

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 104 (2013)

**Heft:** 1

**Artikel:** Möglichkeiten und Grenzen des Dimmens von LED-Leuchten

**Autor:** Radecker, Matthias

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-856442>

### **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:** 10.01.2026

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

# Möglichkeiten und Grenzen des Dimmens von LED-Leuchten

## Eine Übersicht über VorschaltelElektronik-Konzepte

Mit dem Aufkommen von kostengünstigen LEDs vor etwa 10 Jahren eroberten diese neben Spezialanwendungen und Armaturenbeleuchtungen zunehmend auch die Beleuchtungsmärkte. Die Dimmbarkeit stellt dabei eine Herausforderung dar, denn der technische Aufwand der VorschaltelElektronik, um eine Dimmbarkeit an sämtlichen heute verfügbaren Phasendimmern (Wanddimmern) zu ermöglichen, ist nicht immer gerechtfertigt. Die Übertragung der Dimm-Steuerimpulse über die Netzleitung stellt eine interessante Alternative dar.

**Matthias Radecker**

Die Argumente für LED-Leuchten als Glühlampenersatz sind nicht von der Hand zu weisen, zumal LEDs als Lichtquellen das höchste Energieeinsparpotenzial besitzen und sogar Kompakt-Fluoreszenz-Lampen (CFL) noch geringfügig übertreffen. Besonders attraktiv sind die weiterhin fallenden Produktionskosten, die Vermeidung giftiger Materialien wie Quecksilber in CFL sowie die gegenüber den CFL elektrisch einfachere Ansteuerelektronik.

Zwei Aspekte werden dazu immer wieder von Entwicklern und Herstellern der LED-Elektronik betrachtet: Sollen LEDs einerseits das ohmsche Verhalten der Glühlampen und somit einen hohen Leistungsfaktor aufweisen, um dem Gesetzgeber bei höheren Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit vorfristig entgegenzu-

kommen? Und sollen LEDs andererseits eine universelle Dimmbarkeit an handelsüblichen, der EMV eher zuwiderlaufenden Phasendimmern zulassen, und somit alle Eigenschaften von Glühlampen bei deutlich kleinerer Leistung erreichen?

Zudem ist die Frage zu stellen, wie sich eine universelle Dimmbarkeit und ein hoher Leistungsfaktor auf die Baugrösse als Mass der Miniaturisierung sowie auf die Kosten von LED-Netzschaltgeräten auswirken, und ob das Dimmen mit handelsüblichen Wanddimmern aus EMV-Gründen nicht besser durch eine netzgebundene Steuerimpulsübertragung erfolgen soll. Hierzu haben die Firmen Insta und Osram eine Schnittstelle definiert, die das Dimmen zukünftig nicht nur einfacher bezüglich der VorschaltelElektronik machen könnte,

sondern ebenso den hohen Anteil an Netzstörungen bei Verwendung von Phasendimmern deutlich reduzieren würde. Dieser Standard wurde unter dem Namen «Ledotron» bekannt.

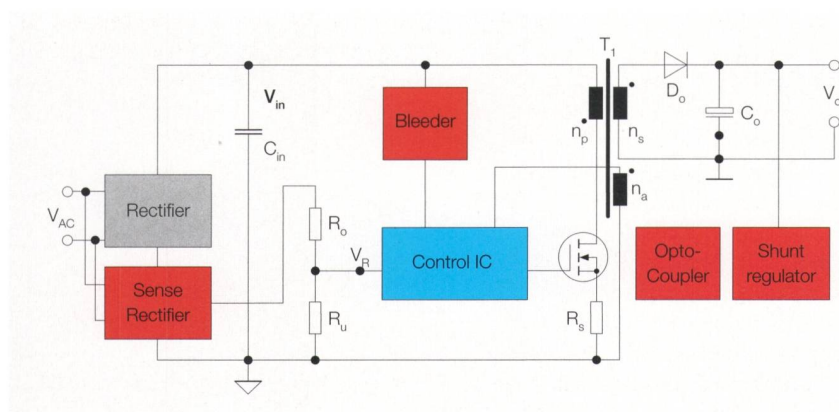
### Heutige Lösungen

Die meisten Hersteller von integrierten Ansteuerschaltungen für LEDs haben sich auf eine universelle Dimmbarkeit bei gleichzeitig hohem Leistungsfaktor in ihren Produkten festgelegt. Ein hoher Leistungsfaktor wird auf einfache Weise erreicht, indem der Leistungskonverter in der sogenannten Netzlücke kurzzeitig aussetzt und der ausgangsseitige Pufferkondensator die Versorgung der LED überbrückt.

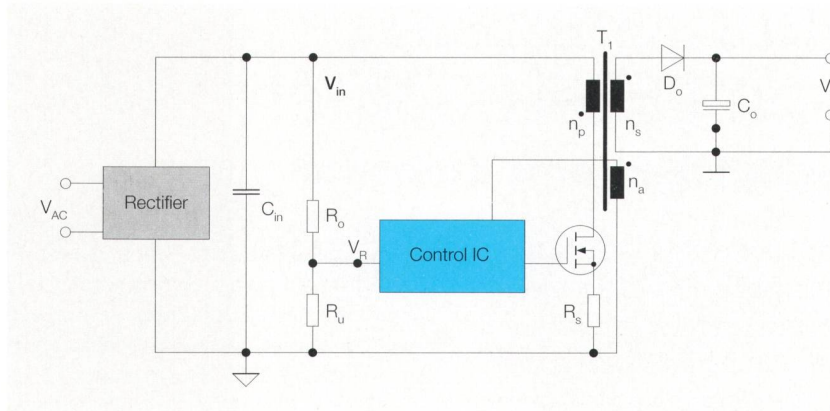
Wegen der geringen Leistung der LEDs ist aber die Dimmbarkeit gegenüber der von Glühlampen bei Phasendimmern mit hohem Haltestrom begrenzt. In manchen Fällen können die im Dimmer verwendeten Thyristoren nicht zünden, da deren Mindeststrom wegen der geringen Leistungsaufnahme der LED-Leuchte nicht erreicht wird, oder die Thyristoren verlöschen wieder und es kommt zu einem Flackern.

In Bild 1 ist eine herkömmliche Schaltungsanordnung mit allen Funktionsblöcken für das Dimmen mit Phasendimmern und einer sekundärseitigen Regelung des LED-Stromes mittels galvanisch trennender Rückkopplung über einen Optokoppler gezeigt.

In modernen Elektronik wird heute in allen Fällen eine Primärregelung des LED-Stromes oder der LED-Leistung verwendet, so dass lebensdauerbegrenzende Bausteine (Optokoppler, Shunt-Regulator) entfallen können. Ebenfalls möchte man zusätzlichen Aufwand für die Erfassung der aktuellen Phase des Dimmers vermeiden (Sense Rectifier) und verwendet stattdessen eine integrierte Eingangsspannungsüberwachung, beispielsweise über Pin  $V_R$ , wie in Bild 2 gezeigt. Um die Funktion des Dimmers zu gewährleisten, wird ein Ableitwiderstand benötigt, ein sogenannter «Bleeder», dessen Fehlen zu Fehlfunktionen bei einer Reihe von Dimmern führen kann, wenn kein ausreichend



**Bild 1** Prinzip eines LED-Vorschaltgerätes.



**Bild 2** Einfaches Blockschaltbild eines LED-Netzvorsichtgerätes ohne zusätzliche Funktionsblöcke unter Einhaltung eines hohen Leistungsfaktors ( $PF > 0,95$ ) und Dimmbarkeit mit Phasendimmern (Bleeder nicht gezeigt).

grosser Haltestrom nach dem Zünden eines Thyristors oder Triacs erreicht wird (**Bild 4**). Dabei ist ein ausreichend grosser Zündstrom auch im Moment des Einschaltens erforderlich, der vom passiven oder aktiven Bleeder übernommen werden muss.

#### Einfachere Konzepte

Die zielgemässe Vereinfachung eines modernen LED-Netzvorsichtgerätes ist in **Bild 2**, jedoch ohne Bleeder, gezeigt.

In **Bild 3** ist eine vereinfachte Schaltung eines nicht dimmbaren Vorsichtgerätes der Firma LIS angegeben, welche eine weitere Reduzierung des Aufwandes ermöglicht und somit auch sehr preisgünstig ist. Nahezu alle heutigen LED-Vorsichtgeräte arbeiten mit Ansteuer-ICs. In **Bild 3** ist der IC auf lediglich 4 Anschlüsse reduziert.

Die meisten LED-Leuchten sind jedoch mit Phasenanschnitts- und -abschnittsdimmern steuerbar. In der Praxis wird meist ein «Weak Bleeder» eingesetzt, wie es in einer typischen Applikationsschaltung in **Bild 4** gezeigt ist.

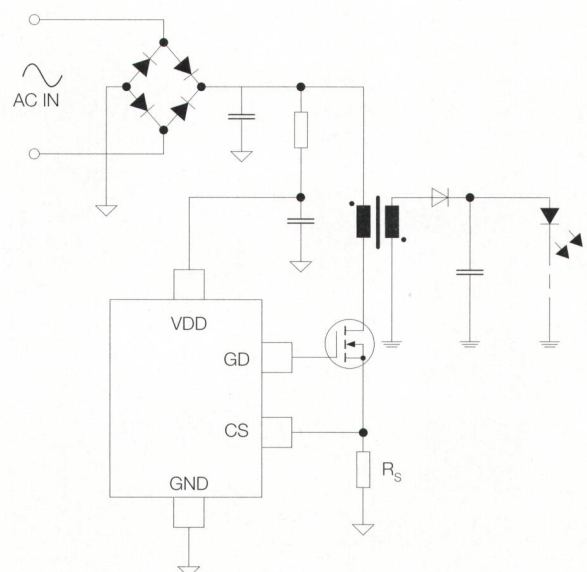
#### «Weak Bleeder»

Das Betriebskonzept der in **Bild 4** gezeigten Schaltung zielt durch einen quasiresonanten Betrieb und eine proportionale Variation des Eingangsstromes mit der Eingangsspannung auf einen hohen Leistungsfaktor und hohen Wirkungsgrad bei konstanter LED-Leistung, indem der Eingangsstrom als Produkt aus der Einschaltzeit und der Hälfte des über  $R_4$  gemessenen Schalterspitzenstromes  $I_{pp}(t)$  gebildet wird.

Eine konstante LED-Leistung wird durch das Integrationskonzept des Ansteuer-IC ICL8001G sichergestellt.

Dabei wird der Spitzenwert des Schaltersstromes  $I_{pp}$  konstant gehalten, so dass die in der Primärinduktivität des Sperrwandlers gespeicherte Energie als konstante Leistung an die LEDs übertragen wird. Wenn sich die LEDs im Betrieb erwärmen, sinkt die Flussspannung und somit die Ausgangsspannung ab. Da die Schaltung quasiresonant arbeitet, wird sich die Frequenz geringfügig ändern, weil die Einschaltzeit bei konstanter Ausschaltzeit leicht ansteigt. Somit ist tendenziell eine Leistungsreduzierung von 1% bis 2% bei Erwärmung der LEDs möglich. In der Netzlücke versorgt der Ausgangskondensator  $C_{25}$  die LED weiterhin, so dass kein Flickern auftreten kann. Das Konzept konstanter LED-Leistung hat den Vorteil, dass die Lichtleistung auch bei Erwärmung der LEDs nicht sinkt.

**Bild 3** Einfachstes LED-Netzvorsichtgerät als Schaltungsapplikation mit hohem Leistungsfaktor ohne Dimmbarkeit (Firma LIS, Shanghai, China).



#### Thermische Entlastung

Das weitverbreitete Konzept eines konstanten LED-Stromes, wie es beispielsweise in der Schaltung nach **Bild 5** verfolgt wird, hat den Vorteil der thermischen Entlastung bei steigender Temperatur der LEDs um 5% bis 10% Leistung. Insbesondere bei kritischen Einbauverhältnissen verlängert dieses Verhalten die Lebensdauer der LED und vor allem der Elektronik. Bei konstantem LED-Strom muss aber der Kühlkörper der LED auf die maximale Flussspannung der LED innerhalb der Fertigungstoleranzen ausgelegt werden, was eine Überdimensionierung des Kühlkörpers gegenüber dem Konzept konstanter LED-Leistung zur Folge hat.

#### Prioritäten und Konzepte

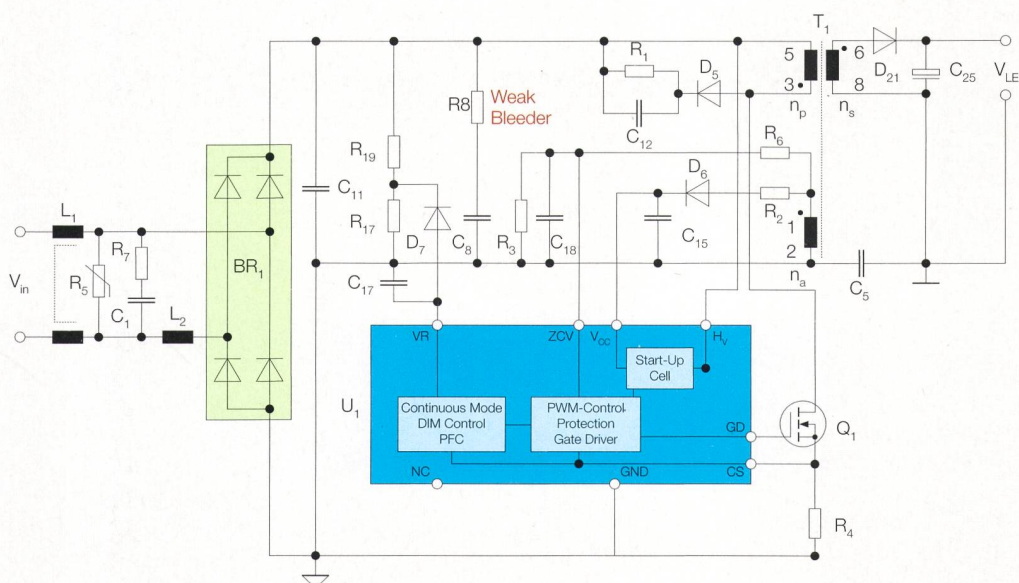
Für hohe Ansprüche an die Helligkeitskonstanz wird das Konzept konstanter Leistung auch im gedimmten Zustand den Vorrang haben. Für die Erreichung maximaler Lebensdauer mit möglichst kostengünstigen Komponenten (Kondensatoren) wird man andererseits das Konzept konstanten LED-Stromes bevorzugen.

Für eine universelle Dimmbarkeit ist zusätzlich eine weitere Eingangsstufe erforderlich, damit gerade bei kleinen Leistungen unterhalb von etwa 10 W alle handelsüblichen Dimmer verwendet werden können.

**Bild 5** zeigt eine solche Applikation mit einer sogenannten Chopper-Stufe (Chopping Circuit) zur gleichzeitigen Erzielung eines hohen Leistungsfaktors und einer verbesserten Dimmbarkeit. Im



**Bild 4** Typische Applikationsschaltung eines LED-Vorschaltgerätes mit PFC und Dimmbarkeit an Phasendimmern.



Konzept dieser Applikation ist ein konstanter LED-Strom vorgesehen.

Der Konstantstromansatz ist in den meisten heutigen Produkten anzutreffen und hat, wie bereits erwähnt, gegenüber einer konstanten Leistung den Vorteil der thermischen Entlastung bei hohen Temperaturen.

In **Bild 5** sind die wesentlichen Schaltungsteile zur Erzielung optimaler Betriebseigenschaften bei geringstem Aufwand gekennzeichnet: Nr. 1 bezeichnet ein kleines Eingangsentstörfilter, welches zusammen mit der Chopper-Schaltung

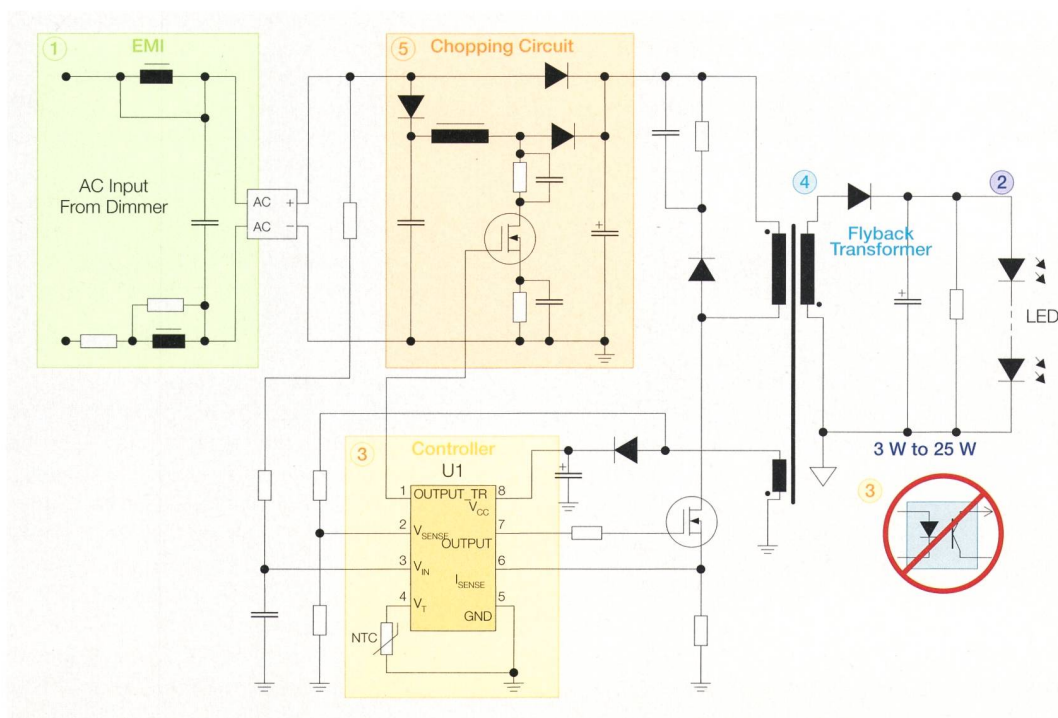
(Nr. 5) die hochfrequenten Oberwellen begrenzt. Zudem bewirkt die Chopper-Stufe eine Erkennung des Phasenwinkels und garantiert zugleich den erforderlichen Haltestrom.

Durch Primärregelung wird der LED-Strom konstant gehalten (Nr. 2). Durch die Vermeidung eines Optokopplers und stattdessen einer primärseitigen Ausgangsspannungs- und Stromregelung mit Temperaturkompensation (Nr. 3) wird eine hohe Lebensdauer der Elektronik erzielt, die der einer LED nahekommt. Durch quasiresonanten

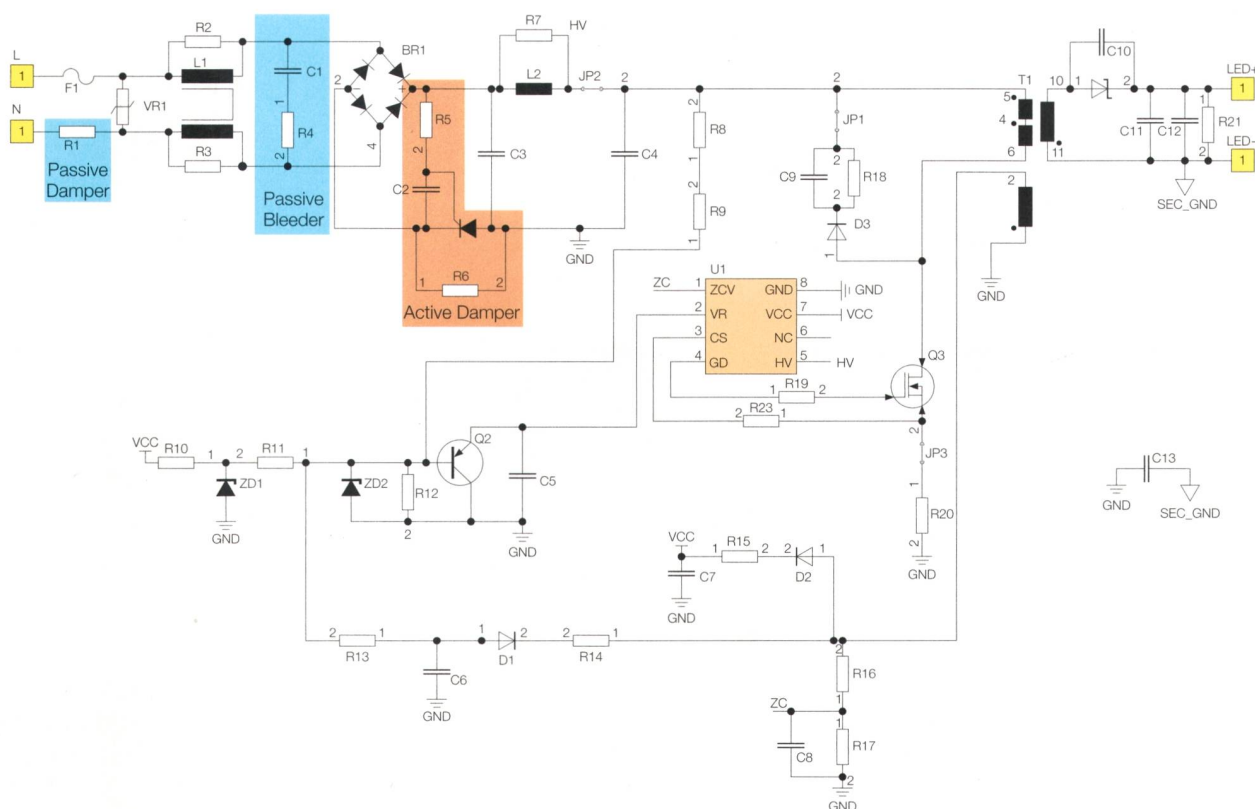
Betrieb (Nullspannungsschalten) wird zudem eine erhöhte Schaltfrequenz bis zu 200 kHz erreicht, die eine Verkleinerung des Transformators (Nr. 4) möglich macht.

#### Dimmbarkeit ohne Chopper-Transistor

Eine Verbesserung der Dimmbarkeit unter Verwendung aller marktüblichen Phasenanschnitts- und -abschnittsdimmer wird auch durch die Schaltung in **Bild 6** ohne Einsatz eines Chopper-Transistors erreicht. Durch eine aktive und



**Bild 5** Typische Applikationsschaltung eines LED-Vorschaltgerätes mit PFC und erweiterter Dimmbarkeit an Phasendimmern durch Chopper-Stufe.



**Bild 6** Typische Applikationsschaltung eines LED-Vorschaltgerätes mit PFC und erweiterter Dimmbarkeit an Phasendimmern durch aktive und passive Dämpfung.

eine passive Dämpferschaltung wird der Zündstrom über den Thyristor Q1 nach einer definierten zeitlichen Begrenzung durch Widerstände aufrechterhalten (Active Damper).

In dieser Applikation wird statt einer konstanten LED-Leistung ein konstanter LED-Strom durch eine einfache Zusatzschaltung eingestellt. Der Transistor Q2 wird dabei einerseits durch die Höhe der Eingangsspannung und andererseits durch die Spannungsrückkopplung der

Hilfswicklung des Trafos über die Elemente D1 und R14 gesteuert.

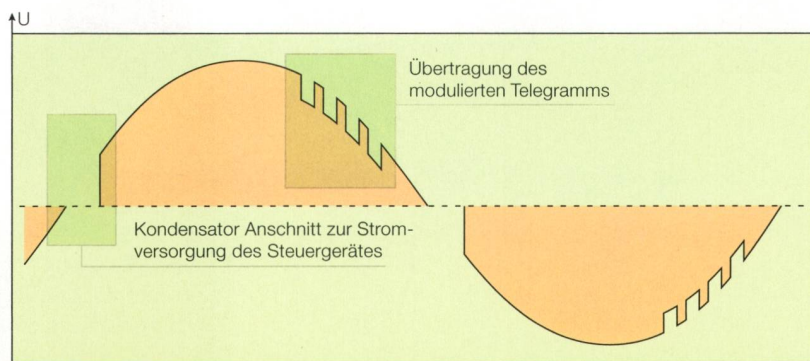
### Neue Standards für das Dimmen von LEDs

Trotz des hohen Marktanteiles von LED-Leuchten mit Phasendimmbarkeit sind diese Produkte oft nicht normgerecht, da Oberschwingungsgrenzwerte, die im ungedimmten Zustand den Entstörmnormen (z.B. EN 60555) entsprechen, im gedimmten Zustand nicht ein-

gehalten werden können. Ausserdem ist es technisch sehr aufwendig, alle LED-Leistungsstufen an sämtliche handelsübliche Wanddimmer zu adaptieren – gerade bei kleineren Leistungsstufen sind Funktionalitätsprobleme wahrscheinlich. Die Integration der LED-Vorschaltel-elektronik in kleinen Einbauvolumina, beispielsweise in E14-Lampensockeln, reduziert zudem den Raum des LED-Kühlkörpers. Damit wird die Entwärmung der LEDs erschwert, was sich auf deren Lebensdauer und auf die Kosten negativ auswirkt. Eine vollfunktionale, dimmbare Lösung an allen Phasendimmern ist bei Glühlampenersatz durch LEDs somit noch nicht in Sicht.

### Alternatives Konzept

Eine Alternative bildet ein neues Konzept der leitungsgebundenen Übertragung von Steuersignalen für das Dimmen durch die sogenannte Ledotron-Technologie (Bild 7). Dieses Konzept wurde durch die Firmen Osram und Insta (Jung, Gira) für eine EMV-orientierte Norm gewählt, die auch für dimmbare CFL verwendet werden kann. Das Steuergerät ersetzt den Phasendimmer in der Dose und überträgt nur eine schwache Modu-



**Bild 7** Störungsarme Dimmerfunktion durch Signalübertragung auf der Netzleitung vom Steuergerät zur LED-Vorschaltel-elektronik nach Ledotron-Standard.



lation der Spannung in der abfallenden Flanke durch Steuerimpulse. Mit einem geringen Phasenanschnitt versorgt sich das Gerät selbst.

Die Modulation der Netzspannung erfordert keinen zusätzlichen Schaltungsaufwand gegenüber Phasendimmern (Bild 8). Hingegen wird durch einen geringen Mehraufwand an Kosten eine bessere Netzqualität im gedimmten Zustand erreicht. Die Dimmerfunktionalität ist deutlich zuverlässiger als bei Phasendimmern, deren Funktion selbst mit dimmbaren LED-Leuchten nicht immer gewährleistet ist.

### Grenzen der Dimmbarkeit

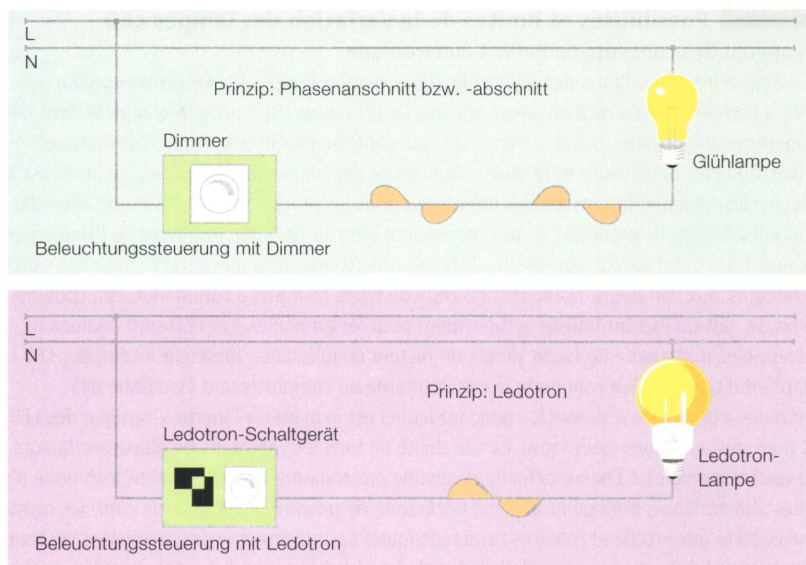
Die Grenzen der Dimmbarkeit bei LEDs sind in vielen Fällen durch die Leistung festgelegt. Sehr geringe LED-Leistungen – wie etwa 2 bis 4 W – entsprechen einer Helligkeit von 25-W-Glühlampen und werden in der Praxis nicht dimmbar ausgeführt. Meist wird aber eine sichere Schaltfunktion bei versehentlichem Dimmen gewährleistet.

Hingegen sollen LED-Leuchten ab 4 bis 6 W entsprechend einer Glühlampenleistung von 40 W bereits gedimmt werden können. Dabei ist der Einbauraum von kompakten LED-Leuchten ein entscheidendes Kriterium, ob erweiterte Funktionalität wie universelles Dimmen, Regelung der Farbkonstanz und somit die Gewährleistung einer hohen Lichtqualität erreicht werden können. Gerade bei E14-Sockeln sind die Funktionen aus Platzgründen meist begrenzt.

### Trafo-Alternativen

Für sehr kleine Einbauvolumina, vorwiegend in Kompakt-LED und bei Vorschaltgeräten in Designerleuchten und Schienensystemen werden alternative Technologien für den magnetischen Trafo interessant (LTCC-Transformatoren oder Planartransformatoren). Insbesondere im Leistungsbereich zwischen 1 W und 15 W sind Piezotransformatoren, mit einem um 5 % bis 8 % höheren Wirkungsgrad gegenüber konventionellen Trafos und mit einem um 2 % bis 3 % höheren Wirkungsgrad gegenüber LTCC- und Planar-Transformatoren, eine zweckmässige Alternative.

Wenn insbesondere bei separatem Vorschaltgerät genügend Einbauraum vorhanden ist, werden magnetische Transformatoren bis zu Leistungen von 25 W vorwiegend in einer kostengünstigen Flyback-Topologie ausgeführt. Dort besteht stets auch die Möglichkeit der



**Bild 8** Wirkprinzip von Phasendimmern und Ledotron-Steuergeräten im Vergleich.

Implementierung einer erweiterten Dimmbarkeit mit Phasendimmern.

Im Bereich höherer Leistungen setzen sich zunehmend platzsparende Topologien wie der LLC-Konverter als Halbbrückenlösung mit einer vorgeschalteten Stufe zur Leistungsfaktor-Korrektur durch, da diese einen höheren Wirkungsgrad als Sperrwandler (Flyback-Wandler) erreichen.

Ein wichtiger Aspekt ist die Gewährleistung der Lebensdauer von LED-Vorschaltgeräten, die der heute erreichten Lebensdauer von LEDs entspricht (50 000 bis 100 000 h). Dabei begrenzen meist Pufferkondensatoren die Lebensdauer des Vorschaltgerätes. Bei gedimmten LEDs kann sich die Lebensdauer weiter reduzieren, indem eingangsseitige Ladekondensatoren eine hohe Impulsbeanspruchung durch den Dimmer erfahren. Durch Überdimensionierung der eingangsseitigen Kondensatoren (Derating) und durch Techniken der Minimierung des Stromrippels am Pufferkondensator auf der Sekundärseite wird die geforderte Lebensdauer erreicht.

### Vermeidung des Pufferkondensators

Eine Technik zur Vermeidung des sekundärseitigen Pufferkondensators ist die direkte Speisung der LED mit Wechselspannung. Damit reduziert sich die Lebensdauer der LED nur wenig. Der Nachteil einer solchen Ausführung besteht aber in dem Erfordernis einer zusätzlichen PFC-Stufe oder Chopper-Stufe, wel-

che gleichzeitig die Dimmerfunktion übernimmt, da die Netzlücke primärseitig überbrückt werden muss (Bild 5).

### Farbqualität

Schliesslich ist die Farbqualität (Farbtemperatur) von LEDs in einigen Produkten ein wesentliches Kriterium, das auch durch die Ansteuerung der LED bestimmt wird. In Beamern und bei speziellen Arbeitsplatzbeleuchtungen im Medizin- und Laborbereich spielt die Farbqualität eine sehr grosse Rolle. Dazu wird vorwiegend die Ansteuerung der LED mit Rechteckimpulsen (PWM) durch ein sekundärseitiges Steuergerät angewandt, da eine Gleichstromsteuerung, insbesondere bei Auftreten eines zusätzlichen Schaltrippels des Ausgangsstromes, zu geringfügigen Veränderungen der Farbe führen kann. Solche Lösungen sind im Vergleich mit den oben genannten typischen Schaltungen der Allgemeinbeleuchtung teurer. Das Dimmen solcher hochwertiger Geräte wird vorzugsweise durch Steuerleitungen und weniger über Phasendimmer bewerkstelligt.

### Schlussfolgerungen

Die Dimmbarkeit von LEDs ist mit einer Reihe weiterer Funktionen verknüpft, auf welche der Anwender zu achten hat. Dies betrifft den Leistungsfaktor, die Universalität bei der Verwendung von Phasendimmern, den vorhandenen Einbauraum bei Kompaktlampen ebenso wie den Wirkungsgrad, und schliesslich auch die Lebensdauer der



## Résumé

### Possibilités et limites de la variation des lampes LED

#### Un aperçu des concepts de ballast électronique

Le remplacement des ampoules à incandescence par des lampes fluorescentes compactes (LFC) a démarré depuis déjà plusieurs années. Ce processus est à présent complété dans des proportions importantes par les lampes LED qui sont censées présenter avec davantage d'exactitude les dimensions et la qualité lumineuse des ampoules électriques. Le motif est le suivant: les réglementations légales interdiront dans les prochaines années l'utilisation des ampoules à l'échelle mondiale, et par conséquent bien au-delà des frontières de l'Union européenne. D'un point de vue général, les LED sont mieux adaptées que les LFC, pour des raisons techniques, aux variateurs, notamment à ceux de types courants à commande et à coupure de phase, tels qu'ils sont utilisés actuellement pour les ampoules. Les LED sont également susceptibles d'atteindre de façon simple un facteur de puissance supérieur à celui des LFC en adaptant d'une manière cohérente le circuit interne au comportement électrique des ampoules « ohmiques », processus pendant lequel est exploitée « l'inertie » optique des LED vis-à-vis des variations électriques. La variabilité de tous les variateurs de phase (variateurs muraux) disponibles à l'heure actuelle ne justifie pas toujours l'investissement technique d'un ballast électronique, à tel point qu'il est nécessaire de trouver un compromis entre les coûts, la variabilité universelle et d'autres caractéristiques. La transmission des impulsions de commande pour la variation au moyen du câble du secteur à la place d'une commande ou coupure de phase aux nombreuses perturbations (Ledotron) constitue, entre-temps, une alternative intéressante à la variation de phase.

No

Vorschaltelronik, welche den LED-Leuchten entsprechen soll. Für gewisse Anwendungen kommt zudem die Farbqualität als schaltungsrelevantes Kriterium hinzu.

Für die Elektronik von LEDs bleibt jedoch auch der wirtschaftliche Aspekt ein bedeutender Faktor, da die LED-Produktionskosten weiterhin sinken werden. So wird die Bezahlbarkeit der LED-Leuchte

in Konkurrenz mit der bald vom Markt verschwundenen Glühlampe und in Konkurrenz mit der Leuchtstofflampe nicht unerheblich sein. Deshalb wird aus Kostengründen auch ein Marktanteil nicht dimmbarer LED-Leuchten in der Allgemeinbeleuchtung – und vor allem im Kompaktmarkt – einen festen Platz einnehmen.

## Referenzen

- [1] Infineon, Dr. Werner Ludorf: «Energieeffizientes Ansteuerkonzept mit PFC zur LED-Lichtsteuerung mit Phasendimmern», LED-Workshop, IZM Berlin, 26./27.10.2011.
- [2] Infineon, Application Notes: LED Driver ICs ICL8001G / ICL8002G.
- [3] iWatt, Application Notes: Dimmable LED Driver Product Overview -iW3602-iW3612 LED Driver Overview.
- [4] Infineon, Application Notes: LED Driver AN-AVELED-ICL8002G -B1.
- [5] Ledotron – Dimmen der Zukunft, Fa. Insta, auf [www.insta.de](http://www.insta.de), S.24–28.

## Angaben zum Autor



Dr. **Matthias Radecker** ist seit 2009 Gruppenleiter der Arbeitsrichtung «Piezo Technology» in der Abteilung «System Integration Design» des Fraunhofer-Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, Deutschland.

Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM, DE-13355 Berlin, [matthias.radecker@izm.fraunhofer.de](mailto:matthias.radecker@izm.fraunhofer.de)

Anzeige

**ELBRO LIGHT**

**ELBRO AG**  
Swiss Technology Company

---

### Energiesparende T8 LED-Röhren – eine komplette Palette an Lichtfarben + in allen Längen

- Ausführungen: 60 cm, 156 LEDs, 10 W (= 18 W)  
90 cm, 234 LEDs, 15 W (= 30 W)  
120 cm, 312 LEDs, 20 W (= 36 W)  
150 cm, 396 LEDs, 25 W (= 58 W)
- Warmweiss  
3400 K ± 200 K
- Tageslicht weiss  
4500 K ± 100 K
- Kaltweiss  
6000 K ± 500 K

**ECOLINE**

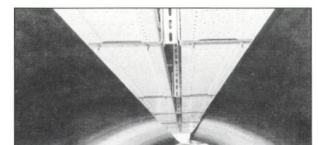
Auch mit Armatur als Balken- oder Nassraumleuchte erhältlich!

- Kein IR- und UV-Lichtanteil: damit ideal für verderbliche Lebensmittel
- Zieht keine Insekten und Ungeziefer an
- Brenndauer bis 50'000 Stunden (mehr als 5 Jahre Dauerbetrieb), unabhängig von der Ein-/Auswahl-Häufigkeit
- Spannung 100 – 250 V
- Kein Sondermüll / Splitterschutz

- Entspricht den Anforderungen des ESTI!
- Energieeinsparung bis 80 %
- Volle Helligkeit gleich nach dem Einschalten, kein Flackern oder Flimmern
- Einfacher Austausch in bestehenden Installationen
- KEMA EUR, CE & RoHS zertifiziert

**Erhältlich bei Ihrem VES-Grossisten!**

**ELBRO AG** · Gewerbestrasse 4 · CH-8162 Steinmaur  
Tel. +41 44 854 73 00 · Fax +41 44 854 73 01 · [info@elbro.com](mailto:info@elbro.com) · [www.elbro.com](http://www.elbro.com)



## LANZ – die sichere Kabelführung für Metro-, Bahn- und Strassentunnel zu international konkurrenzfähigen Preisen:

### LANZ Produkte für den Tunnelbau sind 3-fach geprüft

1. auf Erdbebensicherheit SIA 261 Eurocode 8 (EMPA)
2. auf Schocksicherheit 1 bar Basisschutz (ACS Spiez)
3. auf Funktionserhalt im Brandfall 90 Minuten (Erwitte)

### Für die Kabelführung in Tunnel 3-fach geprüft sind:

- die LANZ G-Kanäle für kleine und mittlere Kabelmengen. Schraubenlos montierbar. Stahl PE-beschichtet und Stahl A4
- die LANZ Weitspann-Multibahnen (Kabelleiter nach IEC 61537). Für grosse Kabelmengen, hohe Belastung und weite Stützabstände. Stahl tauchfeuertverzinkt und Stahl rostfrei A4 WN 1.4571 und 1.4539
- die LANZ MULTIFIX C-Profileschienen mit eingerollter 5-mm-Verzahnung zur Befestigung u. a. von Rohren, Leuchten, Schildern.

### Für die Stromversorgung in Tunnel 3-fach geprüft sind:

- die LANZ HE Stromschienen/Schienenverteiler IP 68 400–6000 A. 4-, 5- und 6-Leiter Alu und CU. Korrosionsfest giessharzvergossen.

**Risiken vermeiden. Sicherheit erhöhen. LANZ montieren.**

**Rufen Sie LANZ an für Referenzen, Beratung, Muster und Offerten:**  
**lanz oensingen ag CH-4702 Oensingen Tel. 062 388 21 21**



**lanz oensingen ag**

CH-4702 Oensingen  
Telefon 062 388 21 21  
[www.lanz-oens.com](http://www.lanz-oens.com)

Südringstrasse 2  
Fax 062 388 24 24  
[info@lanz-oens.com](mailto:info@lanz-oens.com)