

Hinters Licht geführt: Energiesparlampen

Das Ende der Glühbirne - das Ende gesunder, naturnaher Beleuchtung?

Wer natürliches Licht will, der muss ins Freie oder ans Fenster oder Tageslicht ins Haus holen. Wer möglichst naturnahes Kunstlicht will, der braucht Glühlampen oder Halogenlampen. Keine Energiesparlampe erreicht die Lichtqualität von Glüh- und Halogenlampen und macht so wenig Elektrosmog, so wenig Flimmern, Schadstoffe, Ultraschall... Wer gar kein Flimmern will, sondern das frequenzlose Gleichlicht der Natur, der braucht Gleichstrom.

Der einzige Vorteil der Energiesparlampen im Vergleich zu Glühbirnen liegt beim niedrigeren Stromverbrauch, zumindest bei den meisten Produkten, ein wesentlicher ökonomischer und ökologischer Teilaspekt.

Der Vorteil wird jedoch durch eine Reihe von Nachteilen erkauft, auf die seitens der Industrie, Händler, Medien, Verbraucherschützer, Werbung... meist überhaupt nicht und manchmal nur teilweise hingewiesen wird, negative Auffälligkeiten, welche die Glühbirne nicht oder längst nicht so stark aufweist:

- **Elektrosmog** in mehreren niedrigen und höheren Frequenzbereichen, viel mehr als an PC-Bildschirmen erlaubt, mit vielen Oberwellen, Auflagerungen, Spitzen, Pulsen, verzerrten Sinuskurven
- **Lichtflimmern** in mehreren niedrigen und höheren Frequenzbereichen, ebenfalls reich an steilflankigen Oberwellen, Spitzen, Störsignalen, verzerrten Sinuskurven, "schmutziges" Licht
- **Lichtspektrum** schlechter, inhomogener, "synthetischer" mit nur zwei bis vier schmalbandigen Farbspitzen, stark vom natürlichen Licht abweichend
- **Farbwiedergabe** schlechter; ungemütliches, unatmosphärisches, ungewohntes, "kühles" Licht
- Mehr **Blau- und UV-Anteil**
- Emission von **Schadstoffen** und Gerüchen
- **Helligkeit** oft schlechter als angegeben, lässt im Laufe der Nutzung teils stark nach, manche Sparlampen waren in aktuellen Tests dunkler als vergleichbare Glühbirnen
- **Lebensdauer** oft schlechter als angegeben, lässt nach vielen

Schaltzyklen teils stark nach, manche Sparlampen gingen in aktuellen Tests vor der Glühbirne kaputt

- **Herstellung** aufwändig, mehr als zehnfach aufwändiger als die der Glühbirne
- **Inhalte** giftig: diverse Schwermetalle, Chemie, Kunststoffe, Klebstoffe, Leuchtstoffe, Elektronik, Kondensator, Platine... (radioaktive Stoffe bis 2007)
- **Quecksilber** im Schnitt 2-5 Milligramm, das sind einige 100 Kilo allein in Deutschland
- **Sondermüll-Entsorgung**, die meisten kommen trotzdem in den Hausmüll
- **Stromersparnis** bei den meisten Energiesparlampen nicht so hoch wie angegeben
- Lange **Einbrennzeit**, von mehreren Minuten bis zur vollen Leuchtkraft
- Oben erwähnter Elektrosmog nicht nur an den Lampen selbst, sondern rückwirkend auch in der **Elektroinstallation** und den hiermit verbundenen Leitungen und Geräten
- **Stör- und Fehlströme**, die technische Probleme an elektrischen Installationen und Geräten, elektronischen Datenübertragungen und Bussystemen... verursachen können; höhere **Netzbelastung**, höhere Blindleistung, "Dirty-Power"
- **Radiofrequenzen** werden durch den Elektrosmog gestört, speziell Langwellen
- **Ultraschall-Emissionen**
- **Ökobilanz** fragwürdig
- **Teuer**

Diese zahlreichen Kritikpunkte und Nebenwirkungen der Energiesparlampe gibt es - wie schon eingangs erwähnt - bei Glühbirnen nicht oder nur viel weniger.

Elektrosmog

Die Glühbirne macht nur geringe elektrische und kaum magnetische Felder, die Sparlampe dagegen neben den niederfrequenten des Stromnetzes auch höherfrequente durch ihre integrierte Elektronik, mehrfach - sogar zigfach! - stärker als an Computerbildschirmen zulässig. Die Glühbirne emittiert keine gepulsten, steilflankig getakteten Felder, die als biologisch besonders abträglich gelten, die Sparlampe dagegen reichlich, sowohl nieder- als auch höherfrequent. Die Glühbirne verursacht kaum Oberwellen, die Sparlampe dagegen zahlreich.

Besonders heftig fallen die elektrischen Felder der höheren Betriebsfrequenz der Sparleuchten (seitens der Elektronik im Lampensockel) im Kilohertz-Bereich aus. Hier die Testergebnisse in Volt pro Meter:

- 'Öko-Test' (16 Lampen, 2008) 7-12 V/m
- 'K-Tipp' (14 Lampen, 2007) 7-40 V/m
- 'Guter Rat' (12 Lampen, 2009) 16-41 V/m
- 'Test' (55 Lampen, 2006/2008) 7-67 V/m
- Bundesamt für Strahlenschutz BfS (37 Lampen, 2008) 4,8-59 V/m (eine machte 1 V/m, eine speziell geschirmte von Megaman)
- Schweizer Bundesämter für Gesundheit und Energie (11 Lampen, 2004) alle unter 1 V/m

So kamen insgesamt 134 Energiesparlampen auf elektrische Feldbelastungen zwischen 4,8 und 67 V/m, bis zu 67-mal stärker als die TCO-Norm an Computern festlegt: 1 V/m. Die Schweizer Ämter fanden an 11 Sparleuchten fast nichts, kein Wunder, haben sie doch mit nicht TCO-konformen Stabantennen falsch gemessen.

Hinzu kommen elektrische Felder seitens der Netzfrequenz und magnetische seitens der Netz- und Betriebsfrequenz, die PC-Norm teilweise ebenfalls erreichend und überschreitend, auch deutlich ausgeprägter als bei Glühbirnen.

"Distanz halten, mindestens 1,5 Meter!", fordert 'Stiftung Waren-test' wegen der Feldbelastungen. "Sparlicht macht Elektrosmog!", warnt 'ARD-Ratgeber Technik'. "Alle getesteten Sparlampen verursachen Elektrosmog", resümiert das Schweizer Verbrauchermagazin 'K-Tipp'. Dr. Heinrich Eder vom Bayerischen Landesamt für Umwelt klärt auf: "Die durch den unnötigen Elektrosmog der Energiesparlampen entstehenden Körperströme sind 30- bis 100-mal so hoch wie die bei Glühbirnen."

Lichtflimmern

Ein Flimmern ist bei der Glühbirne als Folge der Frequenz unseres Wechselstromnetzes zwar auch vorhanden, es fällt aber wegen des trägen Glühfadens vergleichsweise gering und weich aus.

Das Licht der Sparlampe flimmert, taktet, flackert, prasselt dagegen mit nieder- (Netzfrequenz) und höherfrequenten (Elektronikfrequenz) Lichtblitzen und reichlich Oberwellen, wenn auch für das Auge nicht direkt wahrnehmbar. Solche harten, periodischen Lichtfrequenzen gibt es in der Natur nicht. Natürliches Licht ist gleichmäßig, ohne Frequenz, ohne stroboskopartige Taktung.

"Flimmerfrequenzen wirken sich, bewusst oder unbewusst wahrgenommen, negativ aus auf Augen, Gehirn, Hirnströme, Hormone, Nervosität, neurologische Abläufe, Verarbeitungs- und Steuerungszentren, Koordination, Stoffwechsel, Glukoseverbrauch, kapillaren Blutfluss oder Schlafqualität und können Migräne, Kopfschmerz oder epileptische Anfälle auslösen." So die Ludwig-Maximilians-Universität in München in einer Dissertation von Dr. Christin Steigerwald. "Niederfrequente Lichtsignale machen sich in den Gehirnströmen bemerkbar." So der Neurophysiologe Prof. Ulf T. Eysel von der Ruhr-Universität Bochum. "Sparlampen flimmern. Das wirkt auf das Gehirn und das Nervensystem." So der Arbeitswissenschaftler Prof. Ulrich Brandt von der Universität Essen.

Wollte man naturnahes, frequenzloses, konsequent flimmerfreies Kunstlicht im beleuchteten Innen-

raum, so müsste die elektrische Versorgung mit Gleichstrom geschehen. Die baubiologische Forderung für die Zukunft: Getrennte Netzkreisläufe für Gleichstrom (Beleuchtung) und Wechselstrom (andere Elektrogeräte). Oder auch Gleichrichter, die Wechselstrom zuverlässig in Gleichstrom umwandeln. Das gilt besonders für das zukünftige LED-Licht, das am üblichen Wechselstromnetz stroboskopartig ausgeprägt flimmert, noch heftiger als Sparlampen.

Lichtspektrum, Lichttemperatur

Die Glühbirne und genau so die Halogenlampe bieten ein ausgeglichenes, nahezu naturnahes Lichtspektrum mit den meisten Spektralanteilen. Die Energiesparlampe zerrt nur zwei bis vier einzelne Farben aus dem gesamten Lichtspektrum heraus, ist weit weg von natürlicher Lichtharmonie.

Lassen Sie sich nicht hinters Licht führen: Die Industrie und mit ihr die Politik argumentieren in Veröffentlichungen und Diskussionen, die Lichtqualität der Energiesparlampe sei genau so gut wie die der Glühbirne. Falsch. Dabei wird immer wieder die Lichttemperatur als "Beweis" herangezogen. Die Lichttemperatur charakterisiert aber nur einen Aspekt der Lichtqualität, nämlich den der allgemeinen Lichtfarbe.

Ein noch wichtigerer Aspekt ist das Lichtspektrum, die Farbverteilung des Lichtes, die Ausgewogenheit und das Zusammenspiel der einzelnen Farbanteile, welche das Gesamtlicht ausmachen. So wie die Farbe weiß erst durch das harmonische Zusammenkommen und Ineinanderfließen aller Wellenlängen von violett, blau über grün, gelb bis orange, rot zustande kommt. So wie ein gutes Orchester zig Instrumente zu einem harmonischen Ganzen eint und so zum Musikgenuss werden lässt.

Das Lichtspektrum ist für die Qualität, Gesundheit und Ausgewogenheit, für die Naturnähe des Lichtes wesentlich verantwortlich, für den wichtigen Farbeindruck unserer gesamten Umwelt, für das Wohlfühlklima.

So sagte Philips-Werksleiter Thomas Mertes in 'Spiegel-TV': "Die Energiesparlampe würde ich nicht dort empfehlen, wo Farben natürlich dargestellt werden sollen. Also beispielsweise über einem Esstisch. Das Essen sieht dann nicht

wirklich appetitlich aus. Und auch das Gegenüber, der Gast, der da sitzt, wirkt ein bisschen gräulich. Und ja, man bekommt sofort den Eindruck, als hätte es ihm nicht geschmeckt." Sabine Gedder, die Leiterin der Hamburger Malschule, in dem NDR-Beitrag 'Markt': "Das sieht ja furchtbar aus. Das Rot ist orange geworden und das Gelb kommt mir grün vor."

Das Lichtspektrum, diese Farbverteilung ist bei Energiesparlampen schlechter, schmalbandiger, zerhackter, naturfremder, synthetischer als beim Tageslicht oder bei der Glühbirne, es besteht nur aus wenigen Farbanteilen mit steilen Energiespitzen und großen Lücken. So als würden beim Orchester von den vielen Musikern nur zwei oder drei sich laut und schräg in den Vordergrund drängen und die anderen verstummen.

"Eine künstliche Lichtquelle birgt umso mehr Gefahren für die Gesundheit, je stärker ihr Spektrum vom natürlichen Sonnenlicht abweicht", warnen Mediziner. All das und viel mehr wird großzügig verschwiegen, auch von Wissenschaftsjournalisten, die es eigentlich wissen müssten, wie dem Fernsehmoderator Ranga Yogeshwar in der ARD-Diskussionsrunde 'Hart aber Fair'.

Beides nicht sehr einladend: das unnatürliche Lichtspektrum und das nervige Lichtflimmern. Beides ist solange vorhanden, wie die Lichtquelle eingeschaltet ist und die nähere oder auch weitere Umgebung erhellt. Ich messe das Lichtflimmern draußen im Dunklen noch in zig Metern Abstand zu den Fenstern der Sparlichtbeleuchteten Häuser, genauso wie das der Fernseher und Computermonitore. Spazieren Sie nachts mal an Häusern vorbei und lassen das Licht auf sich wirken: Hier sieht es warm und gemütlich aus, einladend dank Glühlampen, und dort wie bei Aldi oder im Baumarkt: typisch Sparlicht, Leuchtstoffröhren oder Bildschirme.

Herstellung, Entsorgung

Die Herstellung der Glühbirne ist umweltfreundlich, ökologisch viel verträglicher als die der Sparlampe. Die Sparlampe braucht viel mehr Energie und ist voll von umweltbelastender Elektronik.

Die Entsorgung der Glühlampe ist ebenso umweltfreundlich, sie kann in den Hausmüll, die Sparlampe nicht, sie muss auf den Sondermüll, was leider selten passiert.

Stromverbrauch, Haltbarkeit, Lichtausbeute, Hitze

Anlass für das Glühbirnenverbot ist der bei Sparlampen niedrigere Stromverbrauch bei höherer Lichtausbeute, längere Lebensdauer und geringerer Wärmeverlust. Aber auch in Sachen Verbrauch, Lichtfülle und Langlebigkeit zeigen die Sparlichter in Tests nicht nur Vorteile. Man beklagt, die Glühbirne würde zu heiß und Energie verpuffen, zu Recht. Aber so kalt bleibt die Sparlampe auch nicht, schafft sie beim Betrieb nach unseren Messungen bis zu 90 °C Temperatur auf ihrer Oberfläche.

Pionierarbeit

Es war - mal wieder - Pionierarbeit der Baubiologie, Licht ins Dunkel der Nachteile von neuen Techniken, in diesem Fall Energiesparlampen, zu bringen. Wir von der Baubiologie Maes haben schon 1992 als erste auf die hohen elektrischen und magnetischen Feldbelastungen aufmerksam gemacht und die Helligkeit bemängelt, und der 'Öko-Test' hat hierüber berichtet. Bevor die EU nun das Glühlampenverbot verhängte, haben wir im Rahmen erneuter Messungen für 'Öko-Test' neben dem Elektrosmog erstmals das ausgeprägte Lichtflimmern nachgewiesen, Ultraschall und Schadstoffe festgestellt. Danach wurden die Medien und Verbraucher zunehmend kritischer.

Was tun die uns an?

"Das ist kein Licht, das ist ja Dreck!", zitierte der 'Öko-Test' die spontane Reaktion eines Lichtexperten, nachdem er die Aufzeichnungen der elektromagnetischen Felder, des Lichtflimmerns, des Lichtspektrums und der Farbeindrücke der Sparleuchten sah. Dafür wurde das Magazin auf Antrag des Energiesparlampenherstellers Megaman vom Beschwerdeausschuss des Deutschen Presserates kritisiert. Das aber nicht wegen des Inhalts der Aussage, sondern weil sie ohne Namensnennung gemacht wurde. Mehrere weitere Beschwerden von Megaman zum Inhalt des 'Öko-Test'-Berichtes (Lichtspektrum, Lichtqualität, Testkriterien...) wurden vom Presserat nicht akzeptiert.

"Unser neues Licht: kalt, hässlich, teuer und gefährlich. Was tun sie uns in Brüssel da bloß an?" So die Überschrift im Neusser 'Stadt-Kurier' zum Aufmacherthema "Energiesparlampen" in der Sonntags-Ausgabe am 19. September 2009.

Wussten Sie schon...?

Wussten Sie, dass Glühbirnen viel länger leuchten könnten als Energiesparlampen, es aber nicht dürfen? Im Jahr 1924 gründeten die führenden Elektrotechnikfirmen ein weltweites Kartell namens Phoebus. Ziel war es, die unverwundliche Lebensdauer von Glühbirnen zu begrenzen, zur Umsatzförderung. Zuerst waren es 5000 Stunden, ein Jahr später wurde auf 2000 Stunden verringert. Nach dem 2. Weltkrieg durften es nur noch 1000 Stunden sein. Hierauf basierend setzen Qualitätsnormen die Brenndauer heute noch auf 1000 Stunden fest, obwohl so viel mehr möglich wäre. Die Chinesen spielten nicht mit, deshalb halten deren Glühbirnen nach wie vor 5000 Stunden, mindestens. Im Feuerwehrhaus von Livermore in Kalifornien brennt eine der ersten Glühbirnen - noch nicht vom Industriekartell kastriert - schon eine Million Stunden, über 100 Jahre, nonstop. Sie wird als Glücksbringer gefeiert und kam in das Guinness-Buch der Rekorde.

Die Glühbirne ist auch sonst zu Höchstleistungen fähig: Sogar Nägel kann man mit ihr in ein Brett hämmern, so bewiesen 2002 in Thomas Gottschalks 'Wetten, dass...?'. Das wäre mit der Sparlampe zu gefährlich, allein wegen des giftigen Quecksilbers.

Zurück auf den Teppich: "Energiesparlampen strahlen wie zehn Funktelefone." Der Vergleich in dem Bericht der 'Bild-Zeitung' ist mehr als fragwürdig. Ein Funktelefon strahlt per Mikrowelle einige hundert Meter (Schnurlostelefon) bis mehrere Kilometer (Handy) weit. Eine Sparlampe emittiert ein elektrisches Feld im Bereich weniger Meter und ein magnetisches im Bereich weniger Dezimeter. Schlimm genug, wenn man sich hier länger aufhält, aber gleich "zehn Funktelefone"? Das ist mehr als übertrieben. Beim Funktelefon gehört die Strahlung zur unvermeidbaren Funktion, bei der Lampe ist sie - wie bei vielen Elektrogeräten - eine unnötige und somit vermeidbare Nebenwirkung, wenn man nur wollte.

Ungeachtet aller kritischen Mahnungen und fehlender Grundlagenforschung gibt das Arbeitsministerium im Herbst 2009 700000 Euro für neue Energiesparlampen aus. Und die Nordseeinsel Norderney legt stolz Wert darauf, sich als erste zu den Glühbirnen-freien Zonen zählen zu dürfen.

Wie messen?

Es gibt neben komplizierten, teuren Technologien, welche man braucht, um die Licht- und Feldaspekte an Sparlampen solide zu messen, auch einfache Geräte für erste spannende Eindrücke.

So kann man mit Hilfe von Spektroskopen, wie sie z.B. für Experimente im Physikunterricht eingesetzt werden, das Lichtspektrum betrachten, also die Farbverteilung des Lichtes. Hält man die ins Tageslicht, so offenbart das integrierte Prisma eine fließende, harmonische Verteilung aller Lichtfarben von violett über indigo, blau, grün, gelb, orange bis rot, ähnlich wie man es vom Regenbogen kennt. Betrachtet man hiermit die Glühbirne, so ist der Farbeindruck dem des natürlichen Tages- und Sonnenlichtes sehr ähnlich. Betrachtet man die Sparlampe, eine Leuchtstoffröhre, einen Fernseh- oder Computerbildschirm - gruselig, nur noch einzelne Zacken, Farbfragmente, von natürlicher Harmonie keine Spur.

Das Flimmern von Energiesparlampen und anderen Lichtquellen kann man mit wenig Aufwand zumindest teilweise hörbar machen. Man nehme ein kleines Solarmodul oder eine Photodiode und schließe einen Lautsprecher an. Welch gewaltiger akustischer Unterschied vom Rauschen des Tageslichtes zum Brummen der Glühlampen bis hin zum verzerrten Kreischen der Sparlampen und Leuchtstoffröhren.

Es kommen bald erste Serienmessgeräte für die nieder- und höherfrequenten Flimmerfrequenzen auf den Markt. Professionell gelingt die Darstellung mit Oszilloskopen und Spektrumanalysatoren, siehe Bildbeispiele auf der folgenden Seite.

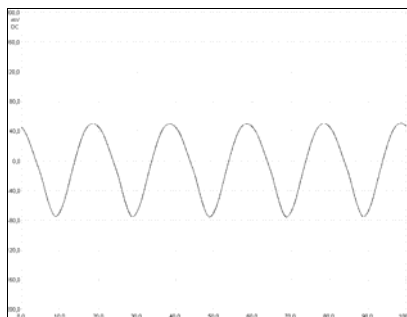
Feldstärkemessungen des elektrischen und magnetischen Elektrosmogs erledigen Sie mit den bekannten Geräten, am besten jene, welche die TCO-Computernorm erfüllen. Damit ist gewährleistet, dass sowohl die niederfrequenten Felder, ausgehend von der Netzversorgung, als auch die höherfrequenten, ausgehend von der Lampenelektronik, erfasst werden.

Die Lichthelligkeit messen Sie schon mit einem preiswerten Luxmeter aus dem Elektronikmarkt und sehen, dass 15 Watt eben doch längst nicht immer - wie von der Industrie versprochen - 75 Watt entsprechen.

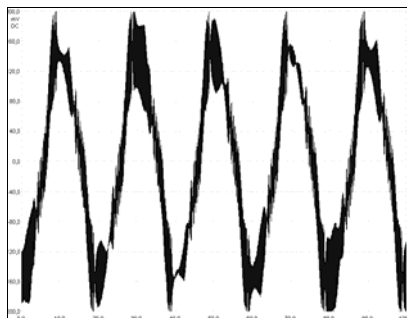
Für technisch Interessierte: Elektrosmog und Lichtflimmern im Oszilloskop und Spektrum

a) Elektrosmog

Es ist nicht nur die Elektrosmogintensität, sprich die Feldquantität, es ist auch die Feldart, die Feldqualität, die bei den Energiesparlampen so viel schlechter ausfällt, voller Oberwellen, Störfrequenzen und Spitzen, das sowohl im elektrischen als auch im magnetischen Feld. Hier gut zu sehen an den beiden per Oszilloskop aufgezeichneten Sinuskurven des elektrischen Feldes, wobei man bei allen Energiesparlampen schon gar nicht mehr von Sinus"kurven" sprechen kann, derart verzerrt und verzackt sind sie (Abbildung unten). Bei den Glühlampen sind sie dagegen vergleichsweise sauber (Abbildung oben).

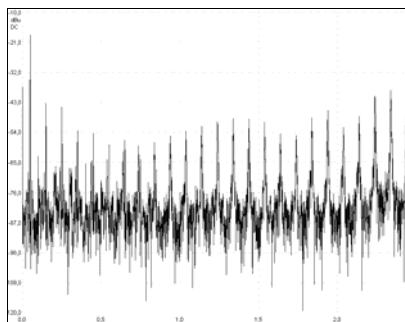


*Elektrosmog-Sinuskurve
am Beispiel der Glühlampe
Osram Classic 60 W*

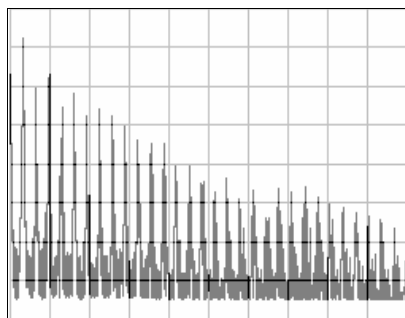


*Elektrosmog-"Sinuskurve"
am Beispiel der Energiesparlampe
Osram Dulux 12 W*

Typisch Energiesparlampe: Elektrosmog mit vielen Oberwellenfrequenzen über den gesamten Kilohertz-Bereich hinaus (Folge der Netzfrequenz) bis in den Megahertz-Bereich (Folge der Elektronikfrequenz). Als Beispiel für diesen besonderen "elektromagnetischen Schmutz" folgen zwei Spektrumanalysen. Derart zahlreiche und ausgeprägte Oberwellen wie bei den Sparlampen gibt es bei Glühlampen auch nicht.

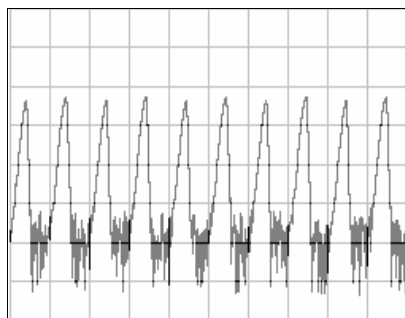


*Elektrosmog-Oberwellen
seitens der Netzfrequenz 50 Hz
(aufgezeichnet bis 2,5 kHz)
Sparlampe Megaman 11 W*



*Elektrosmog-Oberwellen
von der Betriebsfrequenz 32 kHz
(aufgezeichnet bis 1 MHz)
Sparlampe Megaman 11 W*

Und noch ein Elektrosmogproblem, das es nur bei den Energiesparlampen gibt, und zwar bei allen - gepulste 100 Hertz Frequenzen, ausgeprägt und steilflankig als Folge der im Lampensockel integrierten Betriebselektronik:



*Elektrosmog-Pulsung mit 100 Hz
Sparlampe Attralux 11 W*

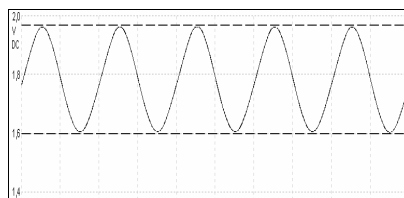
b) Lichtflimmern

Kommen wir zum Licht: Das Licht der Sparlampen flimmert heftig, sowohl im niederfrequenten Takt der Stromversorgung als auch der höherfrequenten Lampenelektronik. Auch das Licht ist gespickt voll mit Spitzen, Störsignalen, Oberwellen, sehr ähnlich wie beim Elektrosmog, etwa wie der Klirrfaktor beim Schall.

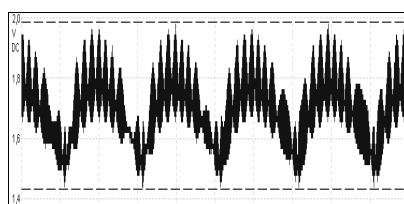
Glüh- und Halogenlicht flimmern dagegen weniger, viel weicher,

"sauberer", und das nur als Folge der Netzfrequenz. Der Flimmeranteil am Gesamtlicht beträgt bei Glüh- und Halogenbirnen - je nach Wattzahl - 10-20 %, der bei neuen Sparlampen 20-40 %, bei älteren bis 70 %. Bei LEDs sind es fast 100%, nur noch Flimmern.

Zwei Oszilloskopbilder vom typischen Lichtflackern der Sparlampen im Vergleich zur Glühlampe:

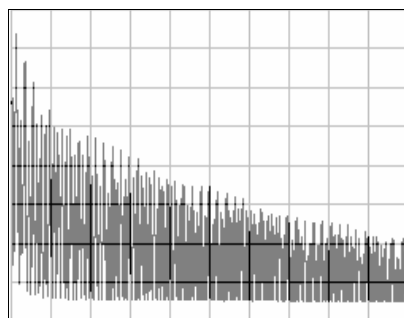


*Lichtflimmern-Sinuskurve
Glühlampe Osram Classic 60 W*



*Lichtflimmern-"Sinuskurve"
Sparlampe Tip 10 W*

Wie sich die Bilder gleichen: Wie beim Elektrosmog so auch beim Lichtflackern - Disharmonien bis in den Megahertz-Bereich. So setzen sich die "Schmutz"frequenzen des elektromagnetischen Feldes im Licht fort:



*Lichtflimmern-Oberwellen
(aufgezeichnet bis 3 MHz)
Sparlampe Philips 11 W*

Eine 30-seitige Sammlung mit kritischen Zitaten und Informationen zum Thema Energiesparlampen finden Sie im Internet unter www.baubiologie.de (IBN-Code 13328) und www.maes.de.

Unter den gleichen Adressen gibt es ergänzende Oszilloskopaufzeichnungen, Spektrumanalysen, Diagramme und Kommentare.

Beachten Sie außerdem den Bericht "Glühlampe raus - Energiesparlampe rein? - Moment mal..." in Wohnung+Gesundheit, Heft 124, Herbst 2007.