

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 105 (2014)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Wechselstrom-LED  
**Autor:** Felder, Ruedi / Hauser, Christoph  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856182>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.04.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Wechselstrom-LED

## Aufbau, Funktion und elektromagnetische Verträglichkeit

Als Edison die Glühbirne erfand, hatte er ein bestechend einfaches Konzept entdeckt, um aus Strom Licht zu machen. Sein Glühwendel konnte direkt ans Netz angeschlossen werden – ohne Vorschaltgerät. Seither wurden immer effizientere Lichttechniken entwickelt, die aber komplexe Vorschaltgeräte benötigen. Auch die LED brauchte bisher Elektronik. Gerade diese Vorschaltgeräte stellen jedoch eine Schwachstelle dar, denn sie verkürzen die Lebensdauer und reduzieren den Wirkungsgrad. Die AC-LEDs bieten da eine interessante Alternative.

Ruedi Felder, Christoph Hauser

Es überrascht nicht, dass diverse Wechselstrom-LEDs (Beispiel siehe **Bild 1**) mit unterschiedlichen Schaltungskonzepten auf den Markt kommen, die ohne Treiber direkt an die Netzspannung angeschlossen werden können. Dieser Artikel erläutert diese Konzepte und lotet Vorteile und Grenzen aus.

### Alternative ohne Vorschaltgerät

LED-Beleuchtung ist bezüglich Energieeffizienz eine der vielversprechendsten Innovationen des 21. Jahrhunderts. Ähnlich wie Leuchtstofflampen über ein Vorschaltgerät an das 230-V-Wechselspannungsnetz angeschlossen werden, muss die Gleichstrom-LED über einen Treiber ans Stromnetz angeschlossen werden. Dieser Treiber wird oft auch als Betriebsgerät, Ansteuerungselektronik oder Netzteil bezeichnet. Er erzeugt aus der Wechselspannung die für die LED-Module erforderliche DC-Niederspannung.

Solche Betriebsgeräte reduzieren die Zuverlässigkeit, die Lebensdauer und den Wirkungsgrad der LED-Beleuchtung und erhöhen deren Kosten und Komplexität. Die in Netzteilen eingesetzten Komponenten, insbesondere die Elektrolytkondensatoren, haben nur eine begrenzte Lebensdauer.

Das Zuverlässigkeitsproblem ist bei Retrofit-Ersatzlampen am kritischsten, da wegen der engen Platzverhältnisse Kompromisse bezüglich der Grösse und Leistungsfähigkeit der Komponenten eingegangen werden. Solche Retrofitlösungen weisen zudem oft einen niedrigen

Leistungsfaktor auf, der unter 0,6 liegen kann. Schliesslich funktioniert auch das Dimmen mittels Phasenanschnitt- oder Phasenabschnittsteuerung bei diesen LEDs mit preisgünstigen Treibern oft nicht.

Um Betriebsgeräte und die mit ihnen verbundenen Herausforderungen zu vermeiden, könnte man beispielsweise parallel zum Wechselspannungsnetz ein 24-V-Gleichspannungsnetz aufbauen. Die hohen Mehrkosten rechtfertigen diesen Aufwand jedoch kaum.

### Eine neue Topologie als Lösung

Statt ein DC-Stromnetz zu erstellen, kann man die LEDs so konzipieren, dass sie sich direkt an Wechselstrom anschliessen lassen. AC-LEDs gibt es aber eigentlich nicht, denn Leuchtdioden können den Strom stets nur in eine Richtung

führen. Um LEDs an ein Wechselspannungsnetz anzuschliessen, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

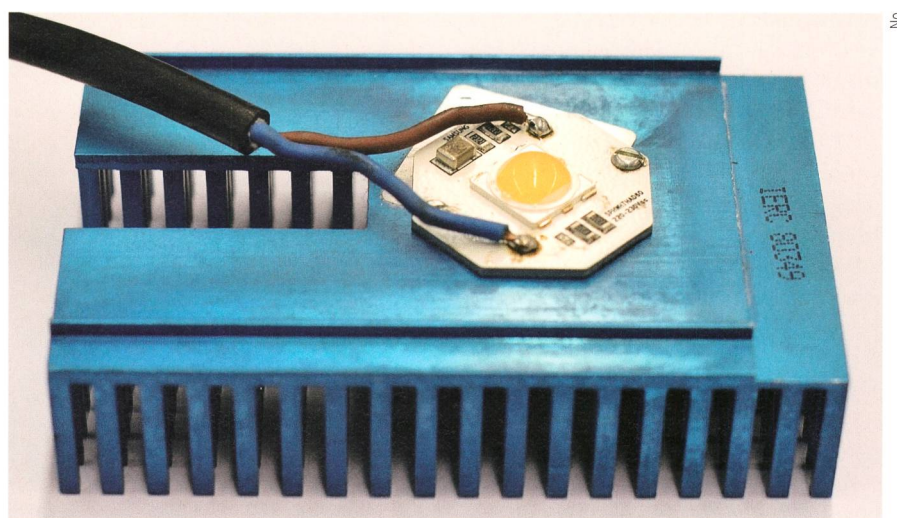
- Die gesamte Vorwärtsspannung der in Serie geschalteten LEDs muss vergleichbar mit dem Spitzenwert der Wechselspannung sein.
- Die Rückwärtsspannung auf die LEDs darf nicht zu gross sein.
- Die Stromspitze auf die LEDs darf nicht zu hoch sein.

Die beiden ersten Bedingungen können durch unterschiedliche Topologien (**Bild 2**) erreicht werden, entweder durch eine externe Gleichrichtung mit Dioden-Brückenschaltung oder mittels interner Gleichrichtung über eine LED-Brückenschaltung. Bei Letzterer wird die Gleichrichtung entweder über eine antiparallele LED-Schaltung oder über eine hybride Matrix-LED-Schaltung erreicht.

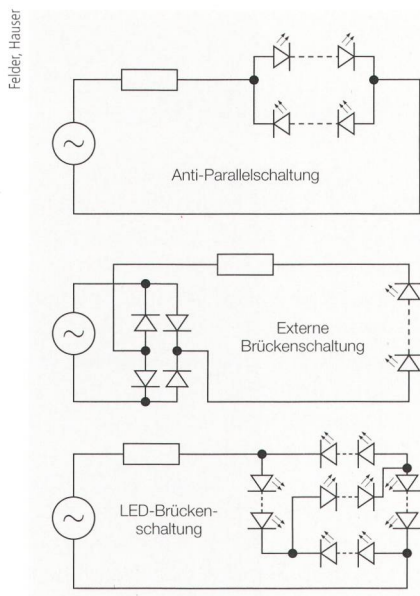
Bei der Antiparallelschaltung werden die LEDs nur mit einer Halbwelle betrieben. Es müssen also doppelt so viele LEDs verwendet werden wie bei einer externen Gleichrichtung, bei der LEDs mit einem gepulsten DC-Modus betrieben werden.

Bei der externen Gleichrichtung verliert man über der Siliziumdiodenbrücke etwa 1,6 V. Im Gegensatz zu Niederspannungssystemen fällt dieser Spannungsabfall bei einer 230-V-Netzspannung aber kaum ins Gewicht.

Bei diesen Schaltungen wird der Strom meistens über einen Vorwiderstand (Ballastwiderstand) begrenzt.



**Bild 1** Eine AC-LED von Samsung auf Kühlkörper (Laboraufbau).



**Bild 2** Typologien der verschiedenen AC-LED-Schaltungen.

AC-LEDs stellen netzteillose LED-Leuchtmittel dar, die ein lineares Verhältnis zwischen der Dimmerposition und der abgegebenen Lichtstärke in Lumen aufweisen. Sie können also beispielsweise mit Phasenschnittsteuerungen gedimmt werden.

Bei der AC-LED entfallen zwar die Kosten für die Netzteile, die LED-Module sind jedoch teurer, da eine grössere Anzahl LED-Chips (Englisch: «die») auf demselben LED-Modul mit dem gleichen Lichtstrom verbaut werden müssen. Zudem sind heute die Absätze dieser AC-LED-Module marginal, was die Preise noch hoch hält.

**Wirkungsgrad**

Grundsätzlich haben mit Gleichstrom gesteuerte LED-Leuchten einen höheren Wirkungsgrad, da sie mit einem konstanten Strom angesteuert werden und somit auch einen konstanten Lichtstrom erzeugen. Im Gegensatz dazu wird der gepulste Sinusstrom bei den AC-LEDs im Nulldurchgang für eine gewisse Zeit unterbrochen, bis die LED über die Schwellenspannung in Durchlassrichtung wieder leuchtet. Dies reduziert die Lichtausbeute um fast 20%. Zudem wird bei vielen AC-LED-Konzepten ein Vorschaltwiderstand zur Strombegrenzung eingesetzt, der den Wirkungsgrad zusätzlich reduziert. Dieser Verlust bei der Wechselstromvariante wird durch die Verlustleistung der Netzgeräte, die für DC-LED-Lösungen benötigt werden, mindestens teilweise wieder kompensiert.

**Flackern**

Der gleichgerichtete 100-Hz-Sinus hat praktisch die gleiche Lichtwirkung wie eine Leuchtstoffröhre, bei der das Flackern nicht wirklich sichtbar ist. Wichtig ist jedoch, dass die LED nach dem Nulldurchgang möglichst bald «zündet». Bei einer Halbwelle von 10 ms sollte die LED mindestens 9 ms leuchten.

Eine interessante Lösung diesbezüglich bietet SSC Seoul Semiconductor mit ihrer Acrich2 (Bild 3). Dort werden LEDs zu unterschiedlichen Zeiten zusammengeschaltet (Bild 4). Dabei verhalten sich die einzelnen Ausgänge des IC wie Konstantstromquellen, die nach dem Erreichen bestimmter Spannungspegel beim Spannungsanstieg geschaltet werden. So wird ein Ausgang nach dem andern eingeschaltet, bis alle an sind.

In einer LED-Gruppe sind jeweils mehrere LEDs in Reihe geschaltet. Es werden verschiedene LED-Typen implementiert, die sich u.a. in der Vorwärtsspannung unterscheiden.

Bei der mit 22 V betriebenen Gruppe sind 3 LEDs seriell geschaltet, bei der 13-V-LED sind es 2 LEDs und bei der 32,5-V-LED 5 LEDs. Somit besteht jede Gruppe aus einer Reihenschaltung mehrerer LEDs (abhängig von der Vorwärtsspannung der einzelnen LEDs). Bei dieser Lösung fällt die Dunkelphase sehr kurz aus (Bild 4).

**Einsatzgebiete**

AC-LEDs eignen sich dort, wo wenig Platz für das Netzteil vorhanden ist, beispielsweise bei Retrofit-LED-Leuchten oder bei Ersatz-FL-Röhren, bei denen die LED-Chips auf einer langen Platine angeordnet sind und für die Treiberelektronik nur wenig Platz vorhanden ist.

**EMV bei AC-LEDs**

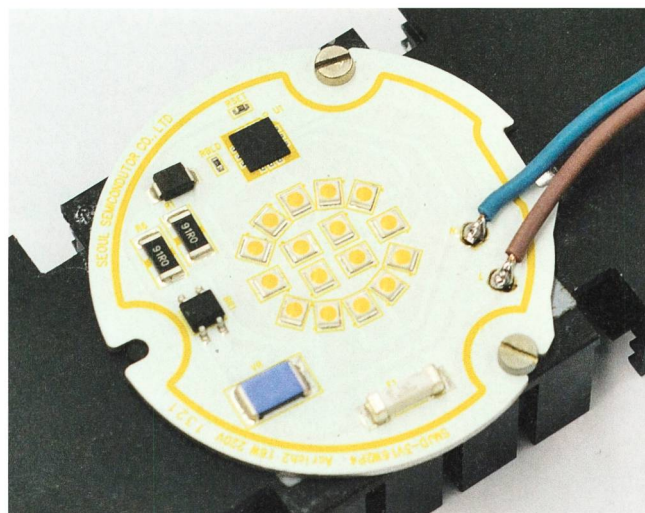
Jedes elektrische Gerät erzeugt einerseits elektromagnetische Aussendungen (Emission) und kann andererseits mehr oder weniger durch elektrische und elektromagnetische Störungen beeinflusst werden (Immunität). Diese Beeinflussung zwischen Geräten wird als elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) bezeichnet. Für die Einwirkung der elektromagnetischen Aussendungen auf die Biologie hat sich der Begriff EMF (elektromagnetische Felder) eingebürgert. Tabelle 1 führt die für die EMV und EMF von Leuchten relevanten Produktnormen auf.

Von den diversen EMV-Phänomenen sind bei Retrofit-LEDs und AC-LEDs vor allem geleitete Störungen, gestrahlte Störungen, Erzeugung von Oberwellen (Harmonische) und die Immunität gegen Impulsstörungen interessant. Generell gilt: je mehr Elektronik, desto mehr EMV-Probleme.

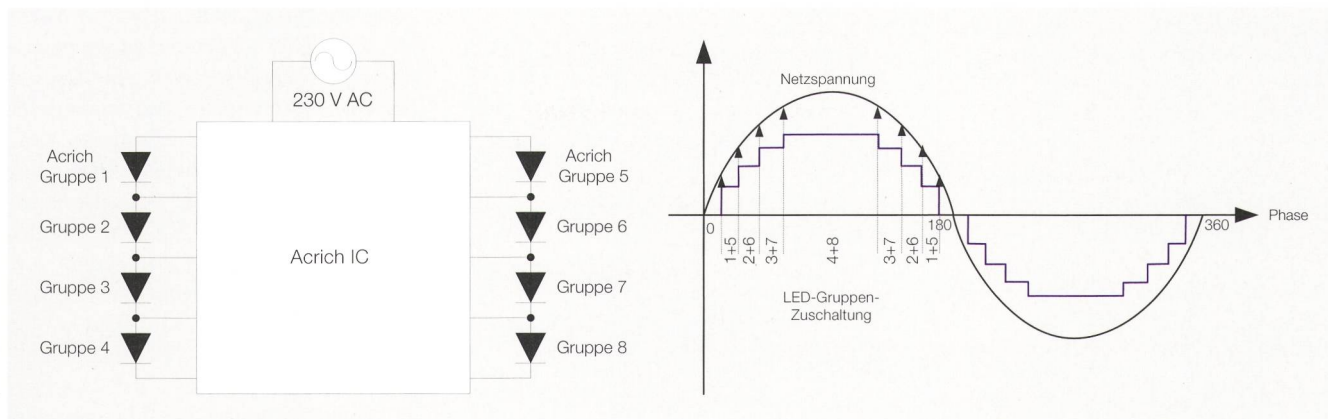
Um sich eine Vorstellung zu verschaffen, wie die Situation bei AC-LEDs bezüglich der EMV-Thematik aussieht, wurden im EMV-Labor von Electrosuisse AC- und andere LEDs der Hersteller Philips, LG, Samsung, Osram, Segula, Conrad, Toshiba Micronetics, XQ-Lite, Lightway, Panasonic, Sunlux und Seoul Semiconductor getestet und ausgemessen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die getesteten Varianten. Da die Stichprobengrösse nicht repräsentativ ist, wurde bewusst auf die Angabe des jeweiligen Typs verzichtet. Man erhält trotzdem einen wertvollen Einblick in Stärken und Schwächen der AC-LEDs.

**Störstrahlung**

Eine Glühbirne erzeugt weder geleitete noch gestrahlte Störungen. Bei den AC-LEDs, die nur über eine passive Be-



**Bild 3** Acrich2 AC-LED (Laboraufbau).



Seoul Semiconductor

**Bild 4** Schema und Schalttiming der Acrich2-LED.

schaltung verfügen, wurde das gleiche Verhalten erwartet und bestätigt. Keine der drei gemessenen, passiv beschalteten AC-LEDs emittierte Störstrahlung.

Von den 13 gemessenen Produkten mit aktiver Elektronik überschritt nur ein Produkt die Limite. Die meisten der anderen Lampen mit aktiver Elektronik hielten die Limite knapp ein, einige wenige auch mit guter Reserve (**Bild 5**).

Eines der Produkte, das aufgrund der Messungen als eine technische Lösung mit nur wenig Elektronik interpretiert werden kann, aber dennoch keine reine AC-LED darstellt, zeigte nur wenig Emissionen.

**Störspannung**

Für die Beurteilung der geleiteten Emission wird die über das Netzkabel übertragene Störspannung gemessen. AC-LEDs mit passiver Beschaltung haben deutliche Vorteile, denn die Störspannung wird mit viel Reserve erfüllt.

Bei Retrofit-LEDs mit integriertem Schaltregler sieht dies anders aus. Die für ein verlustarmes Schalten erforderlichen steilen Flanken haben trotz der relativ geringen Leistung von einigen Watt ein hohes Störpotenzial.

Die äusserst knappe Erfüllung der Limite (**Bild 6**) überrascht nicht, denn wegen des immensen Kostendrucks bauen die

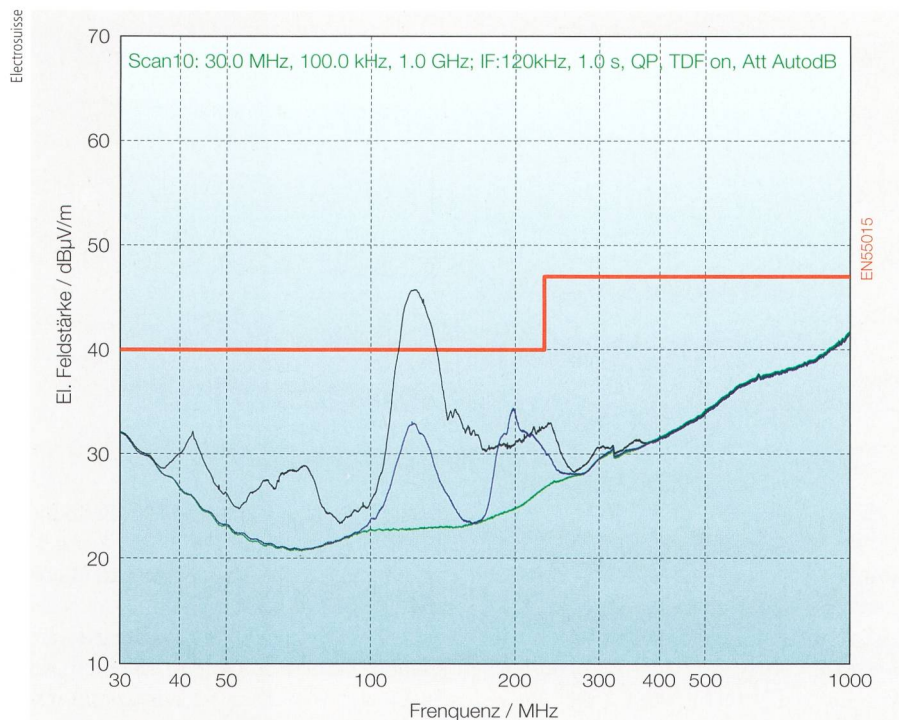
Hersteller nur das absolute Minimum an Entstörkomponenten ein, oft in mangelhafter Qualität. Die gute Lebensdauer der LED ist dann gepaart mit einer Vorschalt elektronik, welche die Anforderungen nur knapp erfüllt und zudem eine viel höhere Ausfallwahrscheinlichkeit aufweist. Auch

Norm	Thema
EN 55015 / CISPR 15	Emission
EN / IEC 61547	Immunität
EN / IEC 61000-3-2	Harmonische
EN / IEC 61000-3-3	Flicker
EN / IEC 62493	EMF

**Tabelle 1** Für Leuchten relevante Normen.

Nr.	Typ	Leistung W	Lichtstrom lm	Störstrahlung	Störspannung	EMF-Faktor	Harmonics C < 25 W	Surge	Immunität Flicker
01	Retrofit-LED	12,8	810	nicht erfüllt	nicht erfüllt	0,082	Fail	2000 V	sehr hoch
02	Retrofit-LED	7,5	450	erfüllt	erfüllt	0,026	Pass	2000 V	hoch
03	Retrofit-LED	7,2	490	gut	gut	0,022	Pass	2000 V	sehr hoch
04	Retrofit-LED	12	810	erfüllt	erfüllt	0,03	Pass	500 V	hoch
05	Retrofit-LED	6	350	sehr gut	knapp erfüllt	0,034	Fail	800 V	sehr hoch
06	Retrofit-LED	2,7	136	sehr gut	sehr gut	0,02	Fail	2000 V	hoch
07	Retrofit-LED	4,5	170	knapp erfüllt	gut	0,022	Fail	2000 V	sehr hoch
08	Retrofit-LED	1,3	45	sehr gut	sehr gut	0,02	Fail	1500 V	gering
09	Retrofit-LED	10	806	sehr gut	erfüllt	0,044	Pass	2000 V	sehr hoch
10	Retrofit-LED	7,7	470	gut	erfüllt	0,03	Pass	1000 V	sehr hoch
11	Retrofit-LED	6	250	sehr gut	knapp erfüllt	0,019	Fail	1500 V	sehr hoch
12	Retrofit-LED	8	470	knapp erfüllt	knapp erfüllt	0,038	Fail	500 V	sehr hoch
13	Retrofit-LED	6	480	sehr gut	sehr gut	0,02	Fail	1500 V	sehr hoch
18	Retrofit-LED	6,4	470	gut	gut	0,018	Fail	2000 V	sehr hoch
20	Retrofit-LED	4	180	sehr gut	sehr gut		Pass	2000 V	
16	AC-LED	6	400	sehr gut	sehr gut	0,017	Pass	1500 V	gering
17	AC-LED mit Elektronik	16	1250	sehr gut	sehr gut	0,017	Pass	1000 V	sehr gering
14	Energiesparlampe	15	800	sehr gut	gut	0,101	Fail	1000 V	sehr hoch
15	Energiesparlampe	11	540	sehr gut	gut	0,096	Fail	1000 V	sehr hoch
0	Glühbirne 53 W	53	850	sehr gut	sehr gut	0,017	Pass	2000 V	hoch
19	Glühbirne 60 W matt	60	840	sehr gut	sehr gut	0,017	Pass	1500 V	hoch
21	Halogen 28 W	28	520	sehr gut	sehr gut	0,017	Pass	2000 V	hoch

**Tabelle 2** Untersuchte LEDs zahlreicher Hersteller mit ermitteltem EMF-Formfaktor und Resultate der EMV-Prüfungen.



**Bild 5** Störstrahlung bei Glühbirne (grün), LED 18 (blau) und LED 01 (schwarz).

wenn der Wirkungsgrad gegenüber der Glühbirne um Faktoren besser ist, werden die elektronischen Bauteile in der Retrofit-LED sehr heiss. Dies verkürzt die Lebensdauer zusätzlich.

Hier liegen Wechselstrom-LED-Konzepte klar im Vorteil. Die Emissionen liegen weit unter den Limiten und jedes Bauteil, auf das verzichtet wurde, erhöht die Lebensdauer und senkt die Kosten (**Bild 7**).

**EMF**

Erst seit ein paar Jahren gibt es für Leuchten EMF-Anforderungen. Durch die gegenüber anderen Geräten umfangreicheren Messungen der EMV-Prüfung muss für den Nachweis nur noch das elektrische Feld im Bereich von 20 kHz bis 10 MHz gemessen werden (**Bild 8**). Das Resultat einer Auswertung nach IEC/EN 62493 ist ein als Faktor F bezeichneter, dimensionsloser Wert, der nicht höher als 0,85 sein darf (**Tabelle 2**).

Die Resultate der EMF-Messungen bei AC-LEDs sind sehr erfreulich, obwohl die Messdistanz mit 30 cm kurz gewählt wurde. Bei einer Schreibtisch- oder Nachttischlampe mag der tatsächliche Gebrauchsabstand so nahe sein, die typische Entfernung des Leuchtmittels zum Kopf ist aber in der Praxis wesentlich grösser.

Die biologische Wirkung aller gemessenen Leuchtmittel ist gering. Bei den AC-LED ist sie sehr nahe bei den Glühbirnen, bei aktiven Systemen geringer als bei Energiesparlampen.

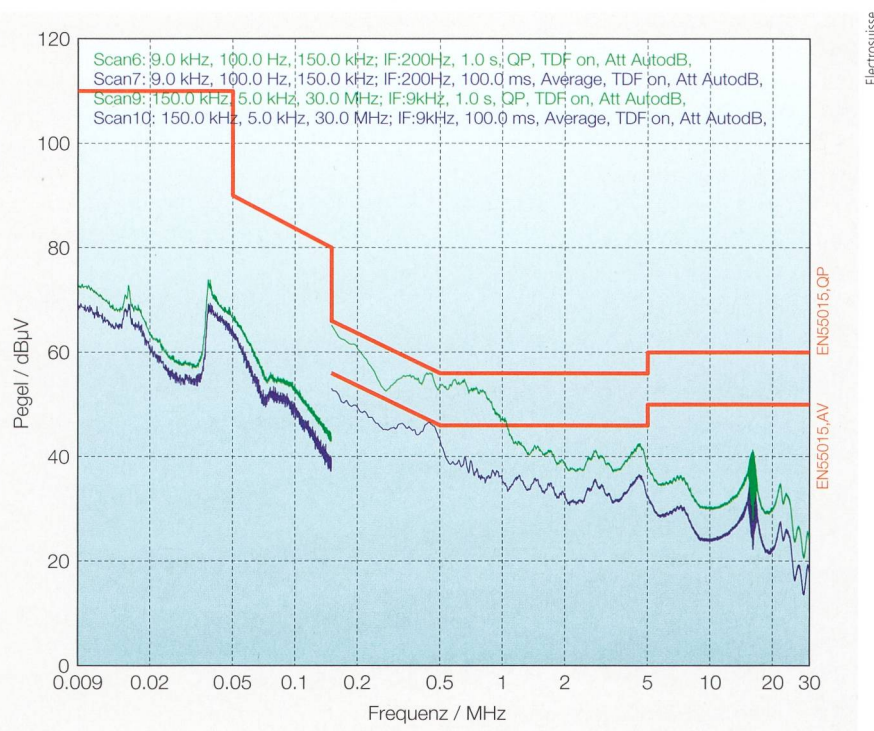
**Harmonische**

Jede nichtlineare Stromentnahme aus dem Versorgungsnetz führt zur Erzeugung von Harmonischen der 50-Hz-Netzfrequenz. Streng genommen gilt dies auch für die Glühbirne, da der Wolframwendel einen Kaltleiter darstellt. Der Anteil der Oberschwingungen ist aber sehr gering und deshalb vernachlässigbar.

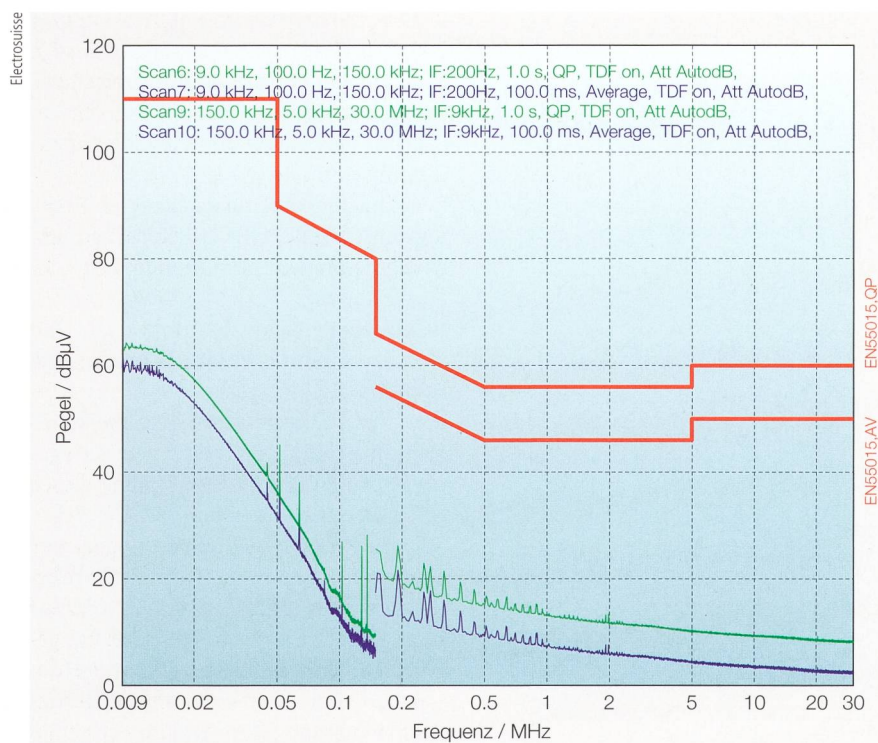
Die Messung erfolgt nach der Norm IEC/EN 61000-3-2 mit den Grenzwerten der Klasse C für Beleuchtungseinrichtungen. Diese Grenzwerte sind dynamisch, d.h. sie werden von der effektiven Wirkleistungsaufnahme abgeleitet. Bei einer Leistung von mehr als 25 W ist die Norm für alle Arten von Leuchtmitteln anwendbar und die Limiten müssen von allen Technologien eingehalten werden.

Für eine Leistungsaufnahme unter 25 W ist die normative Bewertung zurzeit noch nicht juristisch wirksam möglich, weil die Grenzwerte für eine Leistungsaufnahme unter 25 W nur für Entladungslampen gelten. Aufgrund dieser Normlücke ist die Messung und Beurteilung für LEDs mit kleiner Leistung nur als Interpretation oder informativ möglich. Es gibt zwar schon seit Jahren einen Normentwurf mit der Forderung, generell ab 5 W Leistungsaufnahme die gleichen Grenzwerte wie für Entladungslampen < 25 W anzuwenden. Bisher gelang es aber noch nicht, einen Konsens oder Beschluss zu erreichen. Auch das nächste Amendment der Norm EN/IEC 61000-3-2 wird leider ohne Integration der LED-Technologie erscheinen.

Bei Retrofit- und AC-LEDs werden je nach Schaltungstechnik mehr oder weniger Harmonische erzeugt. Ein Schaltregler mit aktiver PFC (Power Factor Correction) würde sehr wenige Harmonische erzeugen, allerdings mit nicht unerheblichen



**Bild 6** Störspannung der Retrofit-LED 01. Die äusserst knappe Erfüllung der Limite überrascht nicht, denn oft werden die preisgünstigsten Komponenten verwendet.



**Bild 7** Bezüglich Störspannung erreicht die AC-LED 13 sehr gute Werte.

chem Aufwand für die Elektronik. Bei der geringen Leistungsaufnahme der Retrofit-LED sind aber auch Lösungen mit passiven Elementen möglich.

Von allen betrachteten Retrofit-LEDs erfüllen etwa die Hälfte die informativ gemessenen Harmonischen mit den Klasse C Limiten für < 25 W. Bei den AC-LEDs können die Grenzwerte der Klasse C mit Zusatzbeschaltung von Widerständen und Kondensatoren erreicht werden, dies reduziert allerdings den Gesamtwirkungsgrad geringfügig.

Die neuen Konzepte der AC-LED ergeben bei den Harmonischen gute Werte. Das Product Acrich2 mit den geschalteten LED-Gruppen ergibt sogar sehr gute Resultate. Die Stromentnahme aus dem Netz ist derart nahe am idealen Sinus, dass nicht nur die informativen Grenzwerte für Klasse C < 25 W eingehalten werden, sondern sogar gesamthaft alle Harmonischen, obwohl sie auf die Wirkleistung von 18 W herunterkaliert werden (**Bild 9**).

### Surge-Immunität

Einen energiereichen Impuls auf der Netzspannung, wie er bei einem Blitzeinschlag ins Versorgungsnetz auftreten kann, quittiert eine Glühbirne meistens gelassen mit kurzzeitig hellerem Licht, im schlimmsten Fall mit Durchbrennen des Wendels, wie dies auch bei Erreichen der Lebensdauer im Normalbetrieb auftreten kann. Die Rest-Impulsspannung in der

Energieverteilung eines Hauses, wie sie bei einem Blitzeinschlag auftritt, wird mit einem sogenannten Surge-Impuls simuliert.

Die Immunitätsnorm für Leuchten enthält hierfür eine herstellerfreundliche Besonderheit. Anstelle einer im Haushaltsbereich üblichen Prüfspannung von 1000 V werden Leuchten mit einer Leistung unter 25 W mit lediglich 500 V geprüft.

Für die Messreihe Surge wurde erwartet, dass einige Produkte schon früh ausfallen. Ausgehend von der Normprüfung mit je fünf Impulsen von +500 V und -500 V wurde die Prüfspannung schrittweise auf 800 V, 1000 V, 1500 V und 2000 V erhöht. Bei all diesen zusätzlichen Prüfungen wurden alle Phasenwinkel von 0°, 90°, 180° und 270° mit jeweils fünf Impulsen geprüft, pro Spannung also 40 Impulse appliziert.

Das Resultat ist erfreulich. Nur zwei der geprüften Produkte begnügen sich mit dem normativen Minimum und auch nur ein einziges Produkt ging bei 1000 V defekt.



**Bild 8** Messung der elektromagn. Felder einer Retrofit-LED.

Die Hälfte überstand sogar einen kompletten Durchgang bis zur Prüfspannung 2000 V und ist damit auch im Aussenbereich oder für Industriernetze mit hohem Störpotenzial tauglich.

Zusammen mit einem installationsseitigen Grobschutz kann die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Leuchtmittel noch erhöht werden.

### Flicker-Immunität

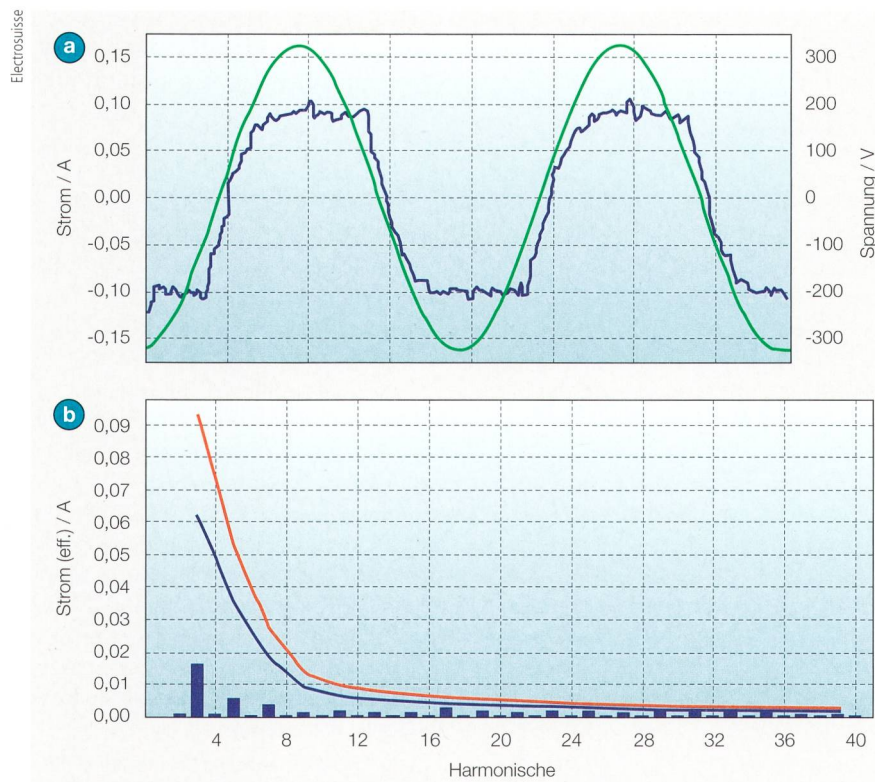
Flicker ist vor allem bei Produkten mit mittlerer und hoher Leistung ein Thema. Ein Gerät darf die Netzspannung nur beschränkt mit Änderungen der Leistungsentnahme beeinflussen. Diese Art der Netzurückwirkungen ist mit der Flickerkurve genormt. Die auf Basis der 60-W-Glühbirne empirisch ermittelte Kurve entspricht der Belästigungsgrenze von Helligkeitsunterschieden auf das menschliche Auge und deren bewusste und unbewusste Wahrnehmung.

Es ist technisch nicht möglich, mit Geräten oder Leuchtmitteln mit einer Leistungsaufnahme bis zu einigen 100 W die Grenzwerte der Netzbeeinflussung zu erreichen.

Hingegen ist bei Leuchtmitteln die umgekehrte Betrachtung für den Vergleich der verschiedenen Technologien sehr interessant. Ziel der Untersuchungen war es, die Flickerempfindlichkeit der verschiedenen LED-Leuchtmittel untereinander und mit der Referenzglühbirne 60 W sowie Energiesparlampe qualitativ zu beurteilen.

Die Änderung der Helligkeit beim normalen 50-Hz-Sinus der Netzspannung wurde zuerst untersucht. Glühbirnen erzeugen zwar erwartungsgemäss Helligkeitsänderungen von 100 Hz, die Helligkeit geht aber nicht auf null zurück aufgrund des Nachleuchtens des Wolframwendels.

Die meisten Retrofit-LEDs mit Schaltregler zeigen wenig bis gar keine Helligkeitsänderungen, da die Ansteuerung der LEDs selbst mit einem geregelten Gleichstrom erfolgt.



**Bild 9** Stromverlauf und Harmonische bei Acric2.

Die Energiesparlampen zeigen ebenfalls nur geringe Änderungen des Lichts, in gleicher Grössenordnung wie bei der Glühbirne.

Bei der AC-LED zeigt sich nun ein Nachteil. Im Vergleich zu den anderen Technologien beeinflussen Spannungsänderungen die Lichtstärke deutlicher. Bei der Netzfrequenz 50 Hz ist dies zwar messbar, aber für den Menschen nicht sichtbar.

Die Norm EN/IEC 61000-4-15 enthält Tabellen für die erlaubten Netzspannungsänderungen in Abhängigkeit der Änderungsfrequenz, sowohl für sinus- als auch rechteckförmige Modulation.

Um eine qualitative Aussage der Flickerempfindlichkeit von Retrofit-LEDs oder AC-LEDs im Vergleich zur Referenzglühlampe zu erhalten, wurden die Helligkeitsänderungen an zwei Punkten untersucht. Dabei gab es zwei überraschende Erkenntnisse:

- Bei den Flickeruntersuchungen fiel auf, dass unabhängig von der Technologie des Leuchtmittels die Modulation mit 25 Hz und einer Spannungsänderung von 1% viel stärker bemerkbar war als der gemäss Norm vermeintlich kritische Punkt bei 8,8 Hz mit 0,29%.
- Interessanterweise zeigten auch einige Retrofit-LED mit eingebautem Schaltregler Schwächen bei diesen niederfrequenten Störgrössen.

### Zusammenfassung

Wechselspannungs- oder AC-LEDs sind im Moment noch ein Nischenprodukt. Es gibt aber bereits mehrere Hersteller mit unterschiedlichen Ansätzen auf dem Markt. Durch das Wegfallen der Treiberelektronik und den Elektrolytkondensatoren entfallen die schwächsten Glieder des Schaltreglers für LED-Beleuchtungssysteme. Die wenigen benötigten passiven Bauelemente und Halbleiter können kostengünstig und trotzdem robust ausgelegt werden.

Die Emissionswerte für EMV und EMF sind sehr gut oder sogar an der Messgrenze, Harmonische werden nur wenig erzeugt, der grösste Teil der geprüften Wechselstrom-LEDs ist zudem dimmbar.

Durch die ohnehin eingebauten Impedanzen erreichen die meisten Produkte eine gute bis sehr gute Immunität gegen Surge-Impulse.

Einziges Schwachpunkt ist die Flickerempfindlichkeit. Durch die schnelle Reaktionszeit der LED werden Spannungsänderungen meist direkt in Helligkeitsänderungen umgesetzt. Die modernen Prinzipien vermögen dies etwas abzdämpfen, das absolut gleichmässige Licht einiger der geprüften Retro-Fit-LED mit Schaltregler wird aber nicht erreicht. Allerdings zeigten auch einige der Retrofit-Leuchten Schwächen bei bestimmten Frequenzen der Netzspannungsänderungen. Für viele Anwendungsbereiche spielt die Flickerempfindlichkeit der AC-LEDs jedoch keine grosse Rolle.

### Literatur

- Bob Kottritsch, Driverless LED light engines, Lynk Labs Inc, 2012.
- Lorenz Bauer, «Wenn die LED auf Wechselspannung trifft», Elektronikpraxis, LED-Beleuchtungstechnik, Oktober 2012, S. 11–12.

### Angaben zu den Autoren

**Ruedi Felder**, El.Ing. FH, ist Sekretär der Informationstechnischen Gesellschaft von Electrosuisse.

Electrosuisse, 8320 Fehraltorf,  
ruedi.felder@electrosuisse.ch

**Christoph Hauser**, El.Ing. FH, ist Leiter des EMV-Teams im Bereich «Industrie und Handel» von Electrosuisse.

christoph.hauser@electrosuisse.ch

### Résumé

#### Les LED à courant alternatif

##### Structure, fonction et compatibilité électromagnétique

Les LED à courant alternatif constituent encore un produit de niche à l'heure actuelle. La suppression du pilotage électronique et des condensateurs électrolytiques permet d'éliminer les éléments les plus faibles des luminaires LED. En outre, les quelques composants encore requis peuvent être conçus de manière peu onéreuse et malgré tout robuste.

D'après les analyses du laboratoire CEM d'Electrosuisse, les émissions relatives à la compatibilité et aux champs électromagnétiques présentent un niveau très satisfaisant. Une quantité très faible d'harmoniques est générée et la majorité des LED à courant alternatif testées disposent d'une possibilité de variation d'intensité. Par ailleurs, la plupart des produits présentent également une bonne, voire très bonne résistance aux tensions de choc grâce aux impédances intégrées.

Leur seul point faible réside dans la sensibilité au papillotement. Le temps de réaction rapide des LED entraîne la plupart du temps la transformation des variations de tension directement en variations de luminosité. En effet, quelques-uns des luminaires retrofit montrent quelques signes de faiblesse à certaines fréquences de variation de la tension du réseau. Cependant la sensibilité au papillotement des LED en courant alternatif ne joue qu'un rôle mineur pour un grand nombre de domaines d'application.

No