



# Steigerung der Energie-Effizienz durch Blindleistungs-Kompensation



Sichere Energielösungen nach Maß!

# Blinder Passagier gesucht



# Inhaltsverzeichnis

1. Zielsetzung und Inhalt	4
2. Blindleistungs-Kompensation Grundlagen	5
3. Erhöhung der Energie-Effizienz durch Blindleistungs-Kompensation	7
4. Ermittlung des Energie Einsparpotenzials	10
5. Ermittlung der Entlastung der Übertragungs- und Verteilungsnetze	11
6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	11
7. Notwendige Technologie und regionale Umsetzung	12
8. Empfehlungen des ZVEI zur Umsetzung	14
9. Zusammenfassung	16
10. Anhang	18

## 1. Zielsetzung und Inhalt

Schonung der Ressourcen ist eine wesentliche Zielsetzung und Steigerung der Energie-Effizienz ein Kernziel Europäischer Politik.

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften hat zu diesem Zweck das Grünbuch über Energie-Effizienz<sup>1</sup> herausgegeben. Hierin sind alle Ebenen der Gesellschaft aufgefordert Beiträge zu leisten.

Dieses Positionspapier zeigt Potentiale zur Steigerung der Energie-Effizienz auf, die sich aus der Blindleistungs-Kompensation auf der Verbraucherseite in den Sektoren Industrie und Dienstleistungen ergeben.

Durch gezielten Einsatz von Blindstrom-Kompensation lassen sich

- Energieverluste im elektrischen Übertragungs- und Verteilungsnetz signifikant mindern und der CO<sub>2</sub>-Ausstoß zur Erzeugung dieser Verlustenergie entsprechend vermindern
- Energieübertragungs- und Verteilungsnetze effizienter nutzen beispielsweise für die Übertragung regenerativer Energie
- die Planungssicherheit bei zukünftigen Energienetzen erhöhen

Es wird das Einsparpotential im Energieverbrauch im europäischen Maßstab (EU-25) dargelegt.

Es werden die erforderlichen technischen Mittel aufgezeigt.

Es wird die Feststellung des Ist-Standes im Jahre 2006 durch eine Studie angeregt.

Es werden Empfehlungen gegeben, damit die Ziele erreicht werden können.

<sup>1</sup> Kommission der Europäischen Gemeinschaft: Grünbuch über Energie-Effizienz oder Weniger kann mehr sein, KOM(2005) 265 endgültig/2

## 2. Blindleistungs-Kompensation Grundlagen

### 2.1 Entstehung und Auswirkung 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.

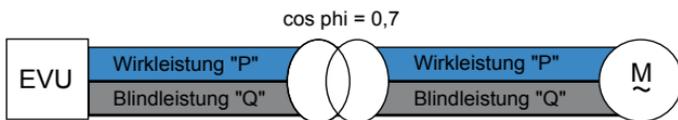
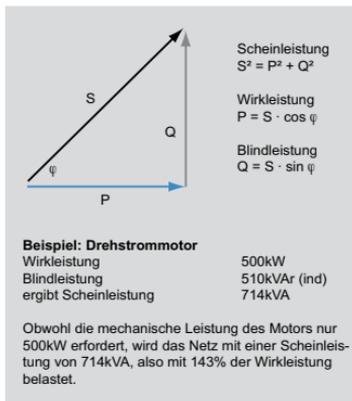


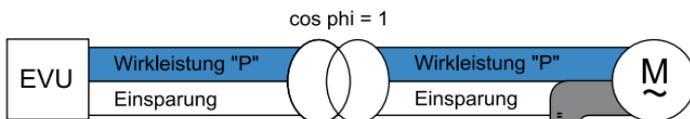
Bild 1: Wirk- und Blindströme im Leistungsnetz: ohne Kompensation

Die vektorielle 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  $\cos \varphi$  zwischen 1,0 und 0,9 induktiv gefordert.



## 2.2 Blindleistungs-Kompensation

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



### Die Vorteile

#### Wirtschaftliches Ausnutzen von:

- Generatoren (EVU)
- Transformatoren
- Leistungen
- Schalteinrichtungen

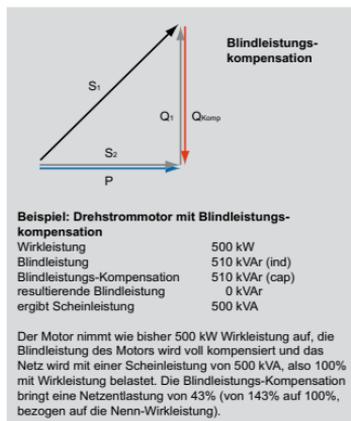


Bild 2:  
Wirk- und Blindströme  
im Leistungsnetz:  
mit Kompensation

### Geringere Verluste

geringerer Spannungsabfall → geringere Energiekosten

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



### **3. Erhöhung der Energie-Effizienz durch Blindleistungs-Kompensation**

Durch Blindleistungs-Kompensation kann erreicht werden, dass sowohl in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen als auch in den Kundennetzen nur die erforderliche Wirkleistung transportiert wird. Dadurch sinkt der Strom in den Netzen und dies hat zwei Vorteile:

- Die stromabhängigen Netzverluste sinken und ebenso die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Dies gilt sowohl für Kundennetze als für Übertragungs- und Verteilungsnetze
- Es steht zusätzliche Übertragungsleistung zur Verfügung zum Beispiel für den Transport von erneuerbarer Energie

In den folgenden Abschnitten wird gezeigt:

- Wie hoch ist der Verbrauch an elektrischer Energie der einzelnen Verbrauchersparten in der EU? Welchen (geschätzten) Ist-Leistungsfaktor haben die einzelnen Verbrauchersparten?
- Welche Verbrauchersparten sind die Hauptverursacher von Blindenergie? Wie hoch soll der Ziel-Leistungsfaktor sein?
- Wie setzen sich die Verlustanteile der Übertragungs- und Verteilungsnetze zusammen?
- Wie hoch sind die Netzverluste in Kundennetzen?
- Wie hoch sind die Eigenverluste der Blindleistungs-Kompensationsanlagen?

Daraus wird die Erhöhung der Energie-Effizienz ermittelt:

- Welche potenzielle Einsparung von Netzverlusten ergibt sich durch Blindleistungs-Kompensation?
- Wie hoch ist die Entlastung der Übertragungs- und Verteilungsnetze durch Blindleistungs-Kompensation?

### 3.1 Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25

Den Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25<sup>2</sup> im Jahr 2002 mit 2.641 TWh zuzüglich 195 TWh Netzverluste zeigt Anhang 10.1. Die größten Verbrauchersparten sind Industrie mit 1.168 TWh (44 %), Haushalte mit 717 TWh (27 %) und Service mit 620 TWh (23 %). Diese drei Sparten stellen zusammen etwa 94 % des Verbrauchs dar.

### 3.2 Hauptverursacher von Blindenergie und Ziel-Leistungsfaktor

Zur Bestimmung, welche Verbrauchersparten die Hauptverursacher von Blindleistung sind, wurde in Anhang 10.2 der geschätzte Leistungsfaktor eingetragen. Anhang 10.2 zeigt die Verbrauchersparten mit einem geschätzten<sup>3</sup> Leistungsfaktor.

Die Verbrauchersparten Industrie und Service weisen etwa 94% des Blindenergiebedarfs auf. Es wird vorgeschlagen, die Blindleistungs-Kompensation auf diese Sparten, Industrie und Service zu beschränken und die Sparten Transport, Haushalt und Andere nicht einzubeziehen.

Als Ziel-Leistungsfaktor wird 0,95 vorgeschlagen. Dies gibt den praktischen Blindleistungs-Kompensationsanlagen genügend Regelmöglichkeit ohne in die kapazitive Überkompensation zu geraten.

Anhang 10.3 zeigt den Verbrauch von elektrischer Energie, wenn in den Verbrauchersparten Industrie und Service ein Ziel-Leistungsfaktor von 0,95 eingehalten wird. Die (vektorielle) Summe aus Wirkenergie und Blindenergie sinkt somit von 3.173 TVAh unkompensiert auf 2.730 TVAh mit Blindleistungs-Kompensation. Diese Senkung um 443 TVAh (14 %) führt zu einer Senkung der Netzverluste und bewirkt eine Entlastung der Netze.

<sup>2</sup> EURELECTRIC: Statistics and prospects for the European electricity sector (1980-1990, 2000-2020), Table 2.2.31, Brüssel 2004

<sup>3</sup> Schätzung ZVEI

### **3.3 Netzverluste in Übertragungs- und Verteilungsnetzen**

Blindleistungs-Kompensation senkt die Strombelastung und damit die nur stromabhängigen Verluste in den Netzen. Anhang 10.4 macht deutlich, dass die stromabhängigen Verluste in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen etwa 66 % betragen. Die Aufteilung der Netzverluste in Übertragungs- und Verteilerverluste wurden hierbei dem Grünbuch über Energie-Effizienz<sup>4</sup> entnommen, die Aufteilung in stromabhängige und nicht stromabhängige Verluste erfolgte nach einer Schätzung des ZVEI.

### **3.4 Netzverluste in Kundennetzen**

Auch in Kundennetzen gibt es Netzverluste. Sie werden in der Statistik der Stromlieferanten nicht erfasst, weil sie nach dem Verknüpfungspunkt mit dem Kunden entstehen und vom Kunden bezahlt werden. Auch hier trägt die Blindleistungs-Kompensation zur Senkung der stromabhängigen Verluste bei und erhöht die Energie-Effizienz.

Das Beispiel in Anhang 10.5 zeigt, dass bei einer Verbesserung des Leistungsfaktors  $\cos \varphi$  von 0,73 auf 0,95 umgerechnet etwa 0,6 % des Jahresverbrauchs von elektrischer Energie gespart werden können. Der Wert 0,73 entspricht hierbei den Verbrauchersparten Industrie und Service aus Anhang 10.2.

### **3.5 Eigenverluste von Blindleistungs-Kompensationsanlagen**

Wie alle elektrischen Betriebsmittel haben auch Blindleistungs-Kompensationsanlagen Eigenverluste. Sie setzen sich aus den Dielektrikums-, Verdrahtungs-, Schaltgeräte- und Zuleitungsverlusten zusammen. Anhang 10.6 zeigt ein typisches Beispiel, das bei einer Jahresnutzung von 3.600 h eine spezifische Verlustenergie von 8,6 kWh/kvar aufweist.

<sup>4</sup> Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Grünbuch über Energie-Effizienz oder Weniger kann mehr sein, KOM(2005) 265 endgültig/2, Kapitel 2.1 Netzregulierung, Brüssel 2005

## 4. Ermittlung des Energie Einsparpotentials

Zur Ermittlung des Einsparpotentials werden drei Szenarien gegenüber gestellt.

Szenario 1: Ohne Blindstromkompensation

Szenario 2: Geschätzter Stand im Jahr 2002

Szenario 3: Mit einer Blindleistungs-Kompensation auf  $\cos\varphi$  von 0,95 für die Sparten Industrie und Service

Für die Netzverluste in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen sowie in den Kundennetzen für Industrie und Service wurde eine Modellrechnung in Anhang 10.7 erstellt, die auf den vorher dargestellten Berechnungen beruht.

Es zeigt sich, dass durch Blindleistungs-Kompensation mit Vorgabe eines Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  von 0,95 für die Verbraucherbereiche Industrie und Service ein Potenzial für eine Energieeinsparung von 48 TWh pro Jahr besteht. Diese Berechnung beruht auf den Verbrauchsdaten des Jahres 2002; mit einem prognostiziertem Wachstum von 16%<sup>5</sup> bis zum Jahr 2010 wird dieses Potenzial eher größer.

In einigen Ländern der EU gibt es bereits Vorgaben für einen bestimmten Leistungsfaktor. Ein Teil dieses Potenzials wird heute also bereits realisiert worden sein. Den Verfassern dieses Positionspapiers liegen belastbare Daten über den Ausschöpfungsgrad jedoch nicht vor.

Um deutlich zu machen, welches Potenzial eine Erhöhung der Energieeffizienz pro Jahr bedeutet sollen folgende Vergleiche dienen:

Eine Erhöhung der Energieeffizienz um	48	TWh		
bedeutet umgerechnet in ...				
... CO2 Emission	0,40	kg/kWh	19	Mio t
... Mtoe	0,086	Mtoe/TWh	4,1	Mtoe
... Energieverbrauch von Haushalten	3.525	kWh/a	13,6	Mio Haushalte
... Windkraftgeneratoren mit 3 MW 3.600 h/a	11	GWh/a	4.444	Windkraftgeneratoren
... Gaskraftwerke mit 450 MW 7.000 h/a	3.150	GWh/a	15	Gaskraftwerke
... Kernkraftwerke mit 1600 MW 8.000 h/a	12.800	GWh/a	4	Kernkraftwerke

Table 2.1.31, Brussels 2004

<sup>5</sup> EURELECTRIC: Statistics and prospects for the European electricity sector (1980-1990, 2000-2020),

## **5. Ermittlung der Entlastung der Übertragungs- und Verteilungsnetze**

In Anhang 10.8 wird Szenario 1 (ohne Blindleistungs-Kompensation) mit Szenario 2 (Schätzung 2002) und Szenario 3 (Leistungsfaktor 0,95 für die Verbrauchersparten Industrie und Service) dargestellt.

Es zeigt sich, dass Blindleistungs-Kompensation eine Entlastung der Übertragungs- und Verteilungsnetze von etwa 15 % bringt, gegenüber dem geschätzten Stand 2002 von etwa 6 %.

Diese zusätzliche Transportfähigkeit würde den unverzichtbaren Netzausbau für erneuerbare Energien und Stromhandel in Europa unterstützen.

## **6. Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

Um eine Einsparung von 48 TWh Netzverlusten zu erreichen müssen geeignete Blindleistungs-Kompensationsanlagen errichtet und installiert werden. Die Größe der Anlagen richtet sich direkt nach der zu kompensierenden Blindleistung.

Die Summe aller Anlagen muss hierfür eine Leistung von 297 Gvar bereitstellen. Blindleistungs-Kompensationsanlagen bedeuten Stand 2006 einen Invest von 15 €/kvar. Daraus ergeben sich Investitionen von 4.4 Mrd. €, siehe Anhang 10.9: Kosten der Blindleistungs-Kompensation.

Die Anlagen sind langlebig mit Einsatzzeiten deutlich über 10 Jahre und wartungsarm.

Ein Teil dieser Investitionen ist bereits getätigt und arbeitet zufriedenstellend. Den Verfassern dieses Positionspapiers liegen belastbare Daten über die Anzahl und Größe der Anlagen jedoch nicht vor.

## **7. Notwendige Technologie und regionale Umsetzung**

### **7.1 Niederspannungs-Kondensatortechnologie und Blindleistungs-Kompensationsanlagen**



Blindleistungs-Kompensationsanlagen sind Niederspannungsanlagen, die im Rahmen der Gebäudeinstallation errichtet werden. Sie sind als abgeschlossene Einheit zu sehen. Die Anlagen werden auf die bestehenden Gebäudeinstallation aufschaltet und können ohne größere Anpassungen auch nachträglich installiert werden. Anlagen zur Blindleistungs-Kompensation und deren Anwendung sind heute schon als reife Technologie anzusehen.

*Bild 3: Schaltschrank für Blindleistungs-Kompensation*



Die Überwachung und Steuerung der Anlage erfolgt eigenständig durch entsprechende Regler, die üblicherweise in die Anlage integriert sind. Diese regeln automatisch den Blindleistungsfaktor auf den eingegebenen Ziel  $\cos\varphi$ . Die Anlagen arbeiten automatisch.

*Bild 4: Blindleistungsregler und Leistungs-Kondensator*

Die eigentliche Kompensation wird durch die in den Anlagen eingebauten Leistungs-Kondensatoren erreicht. Diese Kondensatoren sind speziell für diese Anwendung entwickelt und gefertigt. Die Kondensatoren sind in Filmtechnologie ausgeführt und verlustarm.

Die Blindleistungs-Kompensation muss zeitnah und ortsnahe am Verbraucher, d.h. am Erzeuger der Blindleistungslast durchgeführt werden, damit die Entlastung der Leitungswege und damit die Verminderung der Verluste optimal wirksam wird.

## **7.2 Regionale Umsetzung**

Den höchsten Effekt erzielt man, wenn die Kompensation direkt am Verbraucher d.h. auf der Niederspannungsseite durchgeführt wird.

Daraus ergibt sich ebenso, dass sich regional unterschiedliche Leistungsfaktoren nicht Gegenrechnen lassen. Es ist ja gerade das Ziel, die Einsparungen durch Entlastung von Leitungswegen zu erreichen. Ein „Blindleistungstourismus“ von einer Region mit „gutem“ Leistungsfaktor in eine andere Region mit „schlechtem“ Leistungsfaktor würde die Leitungen zusätzlich belasten und den genau gegenläufigen Effekt haben.

Die Herstellung von Blindstrom-Kompensationsanlagen auf der Niederspannungsseite wird heute zum wesentlichen Teil durch regionale Anbieter erbracht. Die Anbieterstruktur ist vom Mittelstand geprägt. Die Anlagen sind wartungsarm. Eine Überprüfung zur Sicherstellung der Funktion erfolgt lokal und vor Ort. Ein erheblicher Anteil der Wertschöpfung findet in den einzelnen Staaten und Regionen statt.

## 8. Empfehlungen des ZVEI zur Umsetzung

Wenn die Nutzung von Blindenergie nicht mit einer verursachergerechten Gebühr belegt ist, ergibt sich wenig Anreiz in die Kompensation von Blindleistung zu investieren und die Kosten für die Netztransportleistung und die zusätzlichen Netzverluste sind von der Allgemeinheit, nicht von den Verursachern zu tragen.

Viele Energieversorger erheben deshalb ein Entgelt in Höhe von etwa einem Viertel der Kosten für Wirkenergie um den Bezug von Blindenergie bezahlen zu lassen, wenn sie ein bestimmtes Maß überschreitet.

**Der ZVEI empfiehlt deshalb:**

**Durchführung einer Studie, welcher Leistungsfaktor in welchem Land bereits besteht, um zu ermitteln, welches Potenzial heute an Erhöhung der Energie-Effizienz in der EU-25 besteht.**

**Vorgabe eines Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  von 0,95 und Vorgabe einer angemessenen Gebühr für den Blindenergiebezug, wenn der vorgegebene Leistungsfaktor nicht eingehalten wird, für die Verbrauchersektoren Industrie und Service**



**Holen Sie mehr  
aus Ihrem Netz**

## 9. Zusammenfassung

Das Positionspapier „Steigerung der Energie-Effizienz durch Blindleistungs-Kompensation“ bezieht sich auf das Grünbuch über Energie-Effizienz der EU-Kommission KOM(2005) 265 endgültig.

Es wird dargestellt, dass Blindleistungs-Kompensation in der EU-25

- die Verlustenergie in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen sowie in den Kundennetzen von Industrie und Service um 48 TWh pro Jahr gesenkt
- die in den Übertragungs- und Verteilungsnetzen zu übertragende Leistung um 15 % gesenkt wird

Ein Teil dieses Potenzials ist heute bereits realisiert. Den Verfassern dieses Positionspapiers liegen belastbare Daten über den Ausschöpfungsgrad jedoch nicht vor.

Was eine Steigerung der Energie-Effizienz bedeutet zeigen diese Umrechnungen:

48 TWh pro Jahr entsprechen der Energie von

- über 13 Millionen Haushalten
- über 4.000 Windkraftgeneratoren
- etwa 15 Gaskraftwerken
- etwa 4 Kernkraftwerken

Der ZVEI empfiehlt deshalb:

- Durchführung einer Studie, welcher Leistungsfaktor in welchem Land bereits besteht, um zu ermitteln, welches Potenzial heute an Erhöhung der Energie-Effizienz in der EU-25 besteht.
- Vorgabe eines Leistungsfaktors  $\cos\varphi$  von 0,95 und Vorgabe einer angemessenen Gebühr für den Blindenergiebezug, wenn der vorgegebene Leistungsfaktor nicht eingehalten wird für die Verbrauchersektoren Industrie und Service.

Der Vorteil dieser Empfehlung ist, dass die Kosten für die Netztransportleistung und die zusätzlichen Netzverluste nicht von der Allgemeinheit, sondern von den Verursachern zu tragen sind.

Die Blindleistungs-Kompensation ist als reife Technologie einzuschätzen, die allen Ländern der EU-25 regional verfügbar ist. Um optimal zu wirken ist die Blindleistungs-Kompensation zeitnah und ortsnah anzuwenden. Der größte Anteil der Wertschöpfung findet deshalb in den einzelnen Ländern regional statt.

Die Kosten der Blindleistungs-Kompensation betragen etwa 0,092€ pro Kilowattstunde eingesparte Energie.



## 10. Anhang

### 10.1 Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25 nach Verbrauchersparten

Total electricity demand all users in EU 25-2002	active energy TWh /1/				
Industry	1 168				
Transport	78				
Service	620				
Domestic	717				
Others	58				
Total consumption	2 641				
T&D net losses	195				
Total demand	2 836				
(T&D net losses)/(Total consumption)	7,4 %				
(T&D net losses)/(Total demand)	6,9 %				

/1/ EURELECTRIC Statistic and prospekts for the Europeans electricity sector (1980-1990, 2000-2020)  
Tabel 2.2.31, Brussels 2004

### 10.2 Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25 mit geschätztem Ist-Leistungsfaktor

Total electricity demand all users in EU 25-2002 with estimated power factor	active energy TWh	cos $\varphi$ /2/	reactive energy Tvarh	apparent energy TvAh
Industry	1 168	0,70	1 192	1 669
Transport	78	0,80	59	98
Service	620	0,80	465	775
Domestic	717	1,00	0	717
Others	58	0,80	44	73
Total consumption	2 641	<b>0,83</b>	1 759	3 173
Industry	1168	0,70	1 192	1 669
Service	620	0,80	465	775
Consumption of Industry & Service only	1788	<b>0,73</b>	1 657	2 437
Transport	78	0,80	59	98
Domestic	717	1,00	0	717
Others	58	0,80	44	73
Consumption of other sectors only	853	<b>0,99</b>	102	859

/2/ estimated ZVEI

### 10.3 Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25 mit Ziel-Leistungsfaktor

Total electricity demand all users in EU 25-2002 with target power factor	active energy TWh		cos $\varphi$ /3/	reactive energy Tvarh	apparent energy TvAh
Target power factor for Industry & (part of) Service			0,95		
Industry	1 168		0,95	384	1 229
Transport	78		0,80	59	98
Service	620		0,95	204	653
Domestic	717		1,00	0	717
Others	58		0,80	44	73
<b>Total consumption</b>	<b>2 641</b>		<b>0,97</b>	<b>690</b>	<b>2 730</b>
/3/ proposed target power factor					

### 10.4 Netzverluste in Übertragungs- und Verteilungsnetzen

LossesT&D net current dependant losses	share of losses /4/	share of losses /5/	current depend.	not current depend.
Share of the losses in the transportnet thereof current dependant	20%	90%	18%	
thereof not current depend.				2%
Share of the losses in the distributionnet thereof current dependant	80%	60%	48%	
thereof not current depend.		40%		32%
Share of the losses the T&D net thereof current dependant	100%		66%	
thereof not current depend.				34%
Share of the losses the T&D net thereof current dependant	195		<b>129</b>	
thereof not current depend.				<b>66</b>
/4/ Commissions of European Communities: GREENPAPER on energie efficiency or doing more with less, 2.1 of regulations of network activities, COM (2005) 265 final, Brussels 2005				
/5/ estimated ZVEI				

## 10.5 Netzverluste in Kundennetzen

Losses customers net with & without reactive power compensation Example with a typical load			load without comp.	load comp. /7/	
Load active power /6/			500	500	kW
Load cos $\varphi$ without compensation Ind+Ser			0,73		
Load cos $\varphi$ with target power factor				0,95	
Load apparent power			6,81	526	kVA
(Load apparent power)/(transformer rated p.)			85%	66%	
Transformer rated power /6/	800	kVA			
Transformer Fe-losses at no-load /8/	1,94	kW	1,9	1,9	kW
Transformer Cu-losses at 100% load /8/	8,20	kW	6,0	3,5	kW
Wiring HV Cu-losses at 100% load /9/	0,15	kW	0,1	0,1	kW
Wiring HV Cu-losses at 100% load /10/	1,82	kW	1,3	0,8	kW
Losses total			9,3	6,3	kW
thereof losses not current depend.			1,9	1,9	kW
thereof losses current dependant			7,4	4,4	kW
(losses current dependant)/(losses total)			79%	69%	
Saving of losses by compensation				3,0	kW
(Saving of losses)/(Losses without compensation)				<b>0,60%</b>	
Specific saving of losses (Sav. of losses)/(load active p.)					
/7/ target power factor 0,95					
/8/ ABB transformer databook		/9/ Cu-wires 20m, 3.0A/mm <sup>2</sup>			
		/10/Cu-cabels 20m, 1,5A/mm <sup>2</sup>			

## 10.6 Eigenverluste von Blindleistungs-Kompensationsanlagen

Losses reactive power compensation capacitor bank, cable					
Losses of capacitor bank /11/	1,5	W/kvar			
Remark: Loss of dielectric 0,2W/kvar					
Losses of connection cable /12/	0,9	W/kvar			
Specific loss of capacitor bank incl. connect.	2,4	W/kvar			
Average annual usage /13/	3600	h			
Specific loss energy of capacitor bank	<b>8,6</b>	kWh/kvar			
/11/ technical data ZVEI					
/12/ Cu-cabel 10 m, 1,5A/mm <sup>2</sup>					
/13/ 2 shift of 8 h per day × 5 days per week × 45 weeks per year					

## 10.7 Netzverluste Gesamtmodell

Basic data from calculation before	active energy TWh		cos $\varphi$ uncomp.	cos $\varphi$ partial comp.	cos $\varphi$ comp.
Industry and Service	1788		0,73	0,85	0,95
Others	853		0,99	0,99	0,99
T&D net losses current dependant 2002	129				
Customer net losses current dep. % of load			1,5%	1,1%	0,9%
Annual usage of capacitor bank	3600	h			
Specific loss energy of capacitor bank	8,6	kWh/kvar			
Szenario 1: Uncompensated	active energy TWh		cos $\varphi$	reactiv energy Tvarh	apparent energy TVAh
Industry and Service	1788		0,73	1657	2437
Others	853		0,99	102	859
Total	2641		0,83	1759	3173
Reactive energy for compensation				0	Tvarh
Average annual usage				3600	h
Reactive Power for compensation				0	Gvar
Specific loss energy of capacitor bank				8,6	kWh/kvar
T&D net losses current dependant	154				
Customer net losses Ind+Ser cur. depend.	26				
Losses of capacitor bank	0				
Total losses current dependant	180				
Szenario 2: Estimation 2002 /14/	active energy TWh		cos $\varphi$	reactiv energy Tvarh	apparent energy TVAh
Industry and Service	1788		0,85	1108	2104
Others	853		0,99	102	859
Total	2641		0,91	1210	2905
Reactive energy for compensation				548	Tvarh
Average annual usage				3600	h
Reactive Power for compensation				152	Gvar
Specific loss energy of capacitor bank				8,6	kWh/kvar
T&D net losses current dependant	129				
Customer net losses Ind+Ser cur. depend.	20				
Losses of capacitor bank	1				
Total losses current dependant	150				



## Impressum

*Steigerung der Energie-Effizienz durch Blindleistungs-Kompensation*

Ausgabe: Januar 2008

Herausgegeben von:

**FRAKO Kondensatoren- und Anlagenbau GmbH**

Tscheulinstr. 21a · 79331 Teningen

Tel. +49-7641-453-0 · Fax +49-7641-453-535

<http://www.frako.de> · E-Mail: [info@frako.de](mailto:info@frako.de)

Quelle:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.

Fachverband Starkstromkondensatoren

Stresemannallee 19

60596 Frankfurt am Main

Redaktion:

Ronald Hänßler, Sprecher der Gruppe Energie-Effizienz

Peter Knoll, Vorsitzender Fachverband Starkstromkondensatoren

Johannes Stein, ZVEI

Fon 069 6302-265

Fax 069 6302-234

Mail: [etechnik@zvei.org](mailto:etechnik@zvei.org)

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

Trotz größtmöglicher Sorgfalt keine Haftung für den Inhalt.



FRAKO 95-00274/09/09/8421



Kondensatoren- und Anlagenbau GmbH

Tscheulinstr. 21a · 79331 Teningen · Germany  
Tel. +49-7641-453-0 · Fax +49-7641-453-535  
<http://www.frako.de> · E-Mail: [info@frako.de](mailto:info@frako.de)

