation auf einen Leistungsfaktor von 0,90 wieder.

Szenario 3: Voll-BLK

Wie hoch wären die Netzverluste mit maximal möglicher Blindleistungskompensation?



Der Vergleich von Szenario 1 mit Szenario 2 zeigt:

- Die bestehende Blindleistungskompensation bewirkt eine Senkung der Netzverluste um 9 Mrd. kWh.

Dies entspricht der Stromerzeugung von etwa 6 Kohlekraftwerken und dem Stromverbrauch von 2,7 Millionen Haushalten.

**Blindleistungskompensation senkte die Netzverluste im Jahr 1999 um 9 Mrd. kWh.**

Der Vergleich von Szenario 3 mit Szenario 2 zeigt:

- Mit maximal möglicher Blindleistungskompensation besteht ein Potenzial zur weiteren Senkung der Netzverluste um 4,3 Mrd. kWh.

Dies entspricht der Stromerzeugung von fast 3 Kohlekraftwerken und dem Stromverbrauch von 1,3 Millionen Haushalten.

**Blindleistungskompensation bietet Potenzial zur weiteren Senkung der Netzverluste um 4,3 Mrd. kWh.**

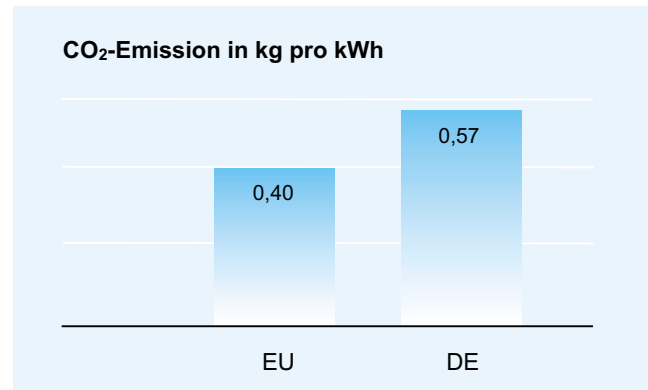
## Klimaschutz durch Blindleistungskompensation: Stand und Potenzial in Deutschland

### Verluste senken bedeutet Umwelt und Klima schützen

Bei der Erzeugung elektrischer Energie mittels fossiler Brennstoffe entsteht das Treibhausgas Kohlendioxid CO<sub>2</sub>.

Dem Energiemix entsprechend kann eine Umrechnung zwischen elektrischer Energie und Kohlendioxid-Emission angegeben werden.

Deutschland mit seinem hohen Anteil an Kraftwerken für fossile Brennstoffe liegt für das Jahr 1999 bei 0,57 kg CO<sub>2</sub> pro kWh [11], die EU bei 0,40 [12].



### Blindleistungskompensation leistet heute schon einen aktiven Beitrag zum Klimaschutz

Blindleistungskompensation in Deutschland senkte im Jahr 1999 die Netzverluste um rund 9 Mrd. kWh. Das entspricht CO<sub>2</sub>-Emissionen von etwa 5 Mio. t.

Manche Stromhändler neigen dazu, auf die Verrechnung von Blindenergie zu verzichten. Damit wird die Blindleistungskompensation für den Energieabnehmer wirtschaftlich wenig attraktiv. Eine solche Marketing-Strategie mag aus Wettbewerbsgründen oder im Rahmen von Kapazitätsüberhängen eingesetzt werden, für den Klimaschutz ist sie kontraproduktiv.

Der aktive Beitrag der Blindleistungskompensation zum Klimaschutz sollte gesichert und ausgebaut werden.

**Blindleistungskompensation senkte die Kohlendioxid-Emissionen im Jahr 1999 um 5,1 Mio. Tonnen**

### Blindleistungskompensation bietet weiteres Potenzial zum Klimaschutz

Über den heutigen Stand hinaus bietet Blindleistungskompensation ein weiteres Potenzial zur Senkung der Kohlendioxid-Emissionen um 2,4 Mio. t pro Jahr.

**Blindleistungskompensation bietet ein Potenzial zur weiteren Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von 2,4 Mio. Tonnen.**

## Vergleich der Minderung von CO<sub>2</sub>-Emissionen mit anderen Maßnahmen

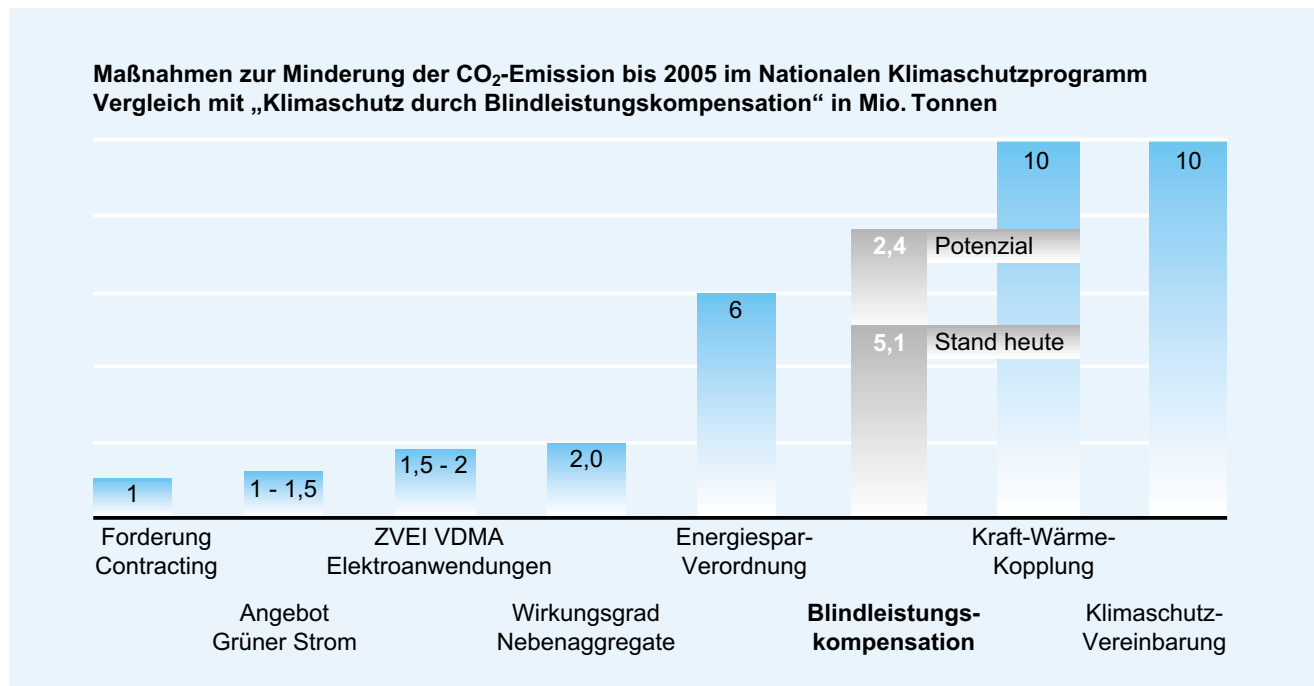
Im Nationalen Klimaschutzprogramm der Bundesregierung sind verschiedene Maßnahmen zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen dargestellt. Teilweise sind diese Maßnahmen schon in Kraft, teilweise ist deren Einführung in der Diskussion. Einige der Maßnahmen werden mit finanziellen Anreizen unterstützt oder durch Gesetz angeordnet.

Für den Bereich Industrie und Kleinverbrauch werden sieben Maßnahmen und deren voraussichtliche Auswirkung in Mio. t CO<sub>2</sub>-Minderung bis zum Jahr 2005 genannt [13]:

- Forderung von Contracting 1,0
- Angebot Grüner Strom 1 – 1,5
- Erklärung des ZVEI/VDMA zu Elektroanwendungen 1,5 – 2
- Anhebung der Wirkungsgrade von sogenannten Nebenaggregaten 2,0
- Energiesparverordnung im Bereich der Industrie und der Kleinverbraucher 6
- Kraft-Wärme-Kopplung Langfristprogramm 10
- Weiterentwicklung der Erklärung der Deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge 10

Der Vergleich mit Maßnahmen aus dem Nationalen Klimaschutzprogramm zeigt, dass die Blindleistungskompensation mit einer Senkung der Kohlendioxid-Emissionen von etwa 5 Mio. t einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz liefert und ein weiteres Potenzial von etwa 2,5 Mio. t bietet.

**Blindleistungskompensation leistet einen bedeutenden Beitrag zum Klimaschutz.**



## Ausblick

---

### Stand heute

Blindleistungskompensation trägt heute schon signifikant zur Senkung der CO<sub>2</sub>-Emissionen bei.

Manche Stromhändler neigen dazu, auf die Verrechnung von Blindenergie zu verzichten. Damit wird die Blindleistungskompensation für den Energieabnehmer wirtschaftlich wenig attraktiv. Eine solche Marketing-Strategie mag aus Wettbewerbsgründen oder im Rahmen von Kapazitätsüberhängen eingesetzt werden, für den Klimaschutz ist sie kontraproduktiv.

Der aktive Beitrag der Blindleistungskompensation zum Klimaschutz sollte gesichert und ausgebaut werden.

---

### Potenziale erschließen

Das zusätzliche Potenzial zur Senkung von Netzverlusten und CO<sub>2</sub>-Emissionen kann erschlossen werden, denn der heute vorgegebene Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  von 0,9 ist noch nicht die technisch mögliche und ökonomisch sinnvolle Grenze. Es besteht die Möglichkeit, bis  $\cos \varphi = 1$ , das heißt die gesamte Blindleistung zu kompensieren. Einige Energieversorger fordern dies bereits. Allerdings sind auch andere technische Aspekte zu beachten, z.B. die eventuelle Überkompensation durch Kabelnetze oder durch langsame Blindleistungskompensations-Anlagen.

Wichtig sind Gespräche zwischen Energielieferanten, Netzbetreibern und Fachleuten der Blindleistungskompensation, um zu ermitteln, inwieweit Vorgaben für höhere  $\cos \varphi$  Werte technisch sinnvoll und am Markt umsetzbar sind.

---

### Weitere Ansätze

Ein weiterer positiver Effekt ist durch verdrosselte Blindleistungskompensations-Anlagen und durch Filterkreise erreichbar. Sie haben die Eigenschaft, Oberschwingungsströme abzusaugen. Dieser Effekt trägt zur Netzqualität bei, weil damit die erwünschte Sinusform von Spannung und Strom erreicht wird. Die Oberschwingungsströme fließen dann nicht in die Verteilungs- und Übertragungsnetze. Diese Senkung der Ströme in den Netzen trägt zur Senkung der Verluste und der Emissionen bei. Der Effekt muss jedoch durch weitere Studien untersucht und quantifiziert werden.

Die deutsche Vorgehensweise zum Thema Klimaschutz durch Blindleistungskompensation kann auch ein Motor für europäische und internationale Initiativen sein.



## Anhang

### Stromabhängige Netzverluste in Deutschland 1999

Netzverluste treten in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen der Netzbetreiber sowie in den Verteilungsnetzen der Sondervertragskunden auf. Die Blindleistungskompensation beeinflusst nur die stromabhängigen Verluste.

Nach VDEW [15] betragen im Jahr 1999 die Verluste in den Netzen der Netzbetreiber etwa 28 TWh.

Zur Bestimmung der stromabhängigen Verluste erfolgt zunächst die Aufteilung in Leitungs- und Transformatorverluste nach einer EU-Studie [15]. Anschließend erfolgt die Aufteilung der Transformatorverluste in Cu-Verluste und Fe-Verluste am Beispiel eines Transformators mit durchschnittlicher Leistung und Belastung.

Damit ergeben sich stromabhängige Verluste in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen der Netzbetreiber in Höhe von 24,4 TWh.

(1 TWh = 1 Mrd. kWh)

Die Verluste in den Verteilungsnetzen der Sondervertragskunden sind in der Verlustbestimmung der Netzbetreiber nicht enthalten.

Das Modell, um diese Verluste zu berechnen, umfasst eine Leitung auf der Mittelspannungsseite, einen Transformator und eine Leitung auf der Niederspannungsseite sowie eine Blindleistungskompensation auf einen Leistungsfaktor von 0,90.

Damit ergeben sich stromabhängige Verluste in den Verteilungsnetzen von Sondervertragskunden in Höhe von 3,0 TWh.

#### Verluste in Übertragungs- und Verteilungsnetzen der Netzbetreiber

##### Leitungs- und Transformatorverluste

Verluste DE 1999 gesamt	100%	28,0 TWh
Anteil Leitungsverluste	57%	16,0 TWh
Anteil Transformatorverluste	43%	12,0 TWh

##### Transformator Fe- und Cu-Verluste Beispiel 1600 kVA bei 60% Last [16]

Fe-Verluste Leerlauf	2,8 kW	
Cu-Verluste Vollast	17,0 kW	
Fe-Verluste 60% Last	2,8 kW	30%
Cu-Verluste 60% Last	6,1 kW	70%
Summe Verluste 60% Last	8,9 kW	100%

##### Stromabhängige Verluste

Leitungsverluste	100% · 16 TWh	16,0 TWh
Transformatorverluste	70% · 12 TWh	8,4 TWh
Stromabhängige Verluste		24,4 TWh

#### Verluste im Verteilungsnetz von Sondervertragskunden

MSp Leitung 20 m	bei 100% Last	0,1 kW
Transformator	10/0,4 kV	800 kVA
Fe-Verluste	Leerlauf	1,9 kW
Cu-Verluste	Vollast	8,2 kW
NSp Leitung 20 m	Vollast	1,8 kW
Last	Wirkleistung	500 kW
	Leistungsfaktor kompensiert	0,90
	Scheinleistung	556 kVA
	% von Trafoleistung	69%
Leitungsverluste MSp+NSp		0,9 kW
Trafoverluste Cu		4,0 kW
Summe stromabhängige Verluste		4,9 kW
	% von Last-Wirkleistung	1,0%
Stromverbrauch von Sondervertragskunden einschließlich Eigenerzeugung		307 TWh
Stromabhängige Verluste	1,0%	3,0 TWh

## Mittlerer Leistungsfaktor in Deutschland 1999

Der Wirkenergieverbrauch wird in Sondervertragskunden und Tarifkunden unterteilt und der mittlere Leistungsfaktor für beide Verbrauchergruppen berechnet.

Anmerkung:

Die „normale“ Blindleistungskompensation beeinflusst nur die Grundschiebungsfaktor  $\cos \varphi_1$ . Aus Vereinfachungsgründen wird jedoch der Begriff Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  verwendet.

### Verwendung von Strom, Deutschland 1999 [17]

#### Leistungsfaktor (Schätzung ZVEI FV Starkstromkondensatoren)

Industriezweig	Gesamtverbrauch	Leistungsfaktor $\cos \varphi$	
		ohne BLK	Teil-BLK
Eisen und Stahl	23 TWh	0,60	0,90
Chemie	48 TWh	0,80	0,90
Übrige Industrie	160 TWh	0,70	0,90
Verkehr	16 TWh	0,80	0,90
Öffentliche Einrichtungen	37 TWh	0,80	0,90
Handel und Gewerbe SVK	23 TWh	0,80	0,90
Summe Sondervertragskunden	307 TWh	0,73	0,90
Landwirtschaft	8 TWh	0,70	0,90
Haushalte	129 TWh	0,90	0,90
Handel und Gewerbe TAK	42 TWh	0,80	0,90
Summe Tarifkunden	179 TWh	0,87	0,90
Gesamt	486 TWh	0,78	0,90

## Eigen- und Zuleitungsverluste von Blindleistungskompensations-Anlagen

Bei der Berechnung der Senkung von Netzverlusten müssen die Eigenverluste der Blindleistungskompensations-Anlage und deren Zuleitung einbezogen werden. Hierbei wird von Blindleistungskompensations-Anlagen ohne Filterkreisdrosseln ausgegangen. Anlagen mit Filterkreisdrosseln haben zwar höhere Verluste, sie saugen jedoch Oberschwingungsströme ab und entlasten damit das Netz zusätzlich. Eine genauere Bewertung erfolgt in einem getrennten Fachbeitrag.

### Eigen- und Zuleitungsverluste von Blindleistungskompensations-Anlagen

BLK-Anlage	1,5 W/kvar
Zuleitung mit 10m Länge	0,9 W/kvar
BLK-Anlage mit Zuleitung	2,4 W/kvar

## Blindleistungskompensation und Netzverluste

Szenario 1: Ohne BLK

Ohne die bestehende Blindleistungskompensation.

Szenario 2: Teil-BLK

Heutiger Stand mit Teil-Blindleistungskompensation auf Leistungsfaktor 0,90.

Szenario 3: Voll-BLK

Voll-Blindleistungskompensation auf Leistungsfaktor 1,00.

EVU-Netz		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
		Ohne BLK	Teil-BLK	Voll-BLK
Wirkarbeit	TWh	458	458	458
Leistungsfaktor		0,78	0,90	1,00
Blindleistungskompensation	Tvar	-146	0	222
Netzverluste Cu	TWh	32,5	24,4	19,8
BLK-Verluste	TWh	-0,3	0,0	0,5
Netzverluste Cu+BLK	TWh	32,1	24,4	20,3
Sondervertragskunden-Netz		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
		Ohne BLK	Teil-BLK	Voll-BLK
Wirkarbeit	TWh	307	307	307
Leistungsfaktor		0,73	0,90	1,00
Blindleistungskompensation	Tvar	-139	0	149
Netzverluste Cu	TWh	4,6	3,0	2,4
BLK-Verluste	TWh	-0,3	0,0	0,4
Netzverluste Cu+BLK	TWh	4,2	3,0	2,8
Gesamt-Netz		Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
		Ohne BLK	Teil-BLK	Voll-BLK
Netzverluste Cu+BLK	TWh	36,4	27,4	23,1

## Literatur

- [1] Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Mai 1992
- [2] Protokoll von Kyoto zum Rahmenübereinkommen der Vereinten Nationen über Klimaänderungen, Dezember 1997
- [3] Europäische Gemeinschaft – Rat – Umwelt: Press Release 16-06-1998, Press 205 Nr.: 09402/98 (Anlage 1)
- [4] Jahresbericht der Bundesregierung 1999 an das Sekretariat der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen: Treibhausgasinventare für die Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1990 bis 1998 (Abschnitt 1.3)
- [5] Nationales Klimaschutzprogramm, Beschluss der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000 (Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe CO<sub>2</sub>-Reduzierung Abschnitt I)
- [6] Nationales Klimaschutzprogramm, Beschluss der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000 (Eckpunkte des Nationalen Klimaschutzprogramms Abschnitt II)
- [7] BMU: Umwelt Nr.11/2000  
Sonderteil Nationales Klimaschutzprogramm
- [8] Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge, November 2000
- [9] VDEW: Distribution-Code 2000 – Regeln für den Zugang zu Verteilungsnetzen, Oktober 2000 (Abschnitt 2.5)
- [10] DVG: Grid-Code 2000 – Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Mai 2000 (Abschnitt 8)
- [11] VDEW: Strommarkt Deutschland 1999 (Abschnitt Umwelt- und Klimaschutz)
- [12] European Commission: The scope of energy saving in the EU (Abschnitt 11.2)
- [13] Nationales Klimaschutzprogramm, Beschluss der Bundesregierung vom 18. Oktober 2000 (Bericht der interministeriellen Arbeitsgruppe CO<sub>2</sub>-Reduzierung Abschnitt IV.2 [2] Tabelle 5)
- [14] VDEW: Strommarkt Deutschland 1999 (Abschnitt Strommarkt)
- [15] European Commission: The scope of energy saving in the EU (Abschnitt 11.1 Assessment of Energy Saving Potential)
- [16] ABB Distribution Transformers (Abschnitt Medium Distribution Transformers)
- [17] VDEW: Strommarkt Deutschland 1999 (Abschnitt Kooperation beim Strom und Tabelle 17)

## Links

Zentralverband Elektrotechnik- und  
Elektronikindustrie (ZVEI) e.V.  
[www.zvei.org](http://www.zvei.org)

ZVEI-Fachverband Starkstromkondensatoren  
[www.zvei.org/kondensatoren](http://www.zvei.org/kondensatoren)

Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke  
– VDEW – e.V.  
[www.strom.de](http://www.strom.de)

Deutsche Verbundgesellschaft e.V.  
[www.dvg-heidelberg.de](http://www.dvg-heidelberg.de)

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und  
Reaktorsicherheit  
[www.bmu.de](http://www.bmu.de)

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
[www.bmwi.de](http://www.bmwi.de)

European Climate Change Program  
[europa.eu.int/comm/environment/climat/eccp.htm](http://europa.eu.int/comm/environment/climat/eccp.htm)

United Nations Framework Convention  
on Climate Change  
[www.unfccc.com](http://www.unfccc.com)





Zentralverband  
Elektrotechnik- und  
Elektronikindustrie e.V.



Zentralverband Elektrotechnik-  
und Elektronikindustrie e.V.  
Stresemannallee 19  
60596 Frankfurt am Main

Telefon. (069) 63 02 - 0  
Fax: (069) 63 02 - 317  
E-Mail: [zvei@zvei.org](mailto:zvei@zvei.org)  
Internet: [www.zvei.org](http://www.zvei.org)