

Positionspapier
zum Grünbuch über Energieeffizienz

Energieeffizienz-Steigerung durch Blindleistungskompensation



IMPRESSUM

Energieeffizienz-Steigerung durch Blindleistungskompensation

Herausgegeben vom:

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

Redaktion:

Ronald Hänßler, Sprecher der Gruppe Energieeffizienz
Peter Knoll, Vorsitzender Fachverband Starkstromkondensatoren
Johannes Stein, ZVEI

Fon 069 6302-265
Fax 069 6302-234
Mail etechnik@zvei.org
www.zvei.org/kondensatoren

© ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik und Elektronikindustrie e.V.

Ausgabe: März 2006

Inhaltsverzeichnis

1. ZIELSETZUNG UND INHALT	4
2. BLINDLEISTUNGSKOMPENSATION GRUNDLAGEN	5
3. ERHÖHUNG DER ENERGIEEFFIZIENZ DURCH BLINDLEISTUNGSKOMPENSATION	7
4. ERMITTLUNG DES ENERGIE EINSARPOTENTIALS	9
5. ERMITTLUNG DER ENTLASTUNG DER ÜBERTRAGUNGS- UND VERTEILNETZE	10
6. WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG	10
7. NOTWENDIGE TECHNOLOGIE UND REGIONALE UMSETZUNG	11
8. EMPFEHLUNGEN DES ZVEI ZUR UMSETZUNG	13
9. ZUSAMMENFASSUNG	14
10. ANHANG	15

1. Zielsetzung und Inhalt

Schonung der Ressourcen ist eine wesentliche Zielsetzung und Steigerung der Energieeffizienz ein Kernziel europäischer Politik.

Die Kommission der Europäischen Gemeinschaften hat zu diesem Zweck das *Grünbuch über Energieeffizienz*¹ veröffentlicht. Hierin sind alle Ebenen der Gesellschaft aufgefordert Beiträge zu leisten.

Dieses Positionspapier zeigt Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz auf, die sich aus der Blindstromkompensation auf der Verbraucherseite in den Sektoren Industrie und Dienstleistungen ergeben.

Durch gezielten Einsatz von Blindstromkompensation lassen sich

- Energieverluste im elektrischen Übertragungs- und Verteilungs-Netz signifikant mindern und der CO₂-Ausstoß zur Erzeugung dieser Verlustenergie entsprechend vermindern;
- Energieübertragungs- und Verteilungs-Netze 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.

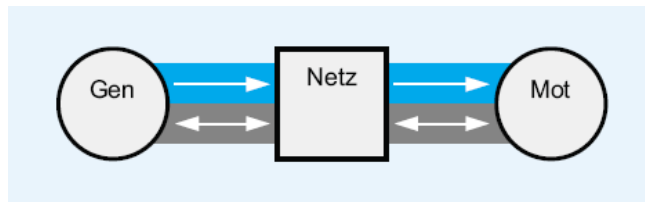
Es werden in diesem Positionspapier Empfehlungen gegeben, damit die Ziele des EU-Grünbuches zur Steigerung der Energieeffizienz wirkungsvoll unterstützt werden können.

¹ Kommission der Europäischen Gemeinschaften: GRÜNBUCH über Energieeffizienz oder Weniger kann mehr sein, KOM(2005) 265 endgültig/2

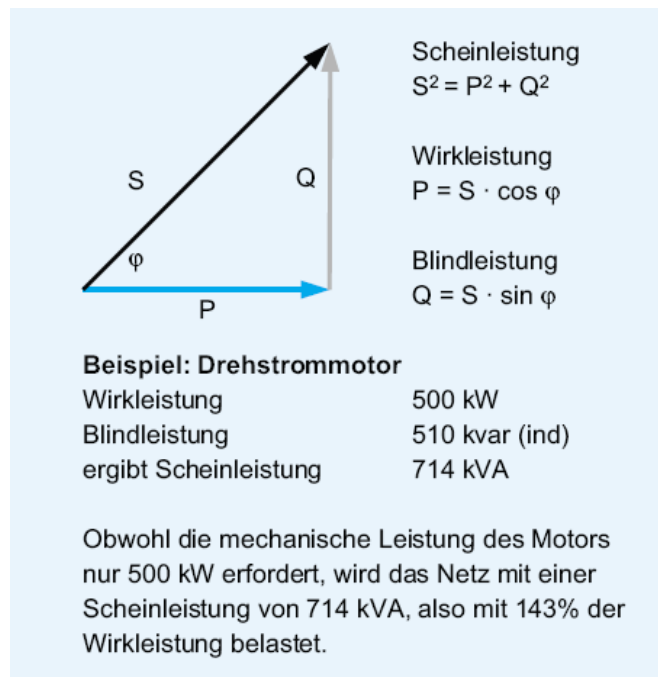
2. Blindleistungskompensation Grundlagen

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.

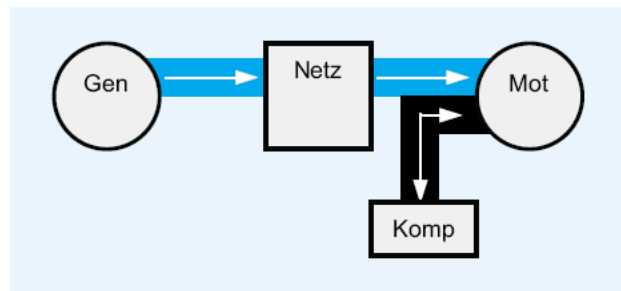


Die vektorielle Addition von Wirkleistung P und Blindleistung Q ergibt die Scheinleistung S . Energieerzeuger und Netzbetreiber müssen die Scheinleistung bereithalten und übertragen. Das heißt: Generatoren, Transformatoren, Leitungen, Schaltgeräte usw. müssen für höhere Leistungen ausgelegt werden, als 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.

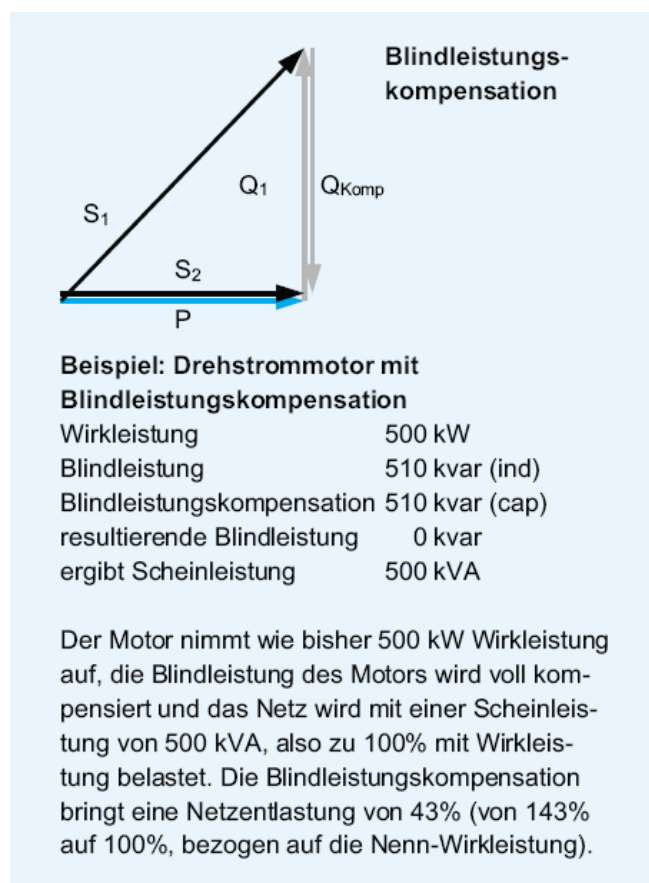


Blindleistungskompensation

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 Blindleistungskompensation, wenn sie verbrauchernah und zeitnah eingesetzt wird.



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



3. Erhöhung der Energieeffizienz durch Blindleistungskompensation

Durch Blindleistungskompensation kann erreicht werden, dass sowohl in den Übertragungs- und Verteilnetzen 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 brauchen nicht durch eine erhöhte Stromerzeugung mit entsprechenden CO₂-Emissionen ausgeglichen werden. Dies gilt sowohl für Kundennetze als auch für öffentlichen Übertragungs- und Verteilnetze.
- Es stehen zusätzliche Übertragungskapazitäten 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 Verteilnetze zusammen?
- Wie hoch sind die Netzverluste in Kundennetzen?
- Wie hoch sind die Eigenverluste der Blindleistungskompensationsanlagen?

Daraus wird die Erhöhung der Energieeffizienz ermittelt:

- Welche potenzielle Einsparung von Netzverlusten ergibt sich grundsätzlich durch Blindleistungskompensation?
- Wie hoch ist die Entlastung der Übertragungs- und Verteilnetze durch Blindleistungskompensation?

3.1 Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25

Den Verbrauch von elektrischer Energie in der EU-25² 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 der jeweiligen Sparte eingetragen. Anhang 10.2 zeigt die Verbrauchersparten mit ihrem geschätzten³ Leistungsfaktor.

Die Verbrauchersparten Industrie und Service weisen etwa 94% des Blindenergiebedarfs auf. Es wird vorgeschlagen, die Blindleistungskompensation auf diese Sparten, Industrie und Service zu konzentrieren.

Als Zielgröße wird ein realistischer Leistungsfaktor von 0,95 (induktiv) vorgeschlagen. Dies gibt den praktischen Blindleistungskompensationsanlagen 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 TWh unkompensiert auf 2.730 TWh mit Blindleistungskompensation. Diese Senkung um 443 TWh (15%) führt zu einer Senkung der Netzverluste und bewirkt eine Entlastung der Netze.

3.3 Netzverluste in Übertragungs- und Verteilnetzen

Blindleistungskompensation 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 Verteilnetzen etwa 66% betragen. Die Aufteilung der Netzverluste in Übertragungs- und Verteilerverluste wurden hierbei dem Grünbuch über Energieeffizienz⁴ entnommen, die Aufteilung in stromabhängige und nicht stromabhängige Verluste erfolgte nach einer Schätzung des ZVEI.

² EURELECTRIC: Statistics and prospects for the European electricity sector (1980-1990, 2000-2020), Table 2.2.31, Brussels 2004

³ Schätzung ZVEI

⁴ Kommission der Europäischen Gemeinschaften: GRÜNBUCH über Energieeffizienz oder Weniger kann mehr sein, KOM(2005) 265 endgültig/2, Kapitel 2.1 Netzregulierung, Brüssel 2005

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 Blindleistungskompensation zur Senkung der stromabhängigen Verluste bei und erhöht die Energieeffizienz.

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 Blindleistungskompensations-Anlagen

Wie alle elektrischen Betriebsmittel haben auch Blindleistungskompensations-Anlagen 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.

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 Blindleistungskompensation auf $\cos \varphi$ von 0,95 für die Sparten Industrie und Service.

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

Die beiliegenden Berechnungen zeigen, dass durch Blindleistungskompensation mit Vorgabe eines Leistungsfaktors von $\cos \varphi$ 0,95 für die Verbraucherbereiche Industrie und Service ein grundsätzliches 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%⁵ 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.

⁵ EURELECTRIC: Statistics and prospects for the European electricity sector (1980-1990, 2000-2020), Table 2.1.31, Brussels 2004

Um deutlich zu machen, welches Potenzial eine Erhöhung der Energieeffizienz um 48 TWh pro Jahr bedeutet, sollen folgende Vergleiche dienen:

Eine Erhöhung der Energieeffizienz um bedeutet umgerechnet in ...	48 TWh	
... CO ₂ Emission	0,40 kg/kWh	19 Mio t CO ₂
... Mtoe	0,086 Mtoe/TWh	4,1 Mtoe
... Energieverbrauch von Haushalten	3.525 kWh/a	13,6 Mio Haushalte
... Energieerzeugung durch	11 GWh/a	4.444 Windkraftgeneratoren
... 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

5. Ermittlung der Entlastung der Übertragungs- und Verteilnetze

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

Es zeigt sich, dass Blindleistungskompensation eine Entlastung der Übertragungs- und Verteilnetze 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 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. Blindleistungskompensationsanlagen bedeuten Stand 2006 eine Investition von 15 €/kvar. Daraus ergeben sich Gesamtinvestitionen von 4.4 Mrd.€, siehe Anlage 10.9 „Kosten der Blindleistungskompensation“. 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. Szenario 2 spiegelt jedoch die Einschätzung der Experten der im ZVEI vertretenen Hersteller auf Basis ihrer punktuellen Markteinsichten wieder.

7. Notwendige Technologie und regionale Umsetzung

7.1 Niederspannungskondensatortechnologie und Blindleistungskompensations-Anlagen

Blindleistungskompensations-Anlagen sind Niederspannungsanlagen, die im Rahmen der Gebäudeinstallation errichtet werden. Sie sind als abgeschlossene Einheit zu sehen. Die Anlagen werden auf die bestehenden Gebäudeinstallation aufgeschaltet und können ohne größere Anpassungen auch nachträglich installiert werden.

Anlagen zur Blindstromkompensation und deren Anwendung sind heute schon als reife Technologie anzusehen.



Abbildung 1: Kompletter Schaltschrank für Blindleistungskompensation

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 $\cos \varphi$.



Abbildung 2: Blindleistungsregler und Kompensationskondensator

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

Die Blindleistungskompensation muss zeitnah und ortsnah 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 Blindstromkompensations-Anlagen auf der Niederspannungsseite wird heute zum wesentlichen Teil durch regionale Anbieter erbracht. Die Anbieterstruktur ist vom Mittelstand geprägt. Die Anlagen sind wartungsarm und arbeiten selbsttätig. 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 verursacher-gerechten 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 und 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 diese ein bestimmtes Maß überschreitet.

Der ZVEI empfiehlt deshalb:

- **Durchführung einer Studie, welcher reale Leistungsfaktor in Mitgliedsstaaten bereits besteht. Hieraus ergibt sich das weitere Potential zur Erhöhung der Energieeffizienz in der EU-25.**
- **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.**

9. Zusammenfassung

Das Positionspapier „Energieeffizienz-Steigerung durch Blindleistungskompensation“ bezieht sich auf das GRÜNBUCH über Energieeffizienz der EU-Kommission KOM(2005) 265.

Es wird dargestellt, dass Blindleistungskompensation in der EU-25

- die Verlustenergie in den Übertragungs- und Verteilnetzen sowie in den Kundennetzen von Industrie und Service um 48 TWh pro Jahr gesenkt wird,
- die in den Übertragungs- und Verteilnetzen 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 Energieeffizienz bedeutet, zeigen diese Umrechnungen: 48 TWh pro Jahr entsprechen der Energie im Verbrauch oder in der Erzeugung von

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

Der ZVEI empfiehlt deshalb:

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

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 Kosten der Blindleistungskompensation betragen etwa 0,0062 € pro Kilowattstunde eingesparte Energie (siehe Anlage 10.9). Die Investition der Anlagen trägt sich damit auch ohne Berücksichtigung von zusätzlichen CO₂-Emissionsvermeidungskosten.

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

10. Anhang

10.1 Anhang: 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 Statistics and prospects for the European electricity sector (1980-1990, 2000-2020), Table 2.2.31, Brussels 2004

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

Total electricity consumption all users in EU-25 2002 with estimated power factor	active energy TWh	cos φ /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	0,83	1.759	3.173
Industry	1.168	0,70	1.192	1.669
Service	620	0,80	465	775
Consumption of Industry and Service only	1.788	0,73	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	0,99	102	859

/2/ Estimation ZVEI

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

Total electricity consumption all users in EU-25 2002 with target power factor	active energy TWh	cos φ /3/	reactive energy Tvarh	apparent energy TVAh
Target power factor for Industry and (part of) Services		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
Total consumption	2.641	0,97	690	2.730

/3/ Proposed Target Power Factor

10.4 Anhang: Netzverluste in Übertragungs- und Verteilnetzen

Losses T&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 thereof not current depend.	20%	90% 10%	18%	2%
Share of the losses in the distributionnet thereof current dependant thereof not current depend.	80%	60% 40%	48%	32%
Losses of the T&D net thereof current dependant thereof not current depend.	100%		66%	34%
Losses of the T&D net thereof current dependant thereof not current depend.	<u>195</u>		129	66%

/4/ Commission of the European Communities: GREENPAPER on Energy Efficiency or Doing More With Less, 2.1 Regulation of network activities, COM(2005) 265 final , Brussels 2005

/5/ Estimation ZVEI

10.5 Anhang: Netzverluste in Kundennetzen

Losses customer net with and without Reactive Power Compensation Example with a typical load			Load without comp. /7/	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			681	526 kVA
(Load apparent power) / (Transformer rated power)			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 LV 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)				32%
Specific saving of losses (Saving of losses) / (Load active power)				0,60%
/7/ Target power factor 0.95				
/8/ ABB Transformer Databook				
/9/ Cu-wires 20m, 3.0 A/mm ²				
/10/ Cu-cable 20 m, 1.5 A/mm ²				

10.6 Anhang: Eigenverluste von Blindleistungskompensation-Anlagen

Losses of reactive power compensation capacitor bank, cable					
Loss of capacitor bank /11/ Remark: Loss of dielectric 0,2 W/kvar	1,5	W/kvar			
Loss of connection cable /12/ Specific loss of capacitor bank incl. connection	0,9	W/kvar			
	2,4	W/kvar			
Average annual usage /13/	3.600	h			
Specific loss energy of capacitor bank	8,6	kWh/kvar			
/11/ Technical data ZVEI					
/12/ Cu-cable 10 m, 1.5 A/mm ²					
/13/ 2 shifts of 8 h per day x 5 days per week x 45 weeks per year					

10.7 Anhang: Netzverluste Gesamtmodell

Basic data from calculation before	active energy TWh	cos φ uncomp.	cos φ partial comp.	cos φ comp.
Industry and Service	1.788	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	3.600 h			
Specific loss energy of capacitor bank	8,6 kWh/kvar			
Szenario 1: Uncompensated				
	active energy TWh	cos φ	reactive energy Tvarh	apparent energy TVAh
Industry and Service	1.788	0,73	1.657	2.437
Others	853	0,99	102	859
Total	2.641	0,83	1.759	3.173
Reactive energy for compensation			0 Tvarh	
Average annual usage			3.600 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 current dependent	26			
Losses of capacitor bank	0			
Total losses current dependant	180			
Szenario 2: Estimation 2002 /14/				
	active energy TWh	cos φ	reactive energy Tvarh	apparent energy TVAh
Industry and Service	1.788	0,85	1.108	2.104
Others	853	0,99	102	859
Total	2.641	0,91	1.210	2.905
Reactive energy for compensation			548 Tvarh	
Average annual usage			3.600 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 current dependent	20			
Losses of capacitor bank	1			
Total losses current dependant	150			
Szenario 3: With reactive power compensation to Target Power Factor				
	active energy TWh	cos φ	reactive energy Tvarh	apparent energy TVAh
Industry and Service	1.788	0,95	588	1.882
Others	853	0,99	102	859
Total	2.641	0,97	690	2.730
Reactive energy for compensation			1.069 Tvarh	
Average annual usage			3.600 h	
Reactive power for compensation			297 Gvar	
Specific loss energy of capacitor bank			8,6 kWh/kvar	
T&D net losses current dependant	114			
Customer net losses Ind+Ser current dependent	16			
Losses of capacitor bank	3			
Total losses current dependant	132			
Saving of losses by reactive power compensation				
	active energy TWh			
Szenario 1 - Szenario 3	48			
/14/ Estimation ZVEI				

10.8 Anhang: Entlastung der Übertragungs- und Verteilnetze

Transport capability of the T&D net	apparent energy TVAh	
Szenario 1: Uncompensated	3.173	109%
Szenario 2: Estimate 2002	2.905	100%
Szenario 3: With reactive power compensation	2.730	94%
Szenario 1 - Szenario 3	443	15%

10.9 Anhang: Kosten der Blindleistungskompensation

Cost of reactive power compensation	
Szenario 3 - Szenario 1	
Reactive energy required	1.069 Tvarh
Average annual usage	3.600 h
Reactive power required	297 Gvar
Cost for reactive power compensation /15/	13,0 €/kvar
Plus installation approx. 15% /16/	2,0 €/kvar
Total cost including installation	15,0 €/kvar
Invest for reactive power compensation	4,4 billion €
Energy saving	48 TWh
Average lifetime of power compensation unit	15 years
Invest related to energy saving	0,0062 €/kWh
Electricity Price for Industry EU 25 /17/	0,055 €/kWh
The invest into energy saving pays by itself	

/15/ Estimation ZVEI

/16/ Estimation ZVEI

/17/ EU Energy and Transport in figures. Statistic pocketbook 2004. 2.5.3; Source: Eurostat