



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
**Bundesamt für Energie BFE**

# NETZRÜCKWIRKUNGEN VON ENERGIESPARLAMPEN

## Jahresbericht 2008

Autor und Koautoren	Gregor Dürrenberger, Georg Klaus
beauftragte Institution	Forschungsstiftung Mobilkommunikation
Adresse	c/o ETH Zürich, Gloriastr. 35, 8092 Zürich
Telefon, E-mail, Internetadresse	044 632 28 15, <a href="mailto:gregor@mobile-research.ethz.ch">gregor@mobile-research.ethz.ch</a> , <a href="http://www.mobile-research.ethz.ch">www.mobile-research.ethz.ch</a>
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	102644 / 153426
BFE-Projektleiter	Roland Brüniger
Dauer des Projekts (von – bis)	August 2008 – Juli 2009
Datum	11.12.2008

### ZUSAMMENFASSUNG

- Die Energiesparlampen (ESL) halten weitestgehend die Anforderungen gemäss EN55015 ein. Damit ist die hochfrequente Netzrückwirkung nicht grösser als beispielsweise bei einem Steckernetzteil.
- Vereinzelte ESL halten den Grenzwert nicht ein. Die Grenzwertüberschreitungen sind auf die Grundwelle und die ersten Harmonischen der Betriebsfrequenz begrenzt.
- Zur genaueren Analyse und als Grundlage für Netzsimulationen wurden die Gegentakt- und Gleichtaktstörströme ermittelt.

## Projektziele

Die Absicht die klassischen Glühlampen in einigen Jahren auf dem Schweizer Markt durch Energiesparlampen (ESL) zu ersetzen, führt dazu, dass sich künftig vermehrt ESL mit elektrischen Vorschaltgeräten im Netz befinden werden. Es bestehen Bedenken, dass sich das in einzelnen Fällen negativ auf Spannungsqualität und Leiterbelastung auswirken könnte und die Energie liefernden Werke dadurch vor Probleme gestellt würden.

Energiesparlampen werden über ein elektronisches Vorschaltgerät bei einer Frequenz von etwa 40 kHz betrieben. Sowohl der Einschaltvorgang als auch der Dauerbetrieb führt zu Rückwirkungen auf das Energieversorgungsnetz. Primäre Ursache dieser Rückwirkungen sind Strom- und Spannungsänderungen im Frequenzbereich zwischen 0 Hz und einigen zehn Megahertz. Das in der EMV für leitungsgeführte Störaussendungen übliche Frequenzband von Gleichstrom bis 30 MHz dürfte für die Beurteilung der Netzrückwirkungen ausreichen.

Sodann wird im Zusammenhang mit der Nutzung von ESL häufig auch die Frage vom Nettospareffekt gestellt. Hier gilt es, die höhere Energieeffizienz im Betrieb dem grösseren Energiebedarf in Produktion und Entsorgung sowie den oben angesprochenen Netzverlusten aufgrund der durch ESL produzierten Blindleistungen entgegenzustellen.

Vor diesem Hintergrund verfolgt das Projekt folgende Ziele:

- Das Projekt untersucht Netzrückwirkungen. Dazu wird bei ESL der Anteil der Oberwellen in Bezug zur Grundwelle (die sog. total harmonic distortion, THD<sub>i</sub>) ausgemessen. Die Variabilität der THD<sub>i</sub> ist zwischen einzelnen ESL beträchtlich (von einigen 10% bis über 150%).
- Werden ESL im grossen Umfang eingesetzt, so können sich die Verzerrungen im Netz kumulieren und zu Qualitätseinbussen in der Versorgung führen. Mit ausgewählten Simulationsstudien an Beispielgebäuden und -Quartier soll das Ausmass solcher Netzeinflussungen abgeschätzt werden.
- Die Größenordnung der Effekte soll zumindest qualitativ den Beeinflussungen durch andere Endverbraucher mit Oberschwingungsspektren gegenübergestellt werden, darunter auch solche mit aktiver Leistungsfaktorkorrektur wie beispielsweise moderne PCs.
- Ergänzend dazu sollen in einem Literaturkapitel die relevanten Daten für eine Gesamtenergiebilanz-Betrachtung zusammengestellt werden. In einer solchen Betrachtung werden die Ersparnisse in der Wirkleistung während der Betriebsdauer von ESL den erhöhten Blindleistungen (Netzverluste) sowie den Energieaufwänden für Produktion und Entsorgung gegenübergestellt. Für diese ergänzende Betrachtung zur Thematik „Netzrückwirkungen von ESL“ wird auf bestehende LCA-Daten zurückgegriffen.
- In einem abschliessenden Teil werden Empfehlungen z.H. der Lampenhersteller sowie der Netzbetreiber betreffend einer Optimierung der Netzrückwirkung von ESL ausformuliert.

## Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

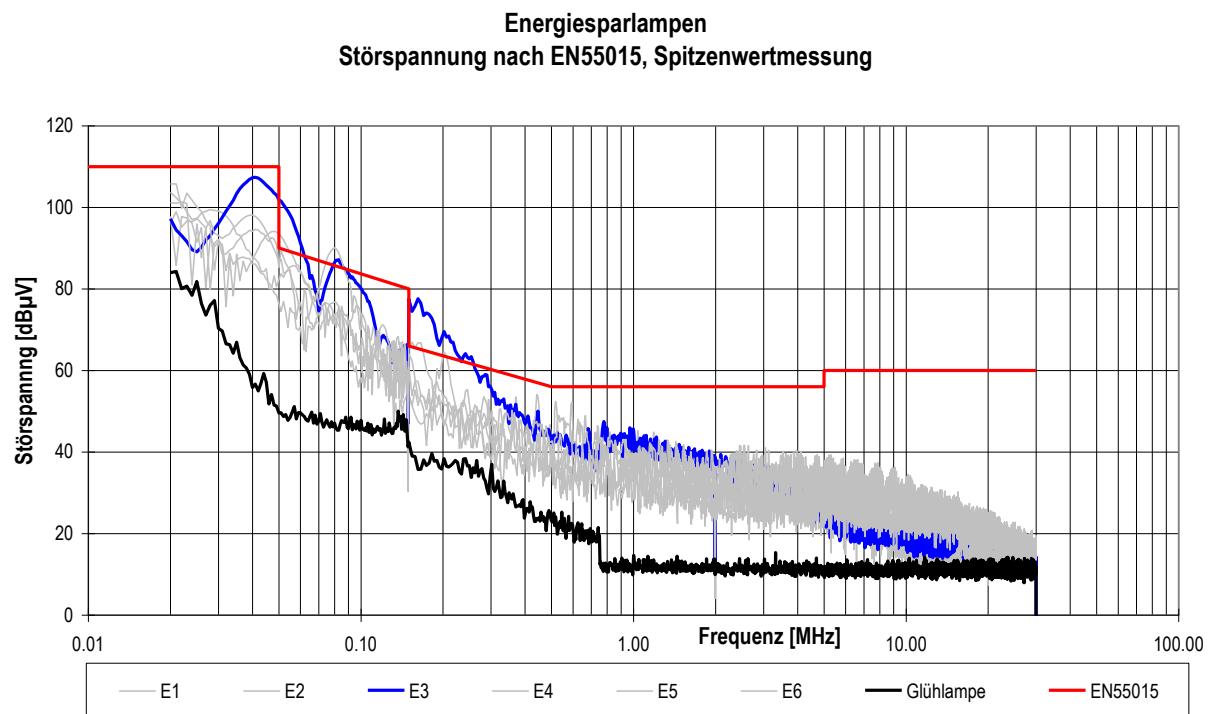
Folgende Arbeitsschritte wurden in der Berichtsperiode angegangen:

Thema	Stand der Arbeiten
Literatur- und Normenanalyse	Betreffend Netzrückwirkungen (EMV) weitestgehend abgeschlossen, ausstehend sind noch laufende Entwicklungen in Normengremien
Messung verschiedener ESL im Zeitbereich und im Frequenzbereich 0 Hz – 30 MHz im Betriebszustand	Die technisch aufwendigsten EMV-Messungen im Frequenzbereich 20 kHz – 30 MHz sind zu 80% abgeschlossen. Gearbeitet wird noch an Gleich- vs. Gegentaktvergleichen und der Detailanalyse der Breitband-Beeinflussungen. Messungen 0 Hz – 2kHz sind im Wesentlichen geplant. Durchführung im Januar 2009. Messungen 2kHz – 20kHz scheinen nach ersten Analysen ohne Bedeutung, da ausserhalb der Betriebsfrequenzen. Messungen im Zeitbereich an einzelnen Exemplaren getestet

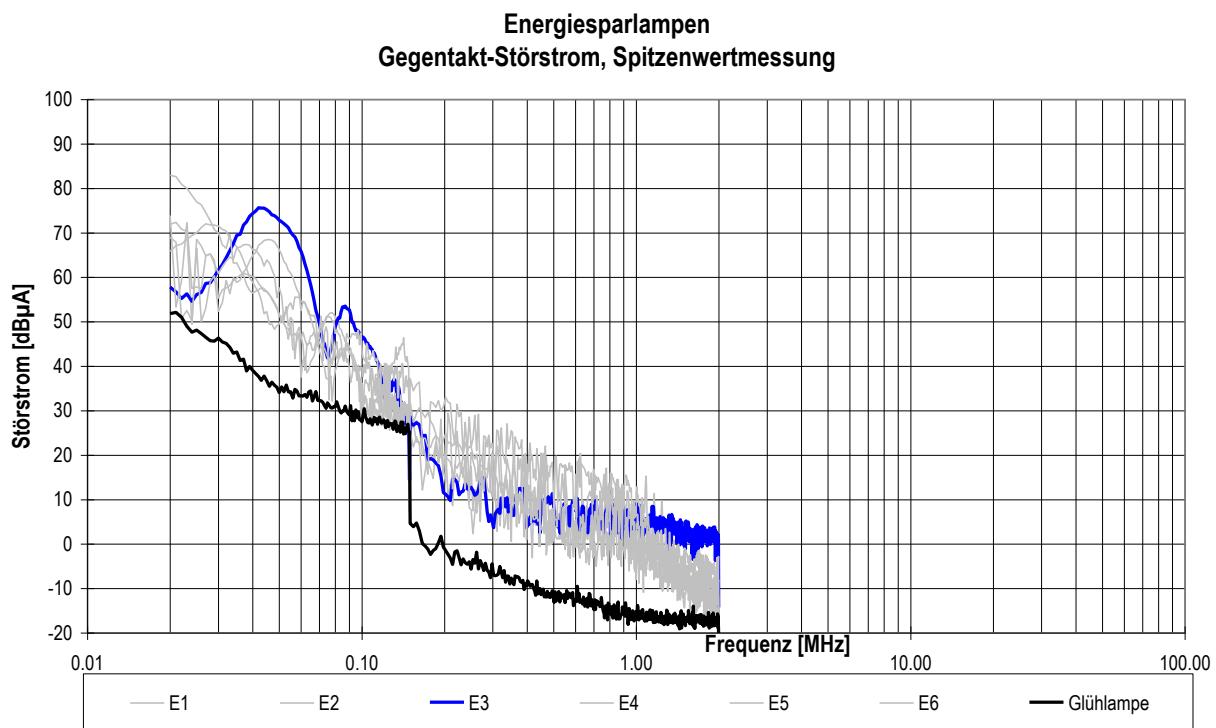
	tet. Seriemessung im Januar 2009
Messung des Einschalt- und Einbrennverhaltens von Energiesparlampen	An einzelnen Exemplaren getestet. Seriemessung im Januar 2009
Computersimulation des relevanten Verhaltens von Energiesparlampen hinsichtlich der Netzrückwirkungen im Ein- und Dreiphasensystem.	Noch nicht gestartet

Im folgenden werden die ersten Messergebnisse vorgestellt. Eine detaillierte Beschreibung der Messmethodik wird wie oben erwähnt Anfangs 2009 zur Verfügung stehen.

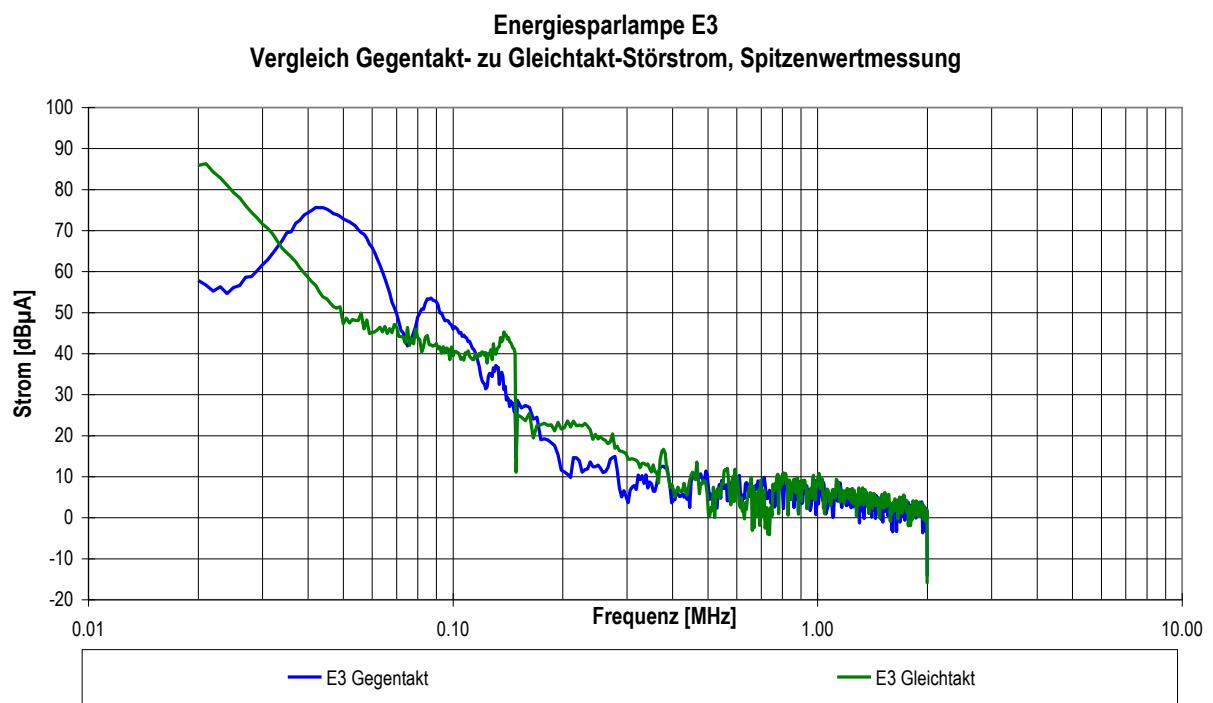
- Dargestellt werden in Fig. 1 die Messungen der Störspannungen von unterschiedlich aufgebauten ESL. Die Netzrückwirkungen sind sehr ähnlich (graue Linien). Speziell hervorgehoben ist die ESL E3 mit den grössten Rückwirkungen (blaue Linie) und die Rückwirkung einer Glühlampe, welche keine Netzrückwirkungen im betrachteten Frequenzbereich erzeugt.
- Im zweiten Diagramm (Fig. 2) sind die Gegentakt-Störströme dargestellt, und
- Im dritten Diagramm (Fig. 3) ein Vergleich zwischen Gleich- und Gegentaktanteil der ESL E3.



**Figur 1:** Störspannung von ESL, Peak Values



**Figur 2:** Gegentakt-Störstrom von ESL, Peak Values



**Figur 3:** Vergleich Gegentakt-Gleichtakt-Störstrom von ESL, Peak Values

Aus der ersten Projektphase lassen sich folgende provisorischen Schlussfolgerungen ziehen:

- Die Energiesparlampen (ESL) halten weitestgehend die Anforderungen gemäss EN55015 ein. Die Netzrückwirkung im Hochfrequenzbereich ist damit nicht grösser als etwa bei einem Steckernetzteil.
- Vereinzelte ESL halten den Grenzwert nicht ein. Die Grenzwertüberschreitungen sind auf die Grundwelle und die ersten Harmonischen der Betriebsfrequenz begrenzt (siehe Fig. 1).
- Zur genaueren Analyse wurden die Gegentakt- und Gleichtaktstörströme ermittelt. Diese Messresultate dienen als Grundlage für die geplanten Netzsimulationen.

Anstehende Arbeiten:

- Die Messungen im Zeitbereich werden im Januar durchgeführt.
- Dasselbe gilt für die Messung des Einschaltverhaltens, das an einzelnen ESL zu Testzwecken erfolgreich durchgeführt wurde, aber noch nicht als Serienmessreihe vorliegt.

## Nationale Zusammenarbeit

- Schweizerische Agentur für Energieeffizienz SAFE, Stefan Gasser
- Philips AG Lighting, Stephen Müller
- Centralschweizerische Kraftwerke AG, Robert Schürch
- Kanton Basel-Stadt, Thomas Fisch
- Matthias Wiget, entec AG

## Internationale Zusammenarbeit

- Energy Mad Limited, New Zealand, Peter Watt

## Bewertung 2008 und Ausblick 2009

- Das Projekt ist mit Verspätung (Sponsorensuche) im September gestartet und hat erste Ergebnisse vorzuweisen. Insgesamt sind die Arbeiten noch nicht so weit fortgeschritten, wie ursprünglich geplant.
- Die Messungen der Störspannungen von unterschiedlich aufgebauten ESL sind im wesentlichen abgeschlossen.
- Dasselbe gilt für die Messungen der Gleichtakt- und Gegentakt-Störströme.
- Anstehende Arbeiten für den Beginn 2009 betreffen die Messungen im Zeitbereich sowie des Einschalt- und Einbrennverhaltens.
- Ab Februar werden die Simulationen gerechnet sowie die Literaturrecherche zur Gesamtenergiebilanz durchgeführt. Das Projekt soll im Juni/Juli 2009 abgeschlossen werden.

## Referenzen

### Literaturverzeichnis

- [1] A.F. AbdEl-Gawad: ***Studying the impact of different lighting loads on both harmonics and power factor***, 42nd International Universities Power Engineering Conference, UPEC. 4-6 Sept., 109 – 114, 2007.
- [2] J. Cunill-Sola, M.Salichs: ***Study and Characterization of Waveforms From Low-Watt (<25 W) Compact Fluorescent Lamps With Electronic Ballasts***, Power Delivery, IEEE Transactions on Power Delivery, 22, 2305 – 2311, 2007.
- [3] G. Dürrenberger, G. Klaus: ***EMF von Energiesparlampen: Feldmessungen und Expositionabschätzungen mit Vergleich zu anderen Quellen im Alltag***, BFE und BAG, DIS-Projekt Nr. 100898; <http://www.news-service.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/478.pdf>, 2004.
- [4] G. Dürrenberger, G. Klaus: ***Kurzkommentar zur Beurteilung von Emissionsmessungen von Energiesparlampen***, [http://www.mobile-research.ethz.ch/var/Kommentar\\_ESL\\_1207.pdf](http://www.mobile-research.ethz.ch/var/Kommentar_ESL_1207.pdf), 2007.
- [5] U. Grasselli, R. Lamedica, A. Prudenzi: ***Time-varying harmonics of single-phase nonlinear appliances***, Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE Volume 2, 27-31 Jan., 1066 - 1071 vol.2, 2002.

- [6] A. Gydesen, D. Maimann: ***Life Cycle Analysis of Integral Compact Fluorescent Lamps versus Incandescent Lamps***, Proceedings of Right Light 1, 411-417, Stockholm, www.iaeel.org/IAEEL/Archive/Right\_Light\_Proceedings/Proceedings\_Body/BOK1/200/1411.PDF
- [7] P.N. Korovesis, G.A. Vokas, I.F. Gonos, and F.V. Topalis: ***Influence of large-scale installation of energy saving lamps on the line voltage distortion of a weak network supplied by photovoltaic station***, T-PWRD, 19, 1787-1793, 2004.
- [8] H. Lange: ***Handbuch für Beleuchtung***, ecomed Verlag, Landsberg, 1998.
- [9] S. Müller: ***Energieeffiziente Lichtquellen***, Osram, mimeo, 2008.
- [10] K.D.A. Munasinghe, S.G. Abeyratne: ***Power Quality And Harmonic Loads***, First International Conference on Industrial and Information Systems, 8-11 Aug., 52 – 57, 2006.
- [11] A.B. Nassif, J. Acharya: ***An investigation on the harmonic attenuation effect of modern compact fluorescent lamps***, 13th International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, Sept. 28 - Oct. 1, 1 – 6, 2008.
- [12] Parsons Brinckerhoff Associates: ***Installation of Compact Fluorescent Lamps, Assessment of Benefits***, report for the Electricity Commission of New Zealand, Wellington, 2006.
- [13] D. Parsons: ***The Environmental Impact of Compact Fluorescent Lamps and Incandescent Lamps for Australian Conditions***, The Environmental Engineer, 7, 2, 8-14, 2006.
- [14] M.H. Sadek, A.A. Abbas, M.A. El-Sharkawy, H.M. Mashaly: ***Impact of using compact fluorescent lamps on power quality***, International Conference on Electrical, Electronic and Computer Engineering, ICEEC '04, 941 – 946, 2004
- [15] SAFE, Arcotronic AG: ***14 Sparlampen im Test***, im Auftrag von Kassensturz und WWF Schweiz, 2007.
- [16] SLG (Schweizerische Lichtgesellschaft): ***Dossier Glühlampenverbot***, Bern, 2007.
- [17] C. Uyaisom, W. Khan-ngern: ***The Comparison of Conducted EMI Emission and Electrical Performances of Lamps***, 7th International Conference on Power Electronics and Drive Systems, PEDS, 27-30 Nov., 1649 – 1653, 2007.
- [18] Z. Wei, N.R. Watson, L.P. Frater: ***Modelling of compact fluorescent lamps***, 13th International Conference on Harmonics and Quality of Power, ICHQP, Sept. 28 - Oct. 1, 1 – 6, 2008.

## Normen- und Richtlinienverzeichnis

[19] Funkentstörung unter 30MHz	EN55015
[20] Grenzwerte Oberschwingungsströme	EN61000-3-2 (sowie A13)
[21] Grenzwert für Spannungsschwankungen	EN61000-3-3
[22] Prüf-/Messnorm Störfestigkeit gegen statische Entladungen	EN61000-4-2
[23] Prüf-/Messnorm Störfestigkeit gegen EMF	EN61000-4-3
[24] Prüf-/Messnorm Störfestigkeit gegen Bursts	EN61000-4-4
[25] Prüf-/Messnorm Störfestigkeit gegen Einzelimpulse	EN61000-4-5
[26] Prüf-/Messnorm Störfestigkeit gegen leitungsgebundene HF-Störungen	EN61000-4-6
[27] Prüf-/Messnorm Störfestigkeit gegen Spannungseinbrüche, -schwankungen	EN61000-4-11
[28] EMV Störfestigkeit für Beleuchtungseinrichtungen	EN61547
[29] Energieeffizienz von Vorschaltgeräten für Leuchtstofflampen	CE 2000/55/EG