

DIS-Projekt Nr. 100898
DIS-Vertrags Nr. 151050

Programm Elektrizität

Im Auftrag von
BFE, BAG
Mit Unterstützung von:
Osram AG, Philips AG Lighting

Schlussbericht **November 2004**

EMF von Energiesparlampen:

Feldmessungen und Expositionsabschätzungen mit Vergleich zu anderen Quellen im Alltag

ausgearbeitet durch

Dr. Gregor Dürrenberger

Forschungstiftung Mobilkommunikation

c/o ETH Zürich, Gloriastrasse 35

8092 Zürich

und

Dr. Georg Klaus

Maxwave AG

Andreasstrasse 11

8050 Zürich



**Bundesamt
für Gesundheit**



DIS-Projekt Nr. 100898 DIS-Vertrags Nr. 151050	Programm Elektrizität	Im Auftrag von BFE, BAG Mit Unterstützung von: Osram AG, Philips AG Lighting
---	-----------------------	---

Diese Arbeit ist im Auftrag des Bundesamtes für Energie, in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Gesundheit und mit Unterstützung von Philips AG Lighting und Osram AG entstanden. Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Weitere Informationen über das Programm „Elektrizität“ des Bundesamts für Energie stehen auf folgender Web-Seite zur Verfügung:

www.electricity-research.ch

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract	3
Resumé.....	4
Abkürzungen.....	5
1. Ausgangslage.....	6
1.1 Veranlassung	6
1.2 Projektpartner und -ziele	6
1.3 Abgrenzungen	6
2. Energiesparlampen	7
2.1 Funktionsweise von Energiesparlampen	7
2.2 Untersuchte Energiesparlampen	8
3. Weitere Geräte.....	8
3.1 Weitere Lampen und Leuchten	8
3.1.1 Glühlampen	8
3.1.2 Halogenlampen	9
3.1.3 Energiesparlampe mit metallendem Lampenschirm	9
3.2 Weitere Geräte des Alltags	9
4. Beurteilungsgrundlagen.....	10
4.1 Gesetzliche und normative Grundlagen	10
4.1.1 ICNIRP Guidelines und BUWAL Publikation Nr. 302 sowie 1999/519/EC	10
4.1.2 "SUVA"-Grenzwert	10
4.1.3 NISV	10
4.1.4 EN50366	11
4.1.5 TCO-Empfehlungen	11
4.1.6 EN55015	12
4.1.7 Gegenüberstellung der Grenzwerte	12
4.2 Vergleich mit anderen Geräten	15
4.3 Wahl der Beurteilungs- und Darstellungsgrundlage	15
5. Messergebnisse und Interpretation.....	16
5.1 Allgemeines	16
5.2 Ausgemessene Frequenzbereiche	16

5.3	Prinzipieller Messaufbau	17
5.4	Magnetfelder der Energiesparlampen bei 50Hz	17
5.4.1	Messaufbau und Messgeräte	17
5.4.2	Messergebnis und Interpretation	18
5.5	Magnetfeld der Energiesparlampen bei der Betriebsfrequenz	18
5.5.1	Messaufbau	18
5.5.2	Messergebnis	19
5.6	Elektrisches Feld der Energiesparlampen bei 50Hz	19
5.6.1	Messaufbau	19
5.6.2	Messergebnis	20
5.7	Elektrisches Feld der Energiesparlampen bei der Betriebsfrequenz	21
5.7.1	Messaufbau	21
5.7.2	Messergebnis	21
5.8	Vergleich von Energiesparlampen mit anderen Geräten	22
5.8.1	Allgemeines zum Vergleich zwischen verschiedenen Geräten	22
5.8.2	Vergleich der magnetischen Felder	22
5.8.3	Vergleich der elektrischen Felder	23
5.9	Einfluss des Beleuchtungskörpers	24
5.9.1	Messaufbau	24
5.10.2	Messergebnis	26
6.	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	27
7.	Quellenverzeichnis	28

Zusammenfassung

Im Rahmen des BFE-Programms "Elektrizität" wurden die elektromagnetischen Felder in der nahen Umgebung von Energiesparlampen – mit Blick auf eine mögliche Beeinflussung der menschlichen Gesundheit – gemessen. Die Ergebnisse und unsere Empfehlung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Energiesparlampen erzeugen – wie alle elektrischen Geräte – elektrische und magnetische Felder.
- Funktionsbedingt setzt sich die Strahlung von Energiesparlampen aus niederfrequenten 50 Hz-Feldern und höherfrequenten Feldern bei der eigentlichen Betriebsfrequenz von ca. 30 – 60 kHz zusammen.
- Wegen des Fehlens von verbindlichen Normen für Lampen wurden verwandte Normen als Orientierungshilfe verwendet. Weiter wurden als zusätzliche Vergleichshilfe andere Geräte des Alltags gemessen.
- Die Energiesparlampen halten die Grenzwerte der inzwischen für andere Haushaltsgeräte gültigen Norm EN50366 deutlich ein.
- Energiesparlampen bewegen sich mit ihrer Abstrahlung ganz im Rahmen anderer Geräte des Alltags und sind diesbezüglich nicht auffällig.
- Bezüglich des Magnetfeldes werden die Grenzwerte deutlich unterschritten: der Anlagegrenzwert für niederfrequente Magnetfelder 100fach, der ICNIRP-Grenzwert für hochfrequente Magnetfelder 300fach (Messdistanz jeweils: 30cm). Mit einer einzigen Ausnahme werden sogar die sehr ehrgeizigen und für Lampen eigentlich nicht direkt anwendbaren schwedischen TCO-Empfehlungen eingehalten.
- Bezüglich des niederfrequenten, elektrischen Feldes werden die ICNIRP-Grenzwerte mehr als 500fach unterschritten. Die TCO-Empfehlungen sind bei niederfrequenten elektrischen Feldern so streng (bei Bildschirmen sind die Felder gut abschirmbar), dass diese von vielen Geräten und Installationen im Alltag nicht eingehalten werden. Die Energiesparlampen sind im Vergleich dazu jedoch nicht auffällig.
- Energiesparlampen können weiterhin ohne Bedenken als Mittel zur Reduktion des Energieverbrauchs zur Anwendung empfohlen werden.

Abstract

Within this SFOE-project, part of the programme "Electricity", the electromagnetic fields of energy saving lamps were measured near the field source. The measurement results help to evaluate possible health-risks associated with these fields. The main findings and our recommendation can be summarized as follows:

- As all electric appliances also energy saving lamps produce electric and magnetic fields.
- Due to its technology, an energy saving lamp emits very low-frequency (50 Hz) and radiofrequency fields (in the range of 30 – 60 kHz).
- With respect to EMF no legal regulations apply to lamps. In order to facilitate data interpretation we compare the measured field strengths with regulations and norms that apply to comparable devices, and with measurement results of other household appliances.
- Energy saving lamps would meet the household appliance norm EN50366 if lamps would be included into the list.

- The emitted electromagnetic fields of energy saving lamps can be compared to EMF of other household appliances. EMF of energy saving lamps do not exhibit conspicuous characteristics.
- Concerning magnetic fields the lamps emissions are strongly below limits: a factor of 100 with regard to the Swiss precautionary limit for ELF magnetic fields, a factor of 300 with regard to the ICNIRP limit for RF magnetic fields (measurement distance: 30 cm). They even meet (with one exception) the ambitious TCO-recommendation (developed for VDUs and not for other appliances).
- With regard to ELF electric fields the measured field strengths of energy saving lamps in 30 cm distance are more than 500 times below the ICNIRP-limits. The TCO-recommendations for ELF electric fields are very strict (due to the fact that VDUs can shield the fields effectively) and can't be met by many household appliances, including energy saving lamps. Energy saving lamps are no anomaly in that respect.
- We can further recommend energy saving lamps for energy conservation purposes.

Resumé

Dans le cadre du programme de l'OFEN «Electricité», on a mesuré les champs électromagnétiques à proximité des lampes économiques afin de voir si ils ont une éventuelle influence sur la santé humaine. En résumé, voici les résultats obtenus et nos recommandations:

- Les lampes économiques produisent – comme tous les appareils électriques – des champs électriques et magnétiques.
- En raison de leur fonctionnement, le rayonnement des lampes économiques est composé de champs à basse fréquence de 50 Hz et de champs de fréquence plus élevée dont les véritables fréquences de fonctionnement oscillent entre 30 et 60 kHz.
- A cause de l'absence de normes impératives pour les lampes, des normes similaires ont été appliquées à titre d'orientation. Puis, d'autres appareils d'usage quotidien ont été mesurés en vue de permettre la comparaison.
- Les lampes économiques respectent clairement les valeurs limites de la norme en vigueur EN50366, valable pour d'autres appareils ménagers.
- Le rayonnement des lampes économiques est similaire à celui des autres appareils d'usage quotidien et dans ce sens, les lampes économiques ne se démarquent pas.
- Concernant le champ magnétique, les valeurs limites se situent clairement au-dessus des valeurs enregistrées: 100 fois plus en ce qui concerne la valeur limite des champs magnétiques basse fréquence pour équipements, 300 fois pour la valeur limite ICNIRP (à une distance de mesure de 30cm). À une exception près, même la très ambitieuse recommandation suédoise TCO est tenue, bien qu'elle ne soit pas directement applicable pour des lampes.
- Concernant les champs électriques basse fréquence, les valeurs limites ICNIRP se situent à plus de 500 fois les valeurs observées. Les recommandations TCO sont quant à elles si strictes pour les champs électriques basse fréquence (les champs sont bien blindés pour les écrans) que celles-ci ne sont pas tenues par nombre d'appareils et installations utilisées au quotidien. En comparaison, les lampes à économies d'énergie ne se démarquent pas de manière particulière.
- Nous pouvons continuer de recommander l'utilisation des lampes économiques afin de réduire la consommation d'énergie.

Abkürzungen

BAG	Bundesamt für Gesundheit
BFE	Bundesamt für Energie
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
CRT	Cathode Ray Tube
dB	Dezibel
ELF	Extremely Low Frequency
EMF	Elektromagnetische Felder
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ESL	Energiesparlampe
FPD	Flat Panel Display
GHz	Gigahertz
Hz	Hertz
ICNRIP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
kHz	Kilohertz
MHz	Megahertz
NISV	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
nT	Nanotesla
μT	Mikrotesla
OFEN	Office fédéral de l'énergie
RF	Radiofrequenz
SFOE	Swiss Federal Office of Energy
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
TCO	The Swedish Confederation of Professional Employees
V/m	Volt pro Meter
VDU	Visual Display Unit
W	Watt

1. Ausgangslage

1.1 Veranlassung

Energiesparlampen sind kompakte Leuchtstofflampen, welche im Vergleich zu Glühlampen bei gleicher Lichtmenge einen bis zu 80% geringeren Stromverbrauch aufweisen.

Energiesparlampen werden als ein Mittel zur Reduktion des elektrischen Energieverbrauchs sehr empfohlen. Wie jedes elektrische Gerät produziert auch eine Energiesparlampe neben den Nutzsinalen elektrische und magnetische Streufelder. Dabei wird die Beeinflussung des Menschen durch elektrische und magnetische Felder immer wieder kontrovers diskutiert.

Bis dato liegen keine umfangreichen Messungen über die Emissionen von Energiesparlampen vor. Deshalb sind Expositionsabschätzungen und darauf aufbauende Empfehlungen für den Einsatz von Energiesparlampen im Alltag bisher wenig gesichert.

Um abzuklären, wie stark die elektrischen und magnetischen Streufelder von Energiesparlampen tatsächlich sind, veranlasste das Bundesamt für Energie, zusammen mit dem Bundesamt für Gesundheit und mit Unterstützung der Firmen Osram AG und Philips AG Lighting, entsprechende Messungen vornehmen zu lassen. Auf dieser Basis sollten robuste Aussagen über die tatsächliche Exposition und Empfehlungen zum Einsatz von Energiesparlampen möglich sein.

Die beteiligten Unternehmen hatten keinerlei Einfluss auf den Inhalt oder die Resultate dieser Studie. Mit den vorliegenden Resultaten liegen Messdaten vor, welche wissenschaftlichen Anforderungen standhalten.

1.2 Projektpartner und -ziele

Vor dem oben geschilderten Hintergrund wurden folgende Hauptprojektziele definiert:

- Zusammenstellung der relevanten gesetzlichen Grundlagen und der bestehenden Normen und Empfehlungen
- Messen der elektrischen und magnetischen Streufelder von verschiedenen Energiesparlampen
- Messen der Streufelder von anderen elektrischen Geräten des Alltags zu Vergleichszwecken
- Empfehlungen zum Einsatz von Energiesparlampen

Mit der Studie beauftragt wurde die Forschungsstiftung Mobilkommunikation an der ETH Zürich. Die Forschungsstiftung führte die Arbeit zusammen mit der Firma Maxwave AG aus.

1.3 Abgrenzungen

Die Untersuchungen beschränken sich bewusst auf Energiesparlampen. Nicht detailliert untersucht wurden andere Formen von Leuchtstofflampen und andere Lampenarten.

Um einen Hinweis zu geben, wie die Emissionen von Energiesparlampen im Vergleich zu anderen Geräten in einem Wohn- oder Büroumfeld einzuordnen sind, wurden wenige Vergleichsmessungen mit anderen Geräten durchgeführt. Derartige Vergleiche sind – wie in Kap. 4.2 erwähnt - mit der notwendigen Vorsicht zu interpretieren.

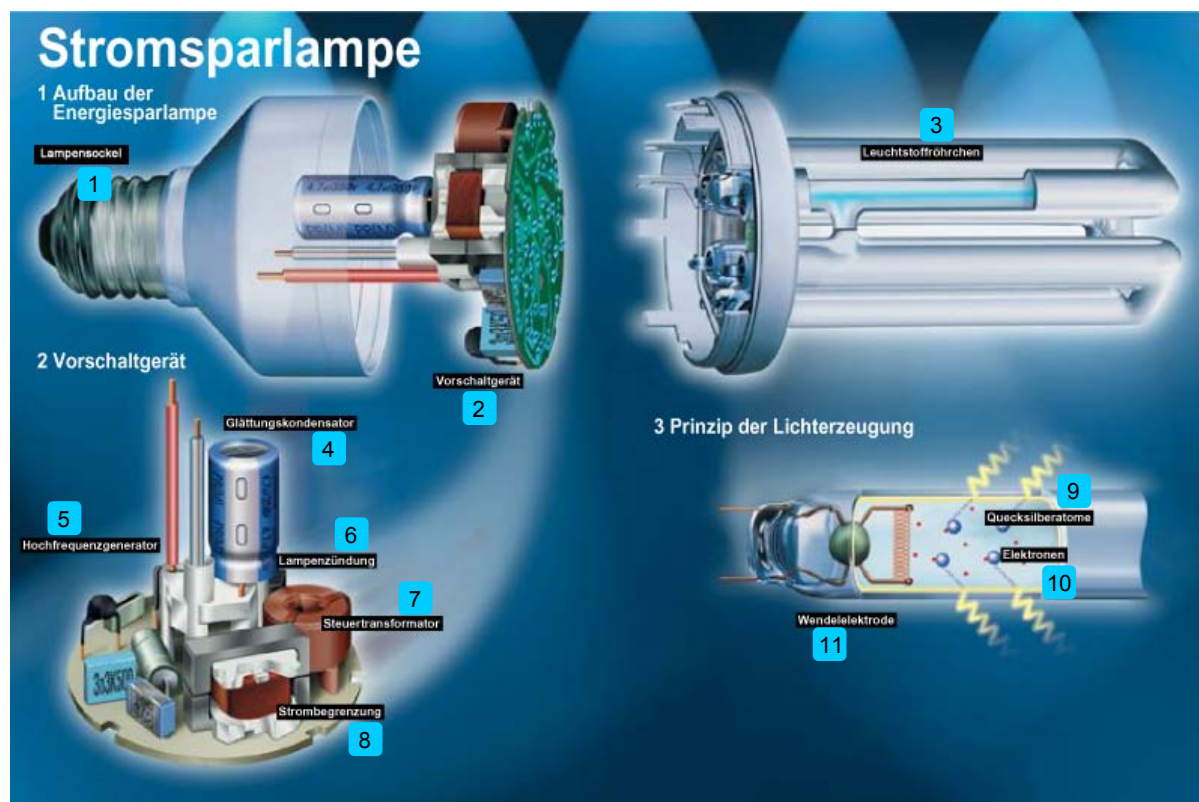
2. Energiesparlampen

2.1 Funktionsweise von Energiesparlampen

Energiesparlampen sind kompakte Leuchtstofflampen, welche in der Grösse so reduziert werden konnten, dass sie in den Abmessungen den konventionellen Glühlampen ähnlich oder sogar gleich sind. Als spezielle Art der Leuchtstofflampen benötigen auch Energiesparlampen ein so genanntes Vorschaltgerät, welches im Fall der Energiesparlampe in die Lampe integriert ist. Energiesparlampen können damit in die üblichen Lampenfassungen (z.B. E27) eingeschraubt werden und damit in einfacher Art und Weise konventionelle Glühlampen ersetzen.

Wegen der hochfrequenten Funktionsweise (je nach Lampentyp Betriebsfrequenzen zwischen 28 kHz und 60 kHz) kann mit weniger Leistung die gleiche Lichtmenge erzeugt werden. Flackerfreier Betrieb sowie sanftes Aufstarten sind willkommene sekundär Eigenschaften.

Die Energieversorgung erfolgt über die klassische Lampenfassung bei 50 Hz, im Sockel der Lampe wird jedoch die Netzspannung mit einer Frequenz von 50 Hz in eine interne Betriebsspannung mit einer Frequenz von zwischen 28 und 60 kHz umgesetzt und damit die kompakte Leuchtstoffröhre betrieben (siehe auch Abbildung unten).



Quelle: <http://www.strom-online.ch/themen.html>

- | | | |
|-------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1: Lampensockel | 5: Hochfrequenzgenerator | 9: Quecksilberatome |
| 2: Vorschaltgerät | 6: Lampenzündung | 10: Elektronen |
| 3: Leuchtstoffröhren | 7: Steuertransformator | 11: Wendelelektrode |
| 4: Glättungskondensator | 8: Strombegrenzung | |

Bezüglich der elektromagnetischen Strahlung von Energiesparlampen ist damit insbesondere zu beachten, dass diese im wesentlichen in zwei Frequenzbereichen elektromagnetische Felder erzeugen, nämlich bei der Frequenz der Versorgungsspannung (50Hz) und bei der Betriebsfrequenz um ca. 40kHz.

2.2 Untersuchte Energiesparlampen

Untersucht wurden insgesamt 11 verschiedene Energiesparlampen unterschiedlicher Hersteller. Je Lampentyp wurden jeweils zwei Exemplare geprüft (siehe Tabelle).

Die Lampenauswahl deckt über 90% des Schweizerischen Marktes ab und darf als repräsentativ bezeichnet werden. Da Energiesparlampen bis heute im Wesentlichen nach dem gleichen Prinzip arbeiten und damit den gleichen physikalischen Regeln und Gesetzmässigkeiten gehorchen, sind auch von nicht untersuchten Energiesparlampen keine wesentlich anderen Ergebnisse hinsichtlich ihrer elektromagnetischen Emissionen zu erwarten.

Leistung in Watt	entspricht einer Glühlampe von ... Watt	Lichtstrom in Lumen	untersuchte Anzahl
20	100	1300	2
21	100	1200	2
20	100	1200	2
20	100	1000	2
15	70	800	2
12	60	610	2
11	60	600	2
11	60	600	2
11	60	570	2
11	60	550	2
10	50	500	2

Da es bei den Untersuchungen darum geht, die Emissionen von Energiesparlampen abzuklären und es nicht das Ziel ist, Unterschiede verschiedener Fabrikate gegeneinander auszuspielen werden alle Ergebnisse anonymisiert und in zufälliger Reihenfolge dargestellt.

3. Weitere Geräte

Um eine gewisse Vergleichsbasis zu anderen Geräten in einer Wohn- oder Büroumgebung zu schaffen, wurden auch die elektromagnetischen Emissionen einzelner anderer Geräte gemessen. Bezüglich der Vergleichbarkeit der Ergebnisse wird ausdrücklich auf die im Kap. 4.2 gemachten Ausführungen hingewiesen.

3.1 Weitere Lampen und Leuchten

3.1.1 Glühlampen

Energiesparlampen werden als 1:1-Ersatz für Glühlampen propagiert. Insofern ist es sicherlich angebracht, auch einen Vergleich zwischen den elektromagnetischen Feldern einer Glühlampe und

den Energiesparlampen herzustellen. Ausgemessen wurden zwei in der Leistung verschiedene Glühlampen, welche im Wesentlichen mit den ausgemessenen Energiesparlampen äquivalent sind:

Leistung in Watt	entspricht einer Glühlampe von ... Watt	Lichtstrom in Lumen	untersuchte Anzahl
60	60	710	2
100	100	1360	2

3.1.2 Halogenlampen

Halogenlampen sind heute sehr weit verbreitet und u.a. auch als Schreibtischlampen beliebt. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit wurden für einen Grobvergleich eine Halogenlampen mit zwei verschiedenen Vorschaltgeräten betrieben: eine Lampe mit konventionellem Transformator, eine Lampe mit elektronischem Transformator.

Typ des Vorschaltgerätes
Elektronischer Transformator
Konventioneller Transformator

3.1.3 Energiesparlampe mit metallinem Lampenschirm

Es ist bekannt, dass die Konstruktion einer Leuchte die Abstrahlbedingungen einer Lampe beeinflussen kann. Im Speziellen haben metallene Leuchtenteile einen Einfluss auf das niederfrequente elektrische Feld, während das magnetische Feld dadurch weniger stark beeinflusst werden kann. Um an einem einfachen Beispiel zu zeigen, wie sich das niederfrequente elektrische Feld unter dem Einfluss eines metallenen Lampenschirms verändern kann, wurden Messungen mit einer der Energiesparlampen (ESL-4) mit und ohne Lampenschirm durchgeführt. Bei den Messungen mit Lampenschirm wurde dieser in einem Fall geerdet und in einem Fall nicht geerdet.

3.2 Weitere Geräte des Alltags

Zu weiteren Vergleichszwecken wurden die Streufelder von zwei Fernsehgeräten (konventionell und Flachbildschirm), eines Haarföns, eines Radioweckers und einer Kaffeemaschine gemessen.

Geräteart
konventioneller Fernseher (Röhrenbildschirm)
Fernseher mit Flachbildschirm
Haarfön
Radiowecker
Kaffeemaschine

4. Beurteilungsgrundlagen

4.1 Gesetzliche und normative Grundlagen

4.1.1 ICNIRP Guidelines und BUWAL Publikation Nr. 302 sowie 1999/519/EC

Die so genannten "ICNIRP Guidelines" [7] und die darin enthaltenen Grenzwerte finden auf internationaler Ebene weite Verwendung. Eine grosse Zahl von nationalen Richtlinien und Gesetzen zur Begrenzung von nichtionisierender, elektromagnetischer Strahlung stützen sich auf die "ICNIRP-Richtlinien". Die Grenzwerte gelten dabei für Situationen, wo der ganze Körper einem elektromagnetischen Feld ausgesetzt ist, wobei auch gewisse Empfehlungen für Teilkörperexpositionen gemacht werden. Die "ICNIRP-Richtlinien" unterscheiden dabei hinsichtlich der Referenzwerte zwischen der berufsbedingten Exposition ("reference levels for occupational exposure") und der Exposition der Bevölkerung ("reference levels for general public exposure"). Die Referenzwerte bei berufsbedingter Exposition sind dabei höher als jene für die Bevölkerung.

In der BUWAL Publikation Nr. 302 [8] erläutert und kommentiert die vom BUWAL eingesetzte Arbeitsgruppe "Nichtionisierende Strahlung" die "ICNIRP Guidelines" [7] und empfiehlt die Referenzwerte dieser Richtlinie als Immissionsgrenzwerte für kurzzeitige Einwirkungen im Sinne des Umweltschutzgesetzes anzuwenden. Die früheren Empfehlungen der Arbeitsgruppe von 1990 und 1993 werden damit zurückgezogen. Auf europäischem Niveau existiert die "Council Recommendation on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)" vom 12. Juli 1999 (1999/519/EC) [9]. Als Grenzwerte werden auch dort die ICNIRP-Referenzwerte für die allgemeine Bevölkerung empfohlen und basierend auf dieser Empfehlung in der Norm EN50366 sinngemäss übernommen (siehe Kap. 4.1.4).

4.1.2 "SUVA"-Grenzwert

Für Grenzwerte am Arbeitsplatz hat die SUVA eine eigene Richtlinie erlassen [2], welche in regelmässigen Abständen aktualisiert wird. Bezüglich der Begrenzung der nichtionisierenden Strahlung werden die Grenzwerte der ICNIRP-Richtlinie für berufsbedingte Exposition übernommen.

4.1.3 NISV

Die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) [1] hat zum Ziel den Menschen vor schädlicher oder lästiger nichtionisierender Strahlung zu schützen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die NISV für ortsfeste Anlagen und nicht für elektrische Geräte gilt und damit auch nicht auf Beleuchtungseinrichtungen wie Wohn- oder Arbeitsplatzleuchten angewendet werden darf. Zitat ([1], Art.2):

Art. 2 Geltungsbereich

¹ Diese Verordnung regelt:

- a. die Begrenzung der Emissionen von elektrischen und magnetischen Feldern mit Frequenzen von 0 Hz bis 300 GHz (Strahlung), die beim Betrieb ortsfester Anlagen erzeugt wird;*
- b. die Ermittlung und Beurteilung der Immissionen von Strahlung;*
- c. die Anforderungen an die Ausscheidung von Bauzonen.*

² Sie regelt nicht die Begrenzung der Emissionen von Strahlung, die erzeugt werden:

- a. in Betrieben, soweit die Strahlung auf das Betriebspersonal einwirkt;*

- b. bei der medizinischen Verwendung von Medizinprodukten nach der Medizinprodukteverordnung vom 24. Januar 1996³;
- c. von militärischen Anlagen, soweit die Strahlung auf Angehörige der Armee einwirkt;
- d. von elektrischen Geräten wie Mikrowellenöfen, Kochherden, Elektrowerkzeugen oder Mobiltelefonen.

³ Sie regelt auch nicht die Begrenzung der Einwirkungen von Strahlung auf elektrische oder elektronische medizinische Lebenshilfen wie Herzschrittmacher.

Die Grenzwerte und Bestimmungen der NISV können damit hinsichtlich der Beurteilung von Beleuchtungseinrichtungen nur als Orientierungshilfe dienen. Für die kurzzeitige Exposition folgt die NISV der Empfehlung in der BUWAL-Publikation Nr. 302 und legt den Immissionsgrenzwert in Übereinstimmung mit der ICNIRP-Richtlinie für die allgemeine Bevölkerung fest.

Dem Vorsorgeprinzip der Umweltschutz-Gesetzgebung folgend wird neben den Immissionsgrenzwerten eine vorsorgliche Emissionsbegrenzung für bestimmte ortsfeste Anlagentypen festgelegt. Dieser so genannte Anlagegrenzwert ist teilweise erheblich tiefer als der Immissionsgrenzwert und folgt dem Grundsatz, Emissionen auch über allgemein angewandte Grenzwerte hinaus soweit zu begrenzen, wie dies technisch machbar und ökonomisch tragbar ist. Für die Grenzwerte der NISV wird auf die Zusammenfassung der verschiedenen Grenzwerte in Kap. 4.1.7 verwiesen.

4.1.4 EN50366

Die EN50366:2003 [5] regelt die Emissionsbegrenzung von elektrischen Geräten für den Hausgebrauch. Für die Schweiz wurde die EN50366:2003 als Schweizer Norm unter der Bezeichnung SN EN 50366:2003 übernommen und in Kraft gesetzt. Die EN 50366:2003 gilt in der Schweiz als anerkannte Regel der Technik. Spätester Zeitpunkt für die Inkraftsetzung auf europäischer Ebene ist der 01. Februar 2006.

Die EN50366 enthält eine mehrseitige Liste mit Geräten wie sie im Haushalt vorkommen. Für all diese Geräte ist eine "gerätetypische" Entfernung als Messentfernung vorgegeben. Diese variiert zwischen 0 cm und 50 cm (z.B. 0 cm bei einem Heizkissen, 30 cm bei einer Wärmeplatte und 50 cm bei einem Staubsauger). Weiter werden die Betriebsbedingungen und die Messpositionen (rundum, Vorderseite, Oberfläche etc.) vorgegeben. Als Referenzwerte dienen die Grenzwerte der ICNIRP-Richtlinie für die Exposition der Bevölkerung (entspricht den Immissionsgrenzwerten der NISV [1]).

Da die Referenzwerte eigentlich für eine Ganzkörperbelastung gelten, die höchsten Immissionen in der Nähe eines elektrischen Gerätes jedoch nur auf einen kleineren Teil des Körpers einwirken, dürfen die Messwert nach EN50366 mit einem Koppelfaktor gewichtet werden, welcher zwischen ca. 0.1 und 0.2 liegt (entspricht faktisch einer Erhöhung des Grenzwertes um einen Faktor 5 bis 10 für die "lokal" im Nahfeld eines Gerätes gemessene magnetische Feldstärke).

Die EN50366 listet sehr viele verschiedene im Haushalt übliche Geräte, jedoch keine Beleuchtungseinrichtungen auf. Als Orientierungshilfe kann die EN50366 durchaus herangezogen werden und es spricht vieles dafür, dass künftig auch für Beleuchtungen in einer Wohn- und Büroumgebung sehr ähnliche Normen gelten werden.

4.1.5 TCO-Empfehlungen

TCO ("The Swedish Confederation of Professional Employees") ist eine schwedische Arbeitnehmerorganisation, welche sich seit bald 20 Jahren unter anderem für eine gute Ergonomie am Arbeitsplatz einsetzt. Im Speziellen hat die TCO Empfehlungen für Computerbildschirme herausgegeben. Dies betrifft sowohl "klassische" Röhrenschirme (CRT: Cathode Ray Tube) als auch Flachbildschirme (FPD: Flat Panel Display). Die TCO-Empfehlungen ([3], [4]) behandeln vorwiegend

den visuellen Eindruck einer Bildschirmdarstellung (Auswirkung auf die Augen, etc.) und Aspekte der Arbeitsplatz-Ergonomie. Inzwischen eher am Rande werden auch Empfehlungen hinsichtlich der elektromagnetischen Strahlung von Bildschirmen gemacht. Die empfohlenen Grenzwerte für die elektromagnetische Strahlung haben zum Ziel, die durch die Bildschirme erzeugten Felder so tief zu halten, dass keine zusätzlichen Belastungen des Arbeitsplatzes neben den bereits vorhandenen Immissionen entstehen. Zu den in einem Büro bereits vorhandenen Emissionen zählen auch diejenigen von Lampen. In diesem Zusammenhang darf auch der zweite Satz des folgenden Zitates nicht vernachlässigt werden ([3] resp. [4], Kap. A.4.2 und A.4.3):

The obligatory requirements are based on the ambition to reduce the electrical / magnetic alternating fields to such a low level as not to burden the work environment with unnecessary factors. The obligatory requirements shall not be regarded as hygienic limit values.

Für die Grenzwerte der TCO-Empfehlungen wird auf die Zusammenfassung der verschiedenen Grenzwerte in Kap. 4.1.7 verwiesen.

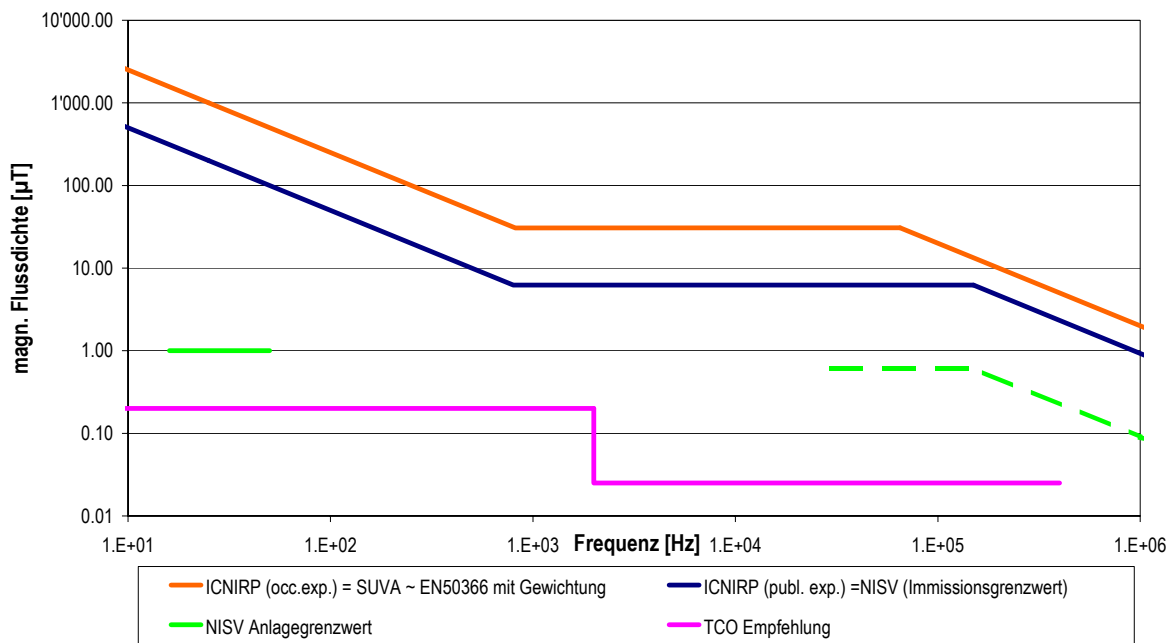
4.1.6 EN55015

Neben den in den Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.5 kurz skizzierten Normen, Vorschriften und Empfehlungen zum Schutz des Menschen vor nichtionisierender Strahlung existieren schon seit über 50 Jahren Normen und Empfehlungen zur Verbesserung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zwischen verschiedenen elektrischen Geräten und Systemen. So beschreibt die EN55015 [6] die maximal zulässigen Signalpegel, welche eine Leuchte leitungs- oder feldgeführt aussenden darf. Die EMV-Normen zur Begrenzung der Abstrahlung haben zum Ziel, auch einen möglichst störungsfreien Betrieb von Geräten zu ermöglichen, welche für den Empfang schwacher Signale entwickelt wurden (z.B. Rundfunkempfänger). Wegen der hohen Empfindlichkeit der zu schützenden Empfangsgeräte sind die EMV-Normen ab ca. 150kHz so streng, dass die zulässigen ausgesendeten Signale die in den Kapitel 4.1.1 bis 4.1.5 aufgeführten Vorschriften bei weitem einhalten. Ausnahmen bilden die Sendeanlagen zur drahtlosen Kommunikation, welche logischerweise entsprechend starke Signale aussenden müssen, um ihre Aufgabe zu erfüllen. Da Lampen über keinen "Sendeauftrag" verfügen, unterliegt die maximale Signalausendung in vollem Umfang den EMV-Vorschriften. Da die EN55015 im gesamten europäischen Raum, inkl. Schweiz, Gültigkeit hat, garantiert die Einhaltung der EN55015, dass auch die Grenzwerte entsprechend den obigen Kapiteln 4.1.1 bis 4.1.5 in den durch die EN55015 abgedeckten Frequenzbereichen eingehalten werden.

4.1.7 Gegenüberstellung der Grenzwerte

Die in den Kap. 1.4.1 bis 1.4.5 vorgestellten Richtlinien, Empfehlungen und Verordnungen legen Grenzwerte fest, welche mehrheitlich das gesamte relevante Frequenzspektrum zwischen 0 Hz und 300 GHz abdecken. Wegen den EMV-Vorschriften und auch wegen der Betriebsart und -methode der Energiesparlampen sind die abgestrahlten Pegel nach wenigen hundert Kilohertz so klein, dass sie nicht mehr in Betracht gezogen werden müssen. Die im Folgenden vorgenommene Gegenüberstellung der Grenzwerte wird deshalb bei 1 MHz abgebrochen. Bei diesen relativ niedrigen Frequenzen können das elektrische und das magnetische Feld noch getrennt betrachtet werden. Die Darstellung und Kommentierung erfolgt deshalb getrennt.

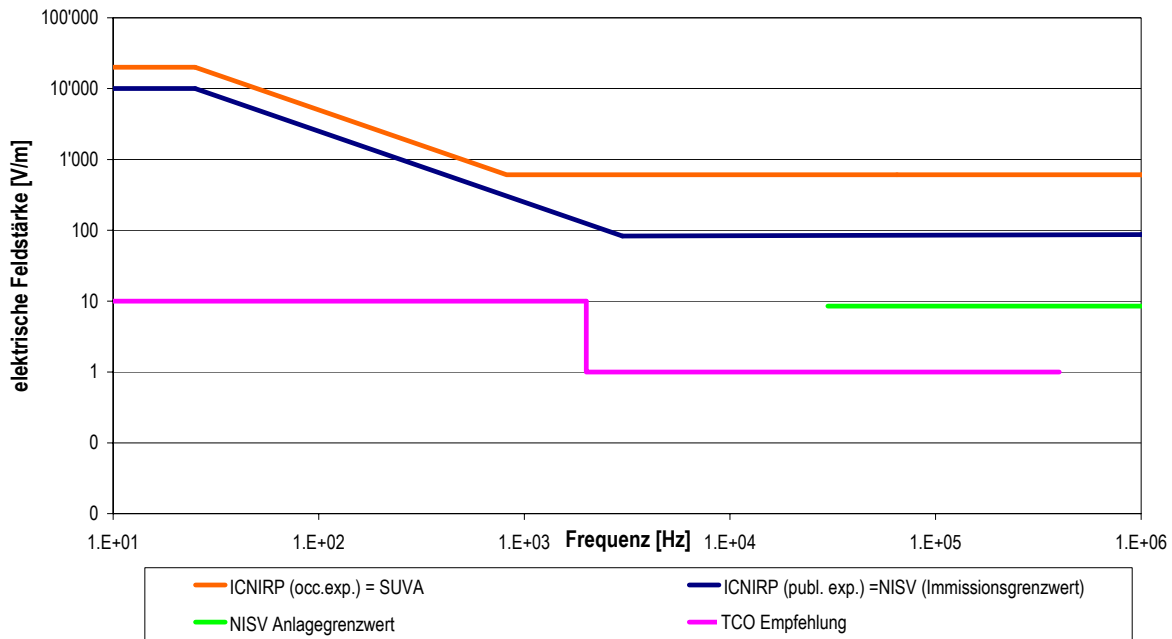
Vergleich verschiedener Grenzwerte (Magnetfeld)



Anmerkungen zum Magnetfeld:

- Bei der EN50366 ist zu beachten, dass als Berechnungsgrundlage zwar der ICNIRP-Grenzwert für die allgemeine Bevölkerung verwendet wird, dieser jedoch mit einem Koeffizienten gewichtet wird, um der Tatsache Rechnung zu tragen, dass der ICNIRP-Grenzwert für eine Ganzkörperbelastung gilt. Umgerechnet entsteht damit faktisch ein Grenzwert der jenem für die "occupational exposure" nahekommmt.
- Ein Anlagegrenzwert für niederfrequente Magnetfelder ist in der NISV nur für die Betriebsfrequenzen entsprechender Anlagen festgelegt (Wechselstrombahnen: mehrheitlich bei 16 2/3 Hz; Anlagen der elektrischen Energieversorgung: bei 50 Hz). Für Langwellen- und Mittelwellensender liegt der Anlagegrenzwert bei 8.5 V/m (elektrische Feldstärke). Eine magnetische Feldstärke für Lang- und Mittelwellensignale wurde nicht festgelegt. Da im Lang- und Mittelwellenbereich die Wellenimpedanz im Nahbereich eines Senders noch nicht den Freiraumbedingungen entspricht, wurde aus einem Vergleich der ICNIRP-Grenzwerte für das elektrische und magnetische Feld eine Impedanz errechnet und diese zur Umrechnung der elektrischen Feldstärke von 8.5 V/m in die dazugehörige magnetische Induktion herangezogen. Die gestrichelte Linie zeigt, wo ein "Magnetfeld-Anlagegrenzwert" im Lang- und Mittelwellenbereich etwa liegen könnte. Es bleibt zu beachten, dass der Anlagegrenzwert der NISV für elektrische Geräte nicht gilt sondern höchstens einen gewissen Orientierungscharakter haben kann!
- Bei der TCO-Empfehlung ist zu beachten, dass damit explizit das ambitionöse Ziel verfolgt wird, die Emissionen so zu begrenzen, dass die bereits vorhandenen elektrischen und magnetischen Felder an einem PC-Arbeitsplatz durch die Bildschirme nicht zusätzlich erhöht werden. Eine TCO-Empfehlung für Arbeitsplatzbeleuchtungen gibt es nicht.

Vergleich verschiedener Grenzwerte (elektrisches Feld)



Anmerkungen zum elektrischen Feld:

- Bezüglich der EN50366 ist zu beachten, dass diese gegenwärtig keine Beurteilung der elektrischen Felder vorsieht! Zitat:
Im Allgemeinen besteht keine Notwendigkeit, die elektrischen Felder in der Umgebung von Haushaltgeräten zu bewerten. Für die meisten Geräte kann ohne Prüfung angenommen werden, dass die Referenzwerte eingehalten werden. Falls relevante elektrische Felder gefunden werden, wird ein Prüfverfahren eingeführt.
- Ein Anlagegrenzwert für niederfrequente elektrische Felder (z.B. bei 50 Hz) existiert nicht. Erst für Langwellensender (gemäß Definition ab 30 kHz) wird eine vorsorgliche Emissionsbegrenzung eingeführt. Es bleibt zu beachten, dass der Anlagegrenzwert der NISV für elektrische Geräte nicht gilt!
- Bei der TCO-Empfehlung ist wiederum zu beachten, dass das Ziel verfolgt wird, die Emissionen so zu begrenzen, dass die bereits vorhandenen elektrischen und magnetischen Felder an einem PC-Arbeitsplatz durch die Bildschirme nicht zusätzlich erhöht werden. Weil die elektrischen Felder eines Bildschirmes vergleichsweise einfach abgeschirmt werden können, sind die Empfehlungen dazu entsprechend tief. Viele Geräte können rein konstruktiv bedingt solche tiefen Werte nicht einhalten. Für die elektrischen Felder verursacht durch die elektrische Stromversorgung gilt es zu bedenken, dass bedingt durch die Betriebsspannung von 230 Volt in der Nähe von Stromkabeln leicht Feldstärken um die 100 V/m entstehen können. Ein Grenzwert von 10 V/m ist für eine normale Verkabelung ein sehr ambitioniertes Ziel und ohne Spezialmassnahmen im Allgemeinen nicht zu erreichen.

Bezüglich des elektrischen Feldes ist zu beachten, dass hinsichtlich des Schutzes des Menschen, dem elektrischen Feld eine klar geringere Bedeutung zugemessen wird, als dem magnetischen Feld. So kennt z.B. die NISV keine vorsorgliche Emissionsbegrenzung für elektrische 50-Hz-Felder und auch die EN50366 verzichtet – wie oben erwähnt – auf deren besondere Beachtung.

4.2 Vergleich mit anderen Geräten

Ein Vergleich zwischen verschiedenen Gerätefamilien ist immer eine sehr umstrittene Sache. Im vorliegenden Fall ist der Vergleich zwischen verschiedenen Geräten wie folgt zu werten:

- Ein Vergleich mit Glühlampen ist insofern sinnvoll, als mit Energiesparlampen Glühlampen ersetzt werden. Der Vergleich "hinkt" jedoch auch hier ein wenig, weil Glühlampen keine Felder bei den Betriebsfrequenzen der Energiesparlampen (28-60 kHz) produzieren.
- Der Vergleich einer Energiesparlampe mit und ohne Lampenschirm soll zeigen, dass der Leuchtungskörper einen Einfluss auf die Streufelder haben kann. Dies gilt insbesondere für das elektrische Feld.
- Der Vergleich mit den übrigen Geräten soll einen gewissen Hinweis geben, wie die ermittelten Immissionen von Energiesparlampen im Vergleich zu anderen Geräten in einer Wohn- und Büroumgebung einzuordnen sind. Die Vergleiche werden dabei bewusst auf dieselben Messgrößen und dieselben Frequenzbereiche beschränkt. Dieser Vergleich ist mit der notwendigen Vorsicht vorzunehmen, da einem solchen Vergleich immer der Beigeschmack eines Vergleichs von "Äpfeln und Birnen" anhaftet. Insbesondere sind bei den verschiedenen Geräten wesentliche Merkmale wie Expositionsdauer und typische Entfernung zum Gerät teilweise stark verschieden.

Bei einem Vergleich zwischen verschiedenen elektrischen Geräten ist weiter zu beachten, dass die bekannten oder vermuteten Beeinflussungen des Menschen bei unterschiedlichen Frequenzbändern auch unterschiedlichen, physikalischen Gesetzmässigkeiten gehorchen. Vergleiche müssen mindestens bei vergleichbaren Frequenzen erfolgen und "hinken" selbst dann noch. Ein Vergleich zwischen Feldstärkewerten unterschiedlicher Frequenzbänder wird als nicht zulässig erachtet. So ist ein Vergleich der elektrischen Feldstärken verursacht durch eine Energiesparlampe - mit einer maximalen, relevanten Frequenz von wenigen hundert Kilohertz - und der Feldstärke eines Handys (relevante Frequenz um 1 GHz) nicht möglich und bestenfalls irreführend.

4.3 Wahl der Beurteilungs- und Darstellungsgrundlage

Es ist festzuhalten, dass derzeit keine rechtlich verbindlichen Vorschriften zur Emissionsbegrenzung von Energiesparlampen bestehen. Von den heute existierenden, relevanten Normen könnte die EN50366 praktisch 1:1 übernommen werden. Es ist durchaus denkbar, dass auf dieser Basis auch eine Norm zur Emissionsbegrenzung von Beleuchtungseinrichtungen entstehen könnte.

Den tiefsten Grenzwert liefert die TCO-Empfehlung. Liegen die Grenzwerte unter den Werten der TCO-Empfehlung, so sind – auch gemäss Aussage der TCO – die Werte so tief, dass die Immissionen in den bereits typischerweise vorhandenen Immissionen untergehen.

Im Folgenden werden zur Skalierung der Ergebnisse die gültigen Vorschriften als Vergleichsbasis genommen: Für niederfrequente Magnetfelder und für hochfrequente elektrische Felder wird der Anlagegrenzwert gemäss NISV genommen. Für hochfrequente magnetische Felder wird der Anlagegrenzwerte in magnetische Flussdichte umgerechnet. Für niederfrequente elektrische Felder wird der NISV-Immissionsgrenzwert für die allgemeine Bevölkerung genommen. **Die Skalenobergrenzen In den Darstellungen betragen jeweils ca. 10% der erwähnten Grenzwerte.** Beispielsweise wird bei einem Anlagegrenzwert von 8.7 V/m die Skala bis 1V/m gezeichnet (Ausnahme: Vergleich 50Hz-Magnetfelder von verschiedenen Geräten. Diese Darstellung ist nicht skaliert, sondern grössenoptimiert).

5. Messergebnisse und Interpretation

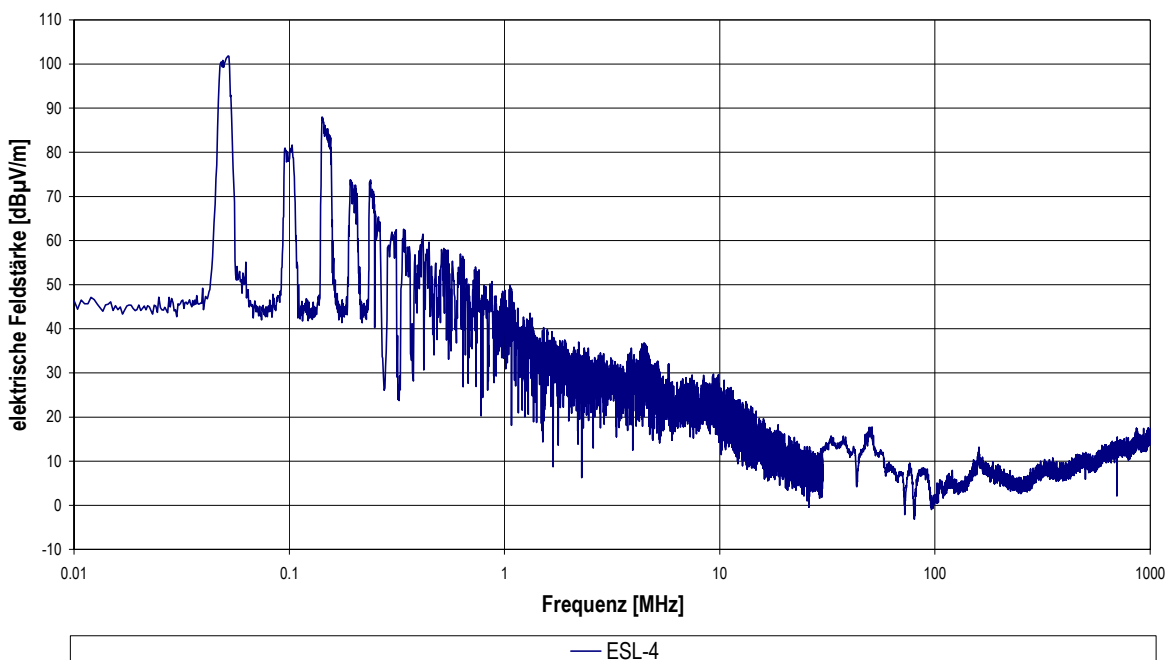
5.1 Allgemeines

Ort der Messungen:	EMV- und TEMPEST-Labor der Firma Omnisec AG, 8108 Dällikon
Zeitraum der Messungen:	August – Oktober 2004
Durchführung der Messungen:	Michael Slameczka, maxwave Dr. Georg Klaus, maxwave

5.2 Ausgemessene Frequenzbereiche

Aufgrund der in Kap. 4.1.6 erwähnten Tatsache, dass die Einhaltung der EMV-Vorschriften sicherstellt, dass ein Gerät oberhalb von einigen hundert Kilohertz keine relevante Strahlung für den Menschen aufweist, werden die Messungen der Energiesparlampen auf einen Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 500 kHz beschränkt. Das folgende Diagramm zeigt deutlich wie beispielsweise die elektrische Feldstärke mit zunehmender Frequenz kleiner wird. Bei der dargestellten Energiesparlampe ist deutlich die Betriebsfrequenz von ca. 50 kHz zu erkennen. Die folgenden Maxima sind die Oberwellen von der Betriebsfrequenz. Die Signalanteile der Oberwellen nehmen mit zunehmender Frequenz rasch ab. Es ist dabei zu beachten, dass bei einer Abnahme um 20 dB der Signalpegel um einen Faktor 10 kleiner geworden ist.

Energiesparlampe ESL-4, elektrisches Feld in einer Distanz von 30 cm



Neben den Messungen bei der Betriebsfrequenz und ihren Oberwellen wird auch eine Messung bei 50 Hz (Frequenz der Stromversorgung) durchgeführt.

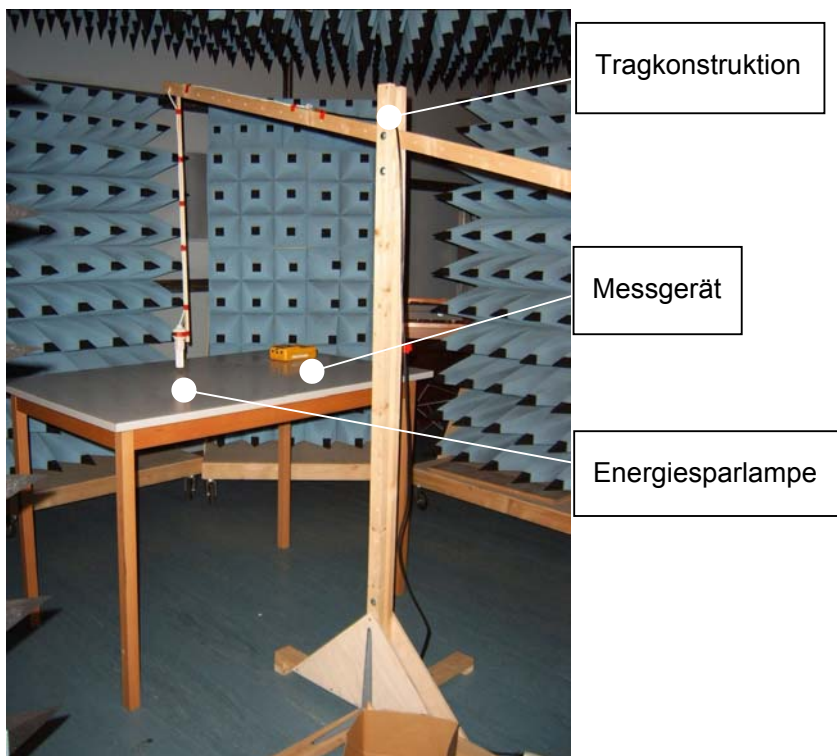
Auf eine Messung zwischen 50 Hz und 10 kHz wurde verzichtet, weil eine genauere frequenzselektive Analyse gezeigt hat, dass die in diesem Frequenzbereich vorhandenen Signale gegenüber den ausgewerteten Signalen bei 50 Hz resp. bei der Betriebsfrequenz (mit Oberwellen) vernachlässigt werden können.

Gemessen wurden sowohl das elektrische als auch das magnetische Feld.

Um im Frequenzbereich Gleiches mit Gleichem zu vergleichen, wurden auch die Messungen der übrigen Geräte auf den gleichen Frequenzbereich beschränkt wie die Energiesparlampen.

5.3 Prinzipieller Messaufbau

Die Messungen wurden in einem EMV-Labor in einem geschirmten Raum durchgeführt. Damit konnte sichergestellt werden, dass keine Fremdsignale in die Messung miteinbezogen werden und dass definierte Umgebungsbedingungen herrschen. Die auszumessenden Lampen wurden über eine spezielle Tragkonstruktion aufgehängt. Durch den gewählten Messaufbau konnte ein hohes Mass an Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit zwischen den Lampen erreicht werden.



5.4 Magnetfelder der Energiesparlampen bei 50Hz

5.4.1 Messaufbau und Messgeräte

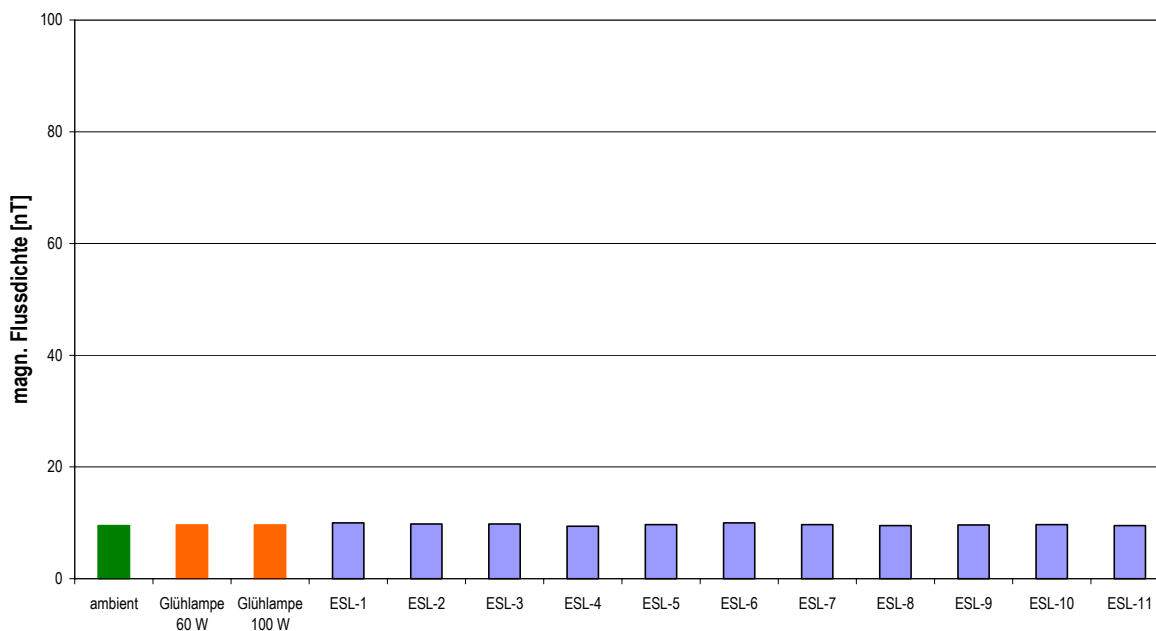
Gemessen wurden entsprechend dem prinzipiellen Messaufbau in Kap. 5.3 bei einer Distanz von 30 cm und 50 cm von der Lampe in je drei Positionen (horizontal, 45° unter der Lampe, senkrecht unter der Lampe). Im folgenden werden nur die Messresultate in 30 cm Distanz referiert.

Messgerät:	Wandel & Goltermann, EFA-3, S/N E-0011, interne Magnetfeldsonde und 50-Hz-Filter
------------	--

5.4.2 Messergebnis und Interpretation

Die im folgenden Diagramm dargestellten Messergebnisse zeigen die Maximalwerte aus den Messungen von 2 Energiesparlampen des gleichen Typs bei jeweils drei Raumpositionen.

Energiesparlampen: Magnetfeld 50 Hz, Distanz 30cm



Die Messergebnisse zeigen, dass bezüglich den 50 Hz Magnetfeldern kaum ein Unterschied zu einer vergleichbaren Glühlampe besteht. Der *Anlagegrenzwert* ($1000nT$) wird um den Faktor 100 unterschritten.

Würden die TCO-Empfehlungen als Vergleichsbasis herangezogen, so würde auch der TCO-Wert bei weitem eingehalten (die Messwerte liegen um ca. einen Faktor 20 unter dem TCO-Wert).

Würde der Grenzwert der EN50366 mit einem Kopplungsfaktor 0.2 als Vergleichsbasis herangezogen, so würde dieser Grenzwert bei 50 Hz sogar um einen Faktor 10'000 unterschritten.

5.5 Magnetfeld der Energiesparlampen bei der Betriebsfrequenz

5.5.1 Messaufbau

Gemessen wurde wiederum entsprechend dem prinzipiellen Messaufbau in Kap. 5.3 bei einer Distanz von 30 cm von der Lampe. Da das Feldverhalten um eine Energiesparlampe herum nicht ganz homogen ist, wurde nach dem so genannten Schwenkverfahren gemessen. Dabei wurde die Messantenne manuell auf einer gedachten Kugeloberfläche um die Lampe herum gedreht. Gleichzeitig wurde auch die Messantenne in alle Polarisations Ebenen gedreht. Während dem gesamten Messvorgang wurden die Maximalwerte im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz festgehalten. Ausgewertet wurde der Maximalwert bei der Betriebsfrequenz sowie die Oberwellen, soweit deren Beitrag weniger als einen Faktor zehn unter dem Maximalwert bei der Betriebsfrequenz lagen.

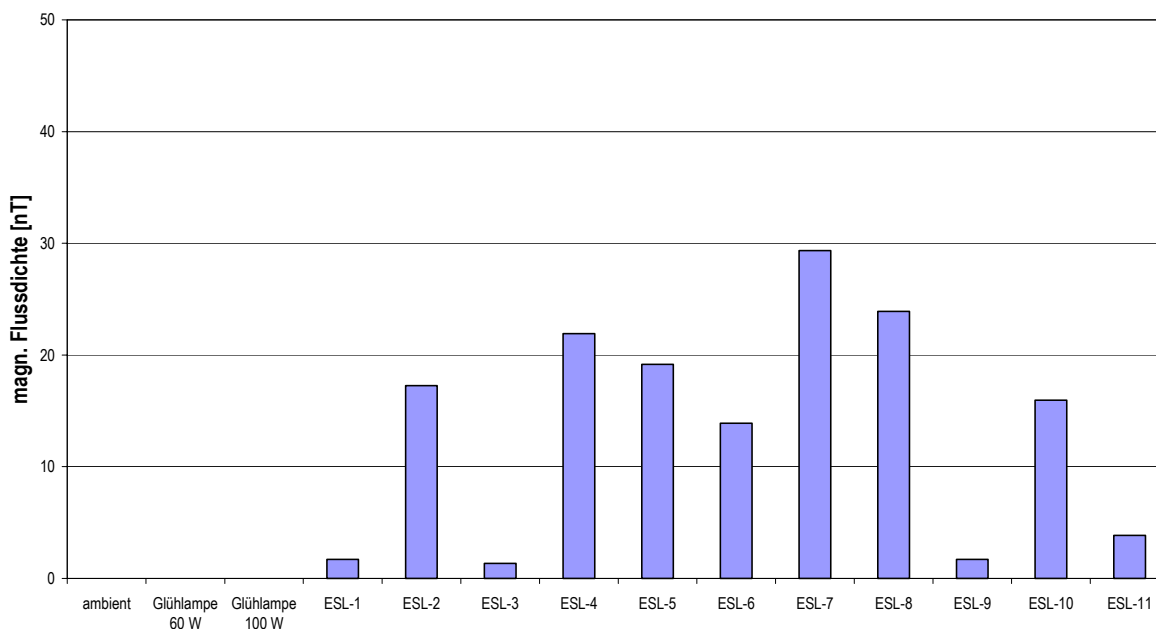
Messgeräte:	Rohde & Schwarz, FSH3, 100 kHz .. 3 GHz, 1145.5850.13 EMCO, Magnetic Field Pickup Coil, Mod. 7604, S/N 9409-2312
-------------	---

5.5.2 Messergebnis

Im Gegensatz zu Glühlampen werden die Energiesparlampen bei einer Betriebsfrequenz um die 40 kHz betrieben. Die Messung der magnetischen Flussdichte rund um die Lampe herum zeigt, dass der in magnetische Flussdichte umgerechneter Anlagegrenzwert von 8.7 V/m um das 30fache unterschritten wird. 10 von 11 Lampentypen halten sogar den TCO-Wert für Frequenzen zwischen 2 kHz und 400 kHz ein. Eine einzige Energiesparlampe wies ein Magnetfeld knapp über dem TCO-Wert auf (29 nT gegenüber der TCO-Empfehlung von 25 nT). Der dargestellte Wert ist dabei der Maximalwert aus der Messung von zwei Lampen gleichen Typs. Bei der zweiten ausgemessenen Lampe lag der Messwert bei 25 nT. Die Feldstärke nimmt mit zunehmendem Abstand ab, so dass auch von der ESL-7 der Wert der TCO-Empfehlung bereits bei 40 cm Abstand eingehalten wird.

Bei der EN50366 beträgt der *Grenzwert* bei den Betriebsfrequenzen der Energiesparlampen und einem Koppelfaktor von 0.2 ca. $30'000 \text{ nT}$ ($30 \text{ } \mu\text{T}$). Selbst die Energiesparlampe ESL-7 unterschreitet diesen Grenzwert um einen Faktor 1'000.

Energiesparlampen: Magnetfeld bei Betriebsfrequenz, Distanz 30cm



5.6 Elektrisches Feld der Energiesparlampen bei 50Hz

5.6.1 Messaufbau

Gemessen wurde entsprechend dem prinzipiellen Messaufbau in Kap. 5.3 bei einer Distanz von 30 cm und 50 cm von der Lampe in drei Positionen (30 cm Distanz horizontal, 30 cm Distanz 45° unter der Lampe, 30 cm Distanz senkrecht unter der Lampe):

Messgerät:	Wandel & Goltermann, EFA-3, S/N E-0011 mit E-Feld-Sensor BN 2245/90.30 S/N F-0031, 50-Hz-Filter
------------	---

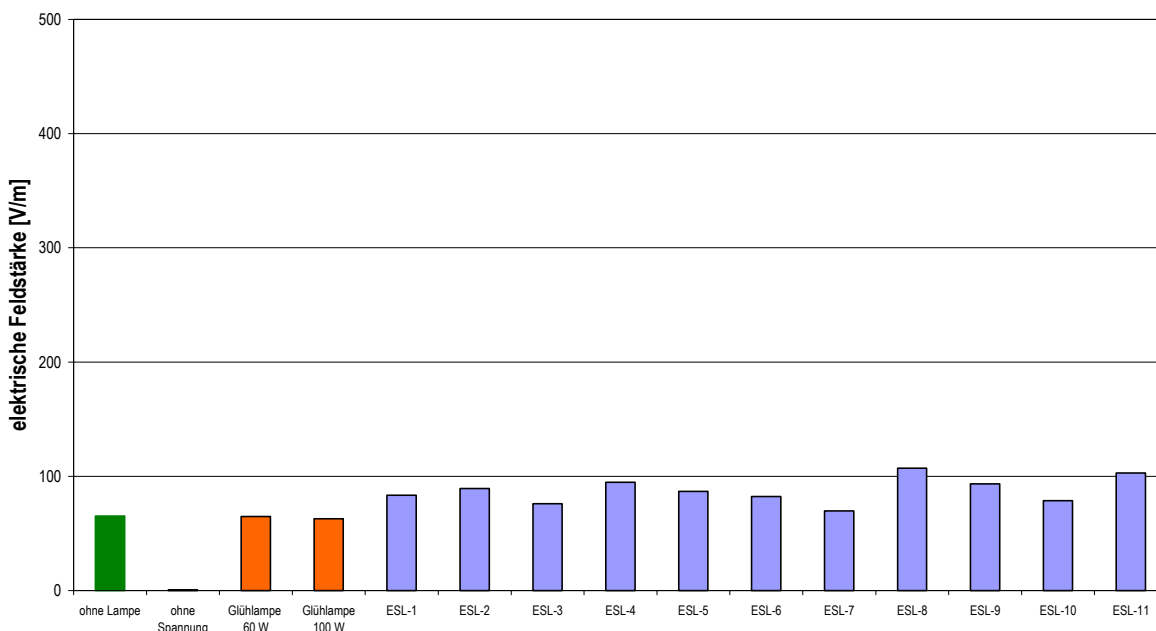
5.6.2 Messergebnis

Das elektrische Feld bei 50 Hz wird im Wesentlichen von der 230 Volt Spannung der Stromversorgung bestimmt. Ohne spezielle Abschirmmassnahmen werden dabei in der Nähe von elektrischen Installationen leicht einige zehn Volt/Meter Feldstärke erreicht. Dies ist auch bei Energiesparlampen nicht anders. Die Feldstärken liegen in 30 cm Distanz zwischen ca. 70 V/m und ca. 115 V/m. Die dargestellten Maximalwerte werden senkrecht unter der Lampe erreicht. In einer Entfernung von 50 cm von der Lampe liegen die Werte noch zwischen ca. 30 V/m und ca. 40 V/m. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist folgendes zu beachten:

- Das niederfrequente elektrische Feld sollte bei einer Gesamtbeurteilung nicht überbewertet werden. Die Vermutungen hinsichtlich einer gesundheitlichen Beeinflussung durch elektrische Felder sind als weniger kritisch einzustufen als bei niederfrequenten Magnetfeldern. So kennt beispielsweise die NISV keine vorsorgliche Emissionsbegrenzung für das elektrische Feld von Energieversorgungsanlagen (16 2/3 Hz, 50 Hz).
- Der *Immissionsgrenzwert* der NISV für das elektrische Feld bei 50 Hz liegt bei 5'000 V/m.
- Die EN50366 sieht gar keine Prüfung des elektrischen Feldes bei 50 Hz vor.
- Der TCO-Wert ist mit 10 V/m sehr tief angesetzt und kann auch bei Bildschirmen nur deshalb erreicht werden, weil diese in Regel aus EMV-Gründen über eine geerdete Abschirmung verfügen. In einer Wohn- oder Büroumgebung sind 10 V/m ohne sehr spezielle Massnahmen nicht erreichbar.

Bei der Beurteilung der elektrischen Felder ist weiter zu beachten, dass die elektrischen Felder in einer Entfernung von 50 cm nur noch unwesentlich vom elektrischen Feld einer Glühlampe abweichen und dass selbst eine unter Spannung stehende leere Lampenfassung etwa dieselben Feldstärken erzeugt. Wie allgemein bekannt ist, kann das elektrische Feld durch Metallstrukturen in der Nähe wesentlich beeinflusst werden (s.a. Kap. 5.9)

Energiesparlampen: elektrisches Feld bei 50 Hz, Distanz 30cm



5.7 Elektrisches Feld der Energiesparlampen bei der Betriebsfrequenz

5.7.1 Messaufbau

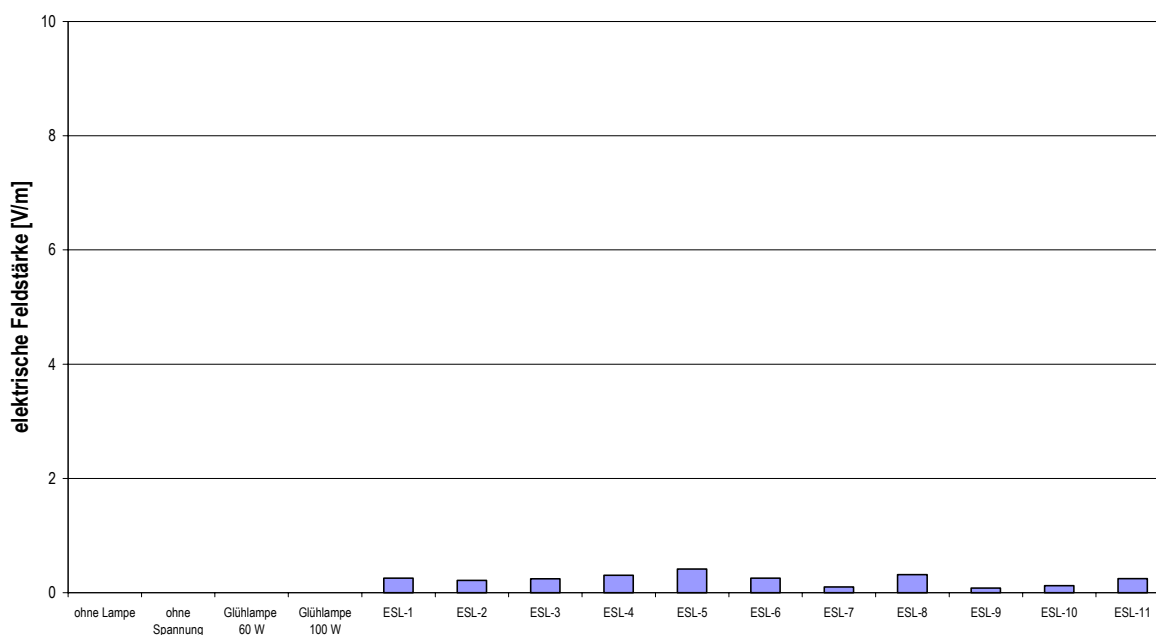
Gemessen wurde wiederum entsprechend dem prinzipiellen Messaufbau in Kap. 5.3 bei einer Distanz von 30 cm von der Lampe. Da das Feldverhalten um eine Energiesparlampe herum nicht ganz homogen ist, wurde zuerst die Lage der Lampe manuell so verändert, dass der Maximalwert bei der Betriebsfrequenz erreicht wurde. Erst dann wurde die Messung über den Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz durchgeführt. Ausgewertet wurde der Maximalwert bei der Betriebsfrequenz sowie die Oberwellen, soweit deren Beitrag weniger als einen Faktor zehn unter dem Maximalwert bei der Betriebsfrequenz lagen.

Messgeräte:	Marconi, Tempest Test Receiver 8530 A; S/N A4M05635/89 EMCO, rod antenna, Mod. 3301, S/N 2868
-------------	--

5.7.2 Messergebnis

Bezüglich der Beurteilung der Messwerte im Vergleich zu anderen Normen und Vorschriften wäre zu erwähnen, dass die NISV eine vorsorgliche Emissionsbegrenzung für "übrige Sendeanlagen" kennt. Die Betriebsfrequenz der Energiesparlampen fällt dabei ins Frequenzband der Langwellensender. Der *Anlagegrenzwert* der NISV würde im Fall eines Langwellensenders 8.5 V/m betragen. Die Messwerte der elektrischen Feldstärken im Bereich der Betriebsfrequenzen zeigen sogar, dass selbst der TCO-Wert von 1 V/m von allen Energiesparlampen eingehalten wird.

Energiesparlampen: elektrisches Feld der Betriebsfrequenz, Distanz 30cm



5.8 Vergleich von Energiesparlampen mit anderen Geräten

5.8.1 Allgemeines zum Vergleich zwischen verschiedenen Geräten

Wie in Abschnitt 4.2 dargestellt "hinkt" jeder Vergleich zwischen verschiedenen Geräten in irgendeiner Art und Weise. Für die im Folgenden dargestellten Vergleiche wurde in derselben Messumgebung und möglichst ähnlichem Messaufbau gemessen. Verglichen werden nur die Ergebnisse gleicher Frequenzbereiche. Die gewählten Abstände wurden für alle Geräte ausser den beiden Fernsehgeräten bei 30 cm gewählt. Für die Fernsehgeräte wurde ein Abstand von 1 m gewählt.

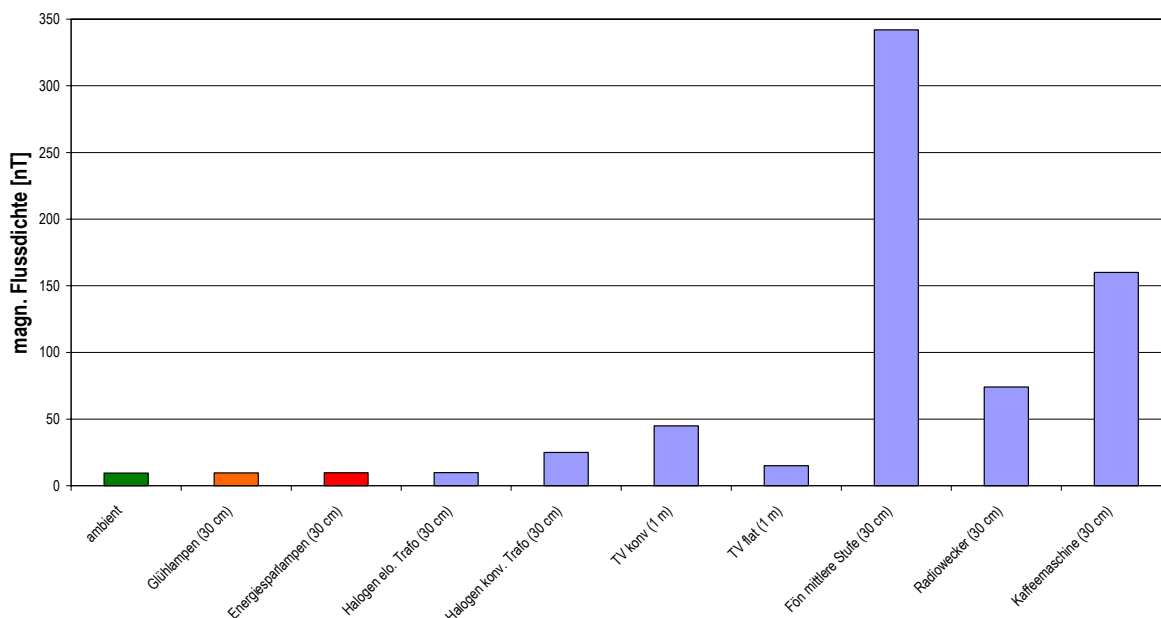
5.8.2 Vergleich der magnetischen Felder

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Messergebnisse für die magnetische Flussdichte bei 50 Hz resp. im Frequenzbereich zwischen 10 kHz und 500 kHz.

Bei den 50 Hz-Feldern fällt als erstes der Haarfön auf. Die Felder sind vor allem bedingt durch die Streufelder der Heizung und des Motors. Die dargestellten Werte gelten für Stufe 2 (mittlere Drehgeschwindigkeit) und mittlere Heizleistung. Der Fön verfügt jedoch über je drei Stufen, sowohl bezüglich Drehgeschwindigkeit als auch bezüglich Heizleistung. Bei der tiefsten Stufe (langsam drehend, kalte Luft) beträgt die Feldstärke ca. 130 nT, bei der höchsten Stufe ("volles" Gebläse, heisse Luft) 750 nT. Da ein Fön in der Regel näher als 30 cm vom Kopf entfernt benutzt wird, sind die Feldstärken entsprechend grösser. Die dargestellte Grössenordnung der Messung bei 30cm und mittlerer Stufe entspricht etwa derjenigen auf kleinster Stufe in 10 cm Distanz.

Bei der Halogenlampe mit konventionellem Transformator ist anzumerken, dass die Messung in 30 cm Entfernung von der Lampe vorgenommen wurde. In 30 cm Entfernung vom Transformator würde die Feldstärke 3.5 μT betragen. Bei der Kaffeemaschine wurden die Messergebnisse des standby-Betriebs dargestellt. Wird Kaffee produziert, steigt die Feldstärke auf ca. 2.8 μT . Die Angaben zu den Fernsehgeräten beziehen sich auf eine Gebrauchsdistanz von 1m. In 30 cm Entfernung wären sie um ein Mehrfaches grösser.

Vergleich verschiedener Geräte: Magnetfeld 50 Hz

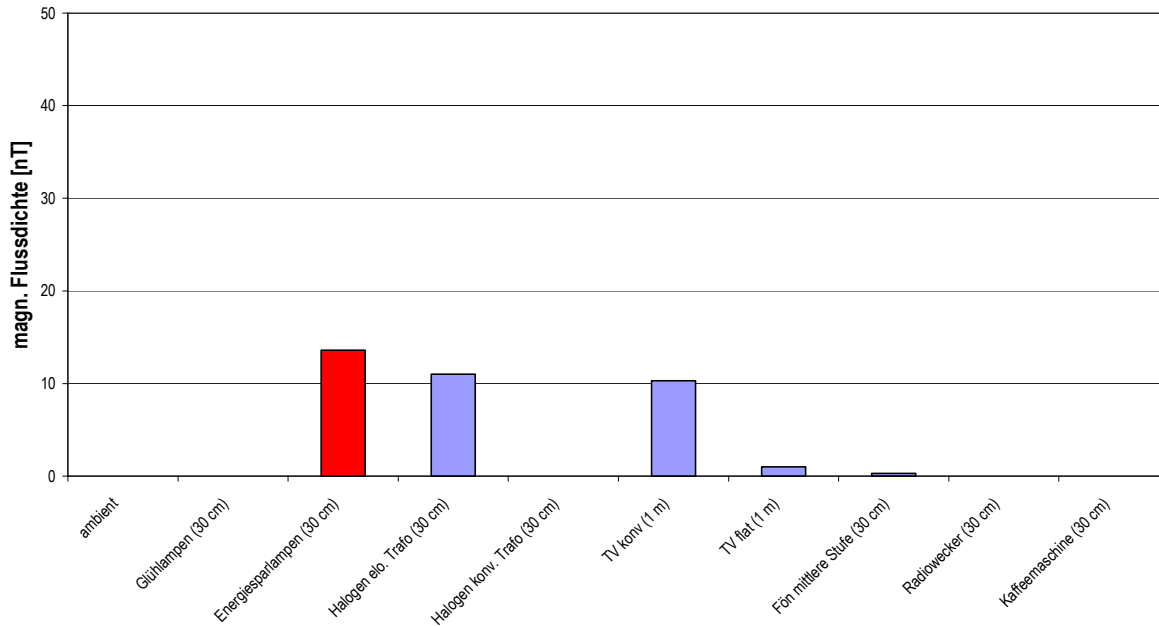


Bei den Messungen oberhalb 10 kHz wurde bei den Energiesparlampen der Mittelwert aus allen elf Lampentypen genommen (s.a. Kap. 5.5.2). Bei einigen gemessenen Geräten konnten oberhalb 10 kHz keine relevanten Feldstärken gemessen werden. Dies hängt jedoch mit der Konstruktion

und den gewählten elektrischen und elektronischen Prinzipien zusammen. Es ist also durchaus möglich, dass andere Geräte messbare Felder produzieren.

Bezüglich einer Gesamtbeurteilung ist zu sagen, dass alle Geräte die gesetzlichen Vorschriften klar einhalten. Dies gilt auch für Haarfön und Kaffeemaschine für welchen die EN50366 gilt.

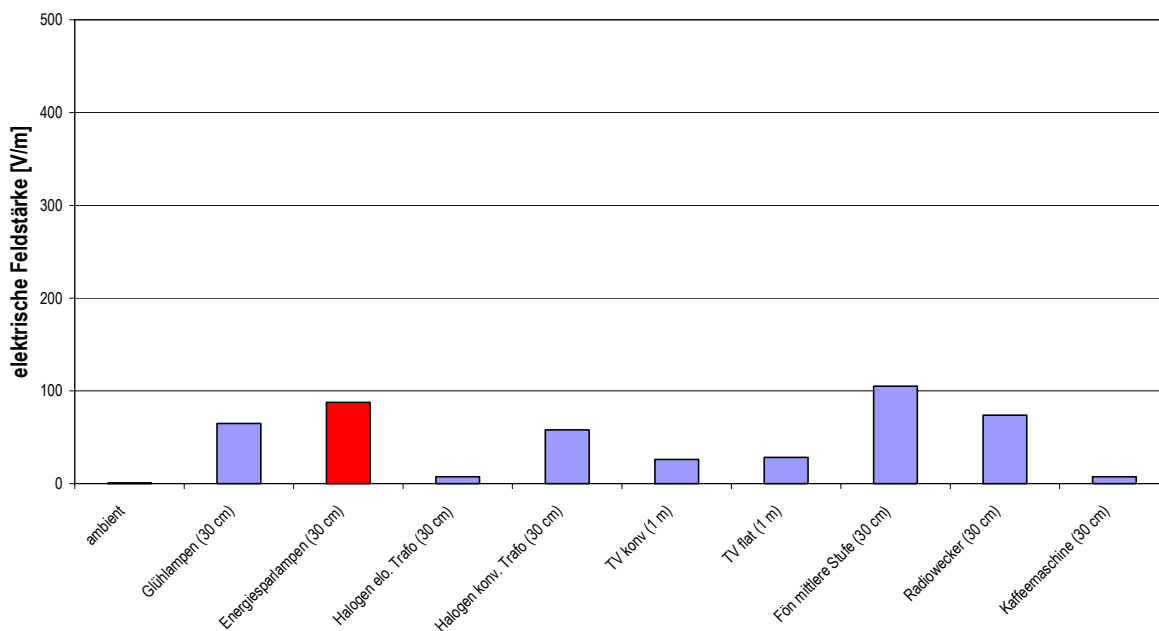
Vergleich verschiedener Geräte: Magnetfeld im Frequenzbereich 10 kHz - 500 kHz



5.8.3 Vergleich der elektrischen Felder

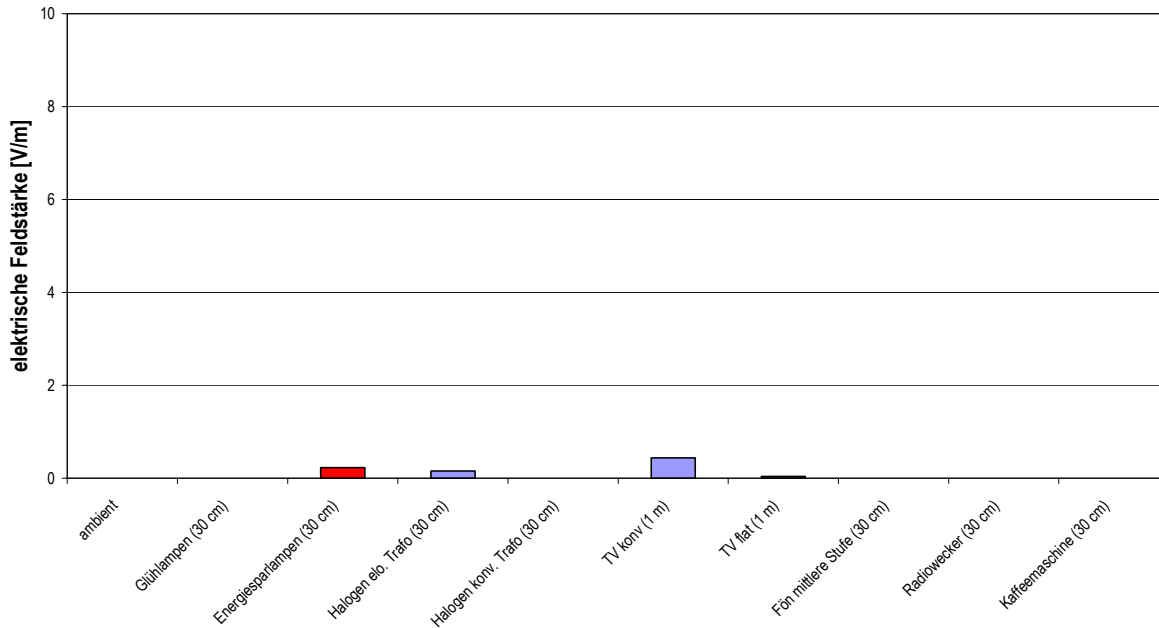
Für den Vergleich der elektrischen Felder wurde bei den Energiesparlampen wiederum der Mittelwert aus allen gemessenen Lampen dargestellt. Beim Vergleich ist zu beachten, dass bei den

Vergleich verschiedener Geräte: elektrisches Feld 50 Hz



Lampen die "nackten" Lampen gemessen wurden und dass der Beleuchtungskörper das Feld wesentlich beeinflussen kann. Dies im Unterschied zu den anderen Geräten, welche im geschlossenen Gerätezustand gemessen wurden und damit geräteintern möglicherweise über gewisse Abschirmungen verfügen. Bei Haarfön ist wiederum zu bemerken, dass die elektrische Feldstärke insbesondere bei 50 Hz je nach gewählter Stufe variiert (82 V/m bei Gebläse auf Stufe 1 und kalte Luft; 130 V/m bei Gebläse auf Stufe 3 und heisser Luft).

Vergleich verschiedener Geräte: elektrisches Feld im Frequenzbereich 10 kHz - 500 kHz



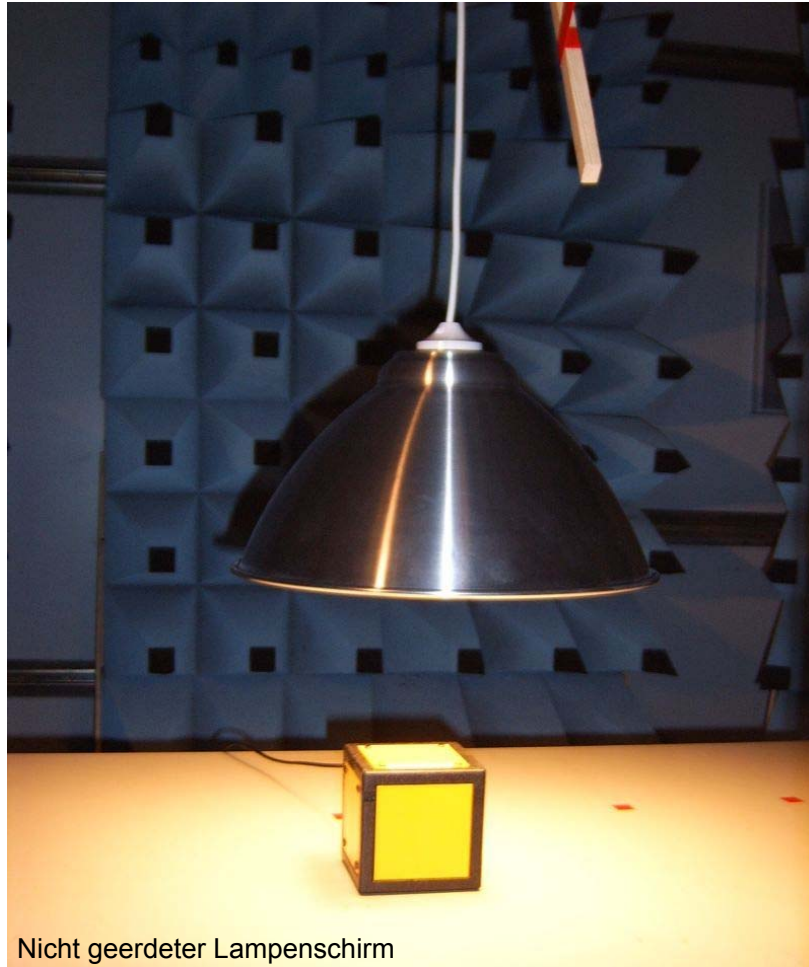
5.9 Einfluss des Beleuchtungskörpers

5.9.1 Messaufbau

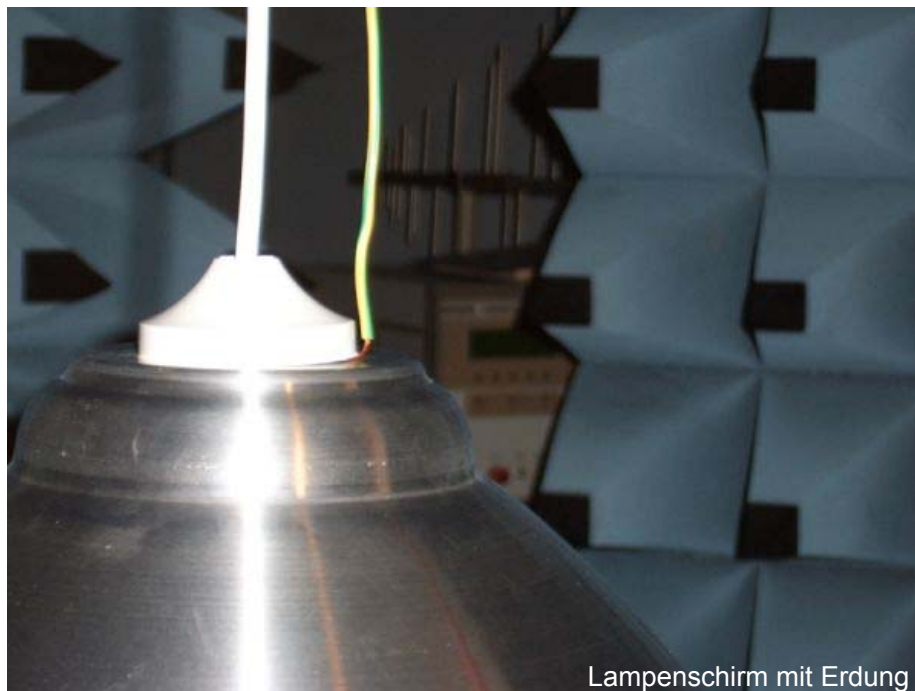
Eine Lampe ist fast immer in eine Leuchte eingebaut. Es ist bekannt, dass die metallenen Teile einer Leuchte das elektrische Feld insbesondere bei 50 Hz ganz wesentlich zu beeinflussen vermögen. Zu beachten ist dabei auch, dass metallene, nicht ferromagnetische Stoffe das magnetische Feld bei 50 Hz nur unwesentlich beeinflussen.

Um an einem sehr einfach Beispiel zu zeigen, dass das elektrische Feld einer Lampe durch die Leuchtenkonstruktion wesentlich beeinflusst wird, wurde die Energiesparlampe ESL-4 mit einem metallenen Lampenschirm aus einem Fachgeschäft versehen. Ansonsten wurden die elektromagnetisch relevanten Parameter des Messaufbaus gegenüber der Messung der Energiesparlampen nicht verändert.

Wird der metallene Lampenschirm wie vom Lieferanten/Hersteller vorgesehen montiert, so ist dieser nicht geerdet. Um zu zeigen, wie stark eine Erdung des Lampenschirms das elektrische Feld verändern kann, wurde in einem zweiten Versuch parallel zum Lampenkabel ein Erdleiter geführt und dieser auf der einen Seite mit Lampenschirm und auf der anderen Seite mit dem Schutzleiter der Stromversorgung verbunden.



Nicht geerdeter Lampenschirm



Lampenschirm mit Erdung

5.10.2 Messergebnis

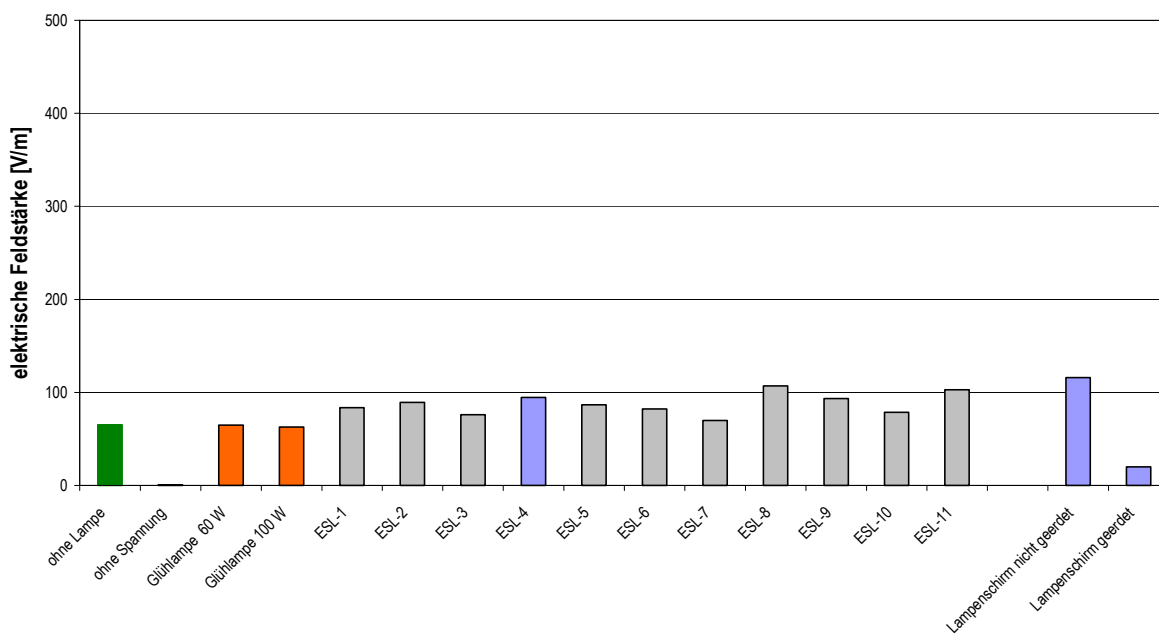
Die Messergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der ungeerdete Lampenschirm erhöht die elektrische Feldstärke unter der Lampe gegenüber der Lampe ohne Lampenschirm
- Der geerdete Lampenschirm reduziert die elektrische Feldstärke auf ca. 20 V/m bei einer Entfernung von 30 cm resp. auf 10 V/m bei einer Entfernung von 50 cm.

Die Feldstärke liesse sich noch weiter reduzieren, wenn der Lampenschirm unten nicht offen wäre, sondern zum Beispiel über eine metallene Abschirmung verfügen würde.

Über alles gesehen lässt sich also sogar das elektrische 50-Hz-Feld einer Glüh- oder einer Energiesparlampe mit dem Einbau in eine geerdete Metalleuchte unter 10 V/m drücken.

Energiesparlampe ESL-4: Einfluss des Lampenschirms auf das elektrische Feld



6. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Im Rahmen dieses Projekts wurden EMF-Messungen an 11 verschiedenen Energiesparlampen vorgenommen. Die Auswahl ist repräsentativ für den schweizerischen Markt.

Es wurden die Streufelder von jeweils 2 Lampen jeden Lampentyps gemessen.

Es wurde in drei Distanzen (Oberfläche, 30 cm, 50 cm) gemessen. Die Messungen in 30 cm und 50 cm wurden in jeweils 3 Positionen vorgenommen (horizontal, 45° unter der Lampe, senkrecht unter der Lampe).

Im Bericht werden die Messerresultate in 30 cm Distanz referiert. Dargestellt wird der höchste Einzelwert aus den jeweils 6 Messungen pro Lampentyp.

Zu Vergleichszwecken wurden auch die elektromagnetischen Felder von Glühlampen sowie ausgewählten Haushaltsgeräten untersucht.

Alle Messungen wurden in einem EMV-Testlabor durchgeführt.

Stichprobenweise Messwiederholungen zeigten grosse Reproduzierbarkeit der Resultate.

Alle Messresultate liegen um Grössenordnungen unterhalb der ICNIRP-Grenzwerte.

Die aus gesundheitlicher Sicht bedeutsamen niederfrequenten Magnetfelder sind äusserst schwach und sind nicht grösser als die Magnetfelder von Glühlampen. Sie liegen um einen Faktor 100 unterhalb der schweizerischen Anlagegrenzwerte.

Aus gesundheitlicher Sicht sind die niederfrequenten elektrischen Felder weniger bedeutsam als die niederfrequenten Magnetfelder. Die gemessenen Feldstärken sind konstruktionsbedingt etwas grösser als bei Glühlampen, liegen aber in derselben Grössenordnung.

Die Maxima der hochfrequenten elektromagnetischen Felder von Energiesparlampen liegen im Bereich von 28-60 kHz (Betriebsfrequenz). Die Signalpegel der Oberwellen nehmen schnell ab.

Die elektrische Feldstärke der Betriebsfrequenzen liegt etwa 30 mal tiefer als der Anlagegrenzwerte in diesem Frequenzbereich.

Dasselbe gilt für das magnetische Feld, wenn man den Anlagegrenzwert (der nur für elektrische Feldstärke definiert ist) in magnetische Feldstärke umrechnet.

Energiesparlampen halten sogar mit einer Ausnahme die TCO-Grenzwertempfehlungen ein.

Die Ausnahme betrifft die niederfrequenten elektrischen Felder. Das ist insofern plausibel, als die TCO-Empfehlung für Bildschirme, die sich leicht abschirmen lassen, entwickelt wurde und nicht für Haushaltsgeräte im allgemeinen, Lampen oder Elektroinstallationen.

Bei Messungen des elektrischen Feldes ist zu berücksichtigen, dass die Umgebung auf die Feldverteilung einen grossen Einfluss hat. Zur Umgebung zählt insbesondere die Leuchte, in die eine Lampe eingebaut ist.

Aufgrund der Messresultate und der gesundheitsrelevanten Grenzwertempfehlungen des Gesetzgebers kann die Benützung von Energiesparlampen als völlig unproblematisch beurteilt werden.

Personen, die sich von elektrischen und magnetischen Feldern in ihrem subjektiven Wohlbefinden beeinträchtigt fühlen, sollten nicht vergessen, dass Lampen im allgemeinen eine eher unbedeutende EMF-Quelle in Büro und Haushalt darstellen.

Der Einsatz von Energiesparlampen zur Reduktion von Energieverbrauch und Umweltbelastung wird weiterhin empfohlen!

7. Quellenverzeichnis

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) vom 23. Dezember 1999, SR 814.710
- [2] "Grenzwerte am Arbeitsplatz 2003", SUVA, Luzern, Januar 2003
- [3] TCO'03 CRT Displays 2.0, TCO Development, 26.01.2004
- [4] TCO'03 Flat Panel Displays 2.0, TCO Development, 26.01.2004
- [5] SN/EN 50366:2003, Elektrische Geräte für den Hausgebrauch und ähnliche Zwecke - Elektromagnetische Felder – Verfahren zur Bewertung und Messung
- [6] SN/EN 55015+A1:2001+A2:2002, Grenzwerte und Messverfahren für die Funkstöreeigenschaften von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten
- [7] ICNIRP Guidelines, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz), International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, 1998
- [8] Schriftenreihe Umwelt Nr. 302, Nichtionisierende Strahlung, Begrenzung der Immissionen von nichtionisierender Strahlung, Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz, Bericht der Arbeitsgruppe "Nichtionisierende Strahlung", BUWAL, Bern, 1998
- [9] Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz), 1999/519/EC