



*Abb.: Zurück zu austauschbaren, aber modernen Lichtquellen. Wie im Film »Zurück in die Zukunft« gilt es, dabei seine Ängste zu überwinden, um Altes wiederzuentdecken.
Foto: amophoto_au / shutterstock.com*

ZURÜCK IN DIE ZUKUNFT

AUSTAUSCHBARKEIT VON LICHTQUELLEN UND BETRIEBSGERÄTEN

Leuchte und Lampe verschmelzen heute zunehmend zu einer Einheit – eine Designentscheidung, die den Austausch von Lichtquellen zu einer Herausforderung macht. Dieser Beitrag befasst sich mit den neuen regulatorischen Vorgaben, den Vorteilen von austauschbaren Lichtquellen, den Arten des Austauschs und der Notwendigkeit von Standards, verfügbaren technischen Lösungen sowie den Auswirkungen auf das Leuchten-design und die Leuchtenindustrie.

Mit dem Siegeszug der LED ist die altbewährte Trennung von Lampe (Leuchtmittel) und Leuchte beim Design von LED-Leuchten in Vergessenheit geraten. Bei den Massenprodukten wie LED-Panels, Downlights und High Bays sind Lampe und Leuchte mittlerweile zu einem Produkt verschmolzen. Eine wesentliche Begründung für diese Designentscheidung war die lange Lebensdauer der LED-Lichtquelle.

Große Betreiber von Immobilien, welche einen langfristigen Betrieb gewährleisten müssen, haben diesen Umstand seit jeher moniert. Die Erfahrungswerte beim Einsatz selbst hochwertiger LED-Leuchten zeigen Ausfallraten von 0,2 % pro 1.000 Betriebsstunden, was sich nach 50.000 Stunden auf ca. 10 % kumuliert. Der passende Ersatz dieser

defekten Leuchten stellt die Betreiber vor große Herausforderungen. Die Leuchtenindustrie hat darauf bisher nur sehr zurückhaltend reagiert.

Derzeit findet bei diesem Thema jedoch ein Umdenken statt, das nicht zuletzt durch neue Regulierungen und Verordnungen der EU vor dem Hintergrund des Green Deals gefördert wird. Die Hauptziele des Green Deals der EU sind CO₂-Neutralität bis 2050 sowie die Vermeidung von Müll und Schadstoffen [1]. Mit diesen Zielen sind Wegwerfleuchten nicht vereinbar. Erste Schritte in diese Richtung sind in der neuen EU-Verordnung 2019/2020 verankert, welche die bisherigen Verordnungen zur umweltfreundlichen Gestaltung von Beleuchtungsprodukten ersetzt.

VORGABEN DER EUROPÄISCHEN UNION

Die EU betrachtet die Ausweitung der Circular Economy auf die etablierten Wirtschaftsakteure als entscheidenden Beitrag zur Umsetzung einer klimaneutralen und ressourceneffizienten Wirtschaft, in der das Wachstum von der Ressourcennutzung entkoppelt wird. In diesem Zusammenhang werden die Ökodesign-Verordnungen energieverbrauchsrelevanter Produkte dahingehend erweitert, dass das Ökodesign auf ein möglichst breites Produktspektrum ausgedehnt wird und zur Circular Economy beiträgt. Neben der Steigerung der Energie- und Ressourceneffizienz werden die Haltbarkeit, Wiederverwendbarkeit, Nachrüstbarkeit und Reparierbarkeit von Produkten als zentrale Stell-schrauben definiert. Hinzu kommt die Vermeidung von Schadstoffen.

Für Beleuchtungsanwendungen hat die EU mit der Verordnung 2019/2020 EU für die Festlegung von Ökodesign-Anforderungen von Lichtquellen und separaten Betriebsgeräten einen ersten Schritt in diese Richtung unternommen [2]. Die Verordnung spricht nicht mehr von Lampen und Leuchten, sondern ganz allgemein von Lichtquellen und umgebenden Produkten. Umgebende Produkte können zum Beispiel Leuchten, aber auch alle anderen Produkte sein, die (entnehmbare) Lichtquellen und/oder separate Betriebsgeräte beinhalten wie Kühlschränke. Damit wurde der Anwendungsbereich der Verordnung erheblich weiter gefasst als bisher.

Artikel 4 Abs 1. der Verordnung fordert die Austauschbarkeit von Lichtquellen und separaten Betriebsgeräten in umgebenden Produkten mit allgemein verfügbaren Werkzeugen ohne eine dauerhafte Beschädigung des Produktes (und beschreibt Ausnahmen), Abs. 2 eine Information darüber, ob dieser Austausch von Endnutzen oder

nur von qualifiziertem Personal durchgeführt werden kann und Abs. 3 deren Ausbaubarkeit am Ende ihrer Lebensdauer. Für die Information, ob der Austausch der Lichtquelle oder des separaten Betriebsgerätes in umgebenden Produkten durch den Endnutzer, nur von qualifiziertem Personal oder überhaupt nicht durchgeführt werden kann, hat LightingEurope neue Piktogramme entwickelt (s. Abb. 1) [3].

Die Verordnung gilt ab 1. September 2021 und in Artikel 9 der Verordnung ist bereits festgelegt, dass die Kommission vor dem Hintergrund des technischen Fortschritts spätestens bis zum 25. Dezember 2024 eine Überprüfung vornehmen wird und zwar unter anderem im Hinblick auf f) die Festlegung zusätzlicher Produkthanforderungen an die Ressourceneffizienz gemäß den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft, insbesondere was die Möglichkeit der Entnahme und die Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten angeht.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das Verbot des Inverkehrbringens der meisten Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät ab 1. September 2021 und der meisten T8-Leuchtstofflampen ab 1. September 2023 über die Festlegung der Ökodesign-Anforderungen in Artikel 3 i.V.m. Anhang II Tabelle 1 (hier Energieeffizienz-Anforderungen). Damit dürfen wie zuvor schon mit Glühlampen und Halogenlampen weitverbreitete Leuchtmittel nicht mehr in den Verkehr gebracht werden, was einen Handlungsdruck vor allem bei großen Betreibern von Immobilien erzeugt.

Neben den Verordnungen zur Produktgestaltung (Ökodesign) hat die Richtlinie 2011/65/EU zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe (Restriction of Hazardous Substances sog. RoHS-II-Richtlinie) einen maßgeblichen Einfluss auf die Zulässigkeit für das Inverkehrbringen von Produkten auf den europäischen Markt [4]. Leuchtstofflampen stehen hier aufgrund ihres Quecksilbergehalts im Fokus der EU-Kommission, die aktuell überlegt, die Ausnahmegenehmigungen von Leuchtstofflampen (Anhang III) für die strengen Grenzwerte dieser Richtlinie (0,1 v.H. Quecksilber (Hg) in homogenen Werkstoffen gemäß Anhang I) nicht zu verlängern oder auslaufen zu lassen. In diesem Fall droht auch das Aus der meisten T5-Leuchtstofflampen und Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät.

DAS FÜR UND WIDER DER AUSTAUSCHBARKEIT VON LED-LICHTQUELLEN

Vor dem Zeitalter der LED war die Austauschbarkeit von Lichtquellen als standardisierte und gesockelte Lampen selbstverständlich; Lampen und Leuchten wurden separat vertrieben. LED-Lampen mit herkömmlichen Sockeln (sogenannte Retrofits) schlagen heute immer noch eine Brücke zwischen der alten und der neuen Welt. Mit dieser Tradition wurde im Zuge der Einführung der LED als Lichtquelle für die Allgemeinbeleuchtung gebrochen. Insbesondere für professionelle Massenanwendungen wurden Leuchten in den Markt eingeführt, bei denen die LED-Lichtquelle fest in der Leuchte verbaut ist, wie Panels, Downlights und High Bays.

Die Leuchtenindustrie hat dies gegenüber Betreibern mit der langen Lebensdauer der LED-Lichtquelle argumentiert und viele Betreiber haben bereitwillig von den deutlichen Energieeinsparungen und kurzen ▶

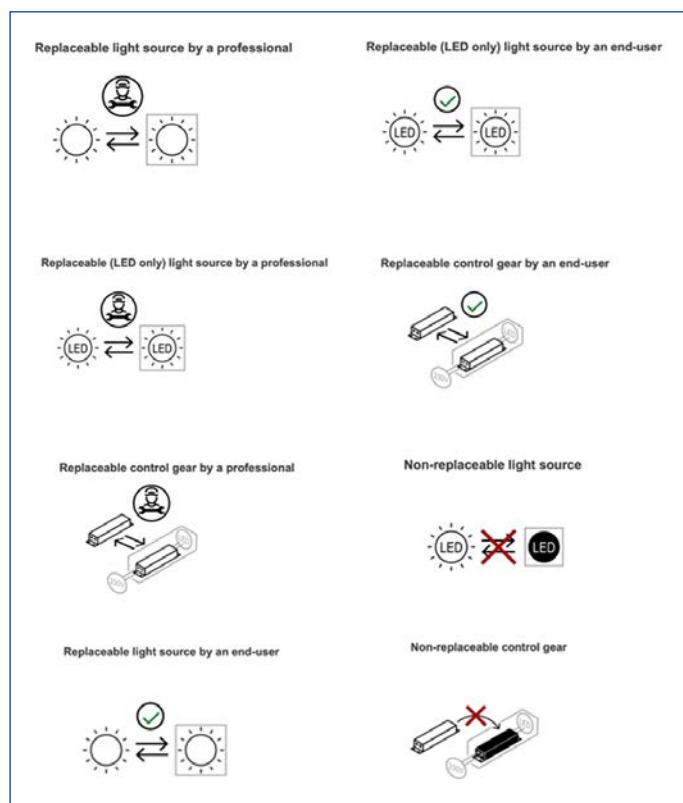


Abb. 1: Austauschbarkeit von Lichtquellen und separaten Betriebsgeräten. Quelle: Lighting Europe

Amortisationszeiten profitiert. In den letzten Jahren wurden LED-Leuchten dann immer günstiger, sodass sie heute zum Teil unter dem Preisniveau der alten Leuchtentechnik liegen. Die Betreiber müssen allerdings die Erfahrung sammeln, dass es bei Ausfällen der Leuchten im Feld zu Problemen mit einer adäquaten Ersatzbeschaffung kommt und mit den sinkenden Leuchtenpreisen fielen die Montage- und Demontagekosten der Leuchten immer mehr ins Gewicht.

Die Leuchtenindustrie kann am Ende der Lebensdauer der LED-Lichtquelle eine neue Leuchte verkaufen; der Betreiber muss im besten Fall die Kosten für diese eine gesamte neue Leuchte sowie deren Demontage- und Neumontagekosten tragen. Mangels Alternative hatten viele Betreiber nicht über die daraus resultierenden Opportunitätskosten nachgedacht.

Die konkrete Wirtschaftlichkeitsrechnung für den Betreiber hängt von zahlreichen Parametern ab, wie der Beleuchtungsdauer und der Restnutzungsdauer der Immobilie. Je länger die Restnutzungsdauer und je länger die Beleuchtungsdauer pro Jahr, desto wirtschaftlicher werden Leuchten mit austauschbaren Leuchtmitteln für den Betreiber. Vorteilhafter wird die Rechnung, wenn der Lichtstromverlust der installierten LED-Lösung und die Effizienzsteigerung einer neuen LED-Lichtquelle zu einem späteren Tauschzeitpunkt einbezogen werden.

Dies macht deutlich, dass ein langfristig denkender Betreiber einer Immobilie die Total Costs of Ownership (TCO) sowohl für eine Lösung mit als auch ohne austauschbare LED-Lichtquelle (und Betriebsgerät) über einen Lebenszyklus der LED-Lichtquelle hinaus vergleichen sollte. Die konkrete Beurteilung der Umweltauswirkungen von Leuchten mit austauschbaren Lichtquellen (und Betriebsgeräten) im Vergleich zu nicht austauschbaren ist nicht minder komplex, da diese den gesamten Lebenszyklus von der Produktions- über die Nutzungsphase bis hin zur Entsorgungsphase betrachten muss (Life Cycle Assessment LCA).

Die Ergebnisse solcher LCAs (etwa aus dem Forschungsprojekt Reprolight) zeigen, dass die Nutzungsphase einen maßgeblichen Einfluss auf unsere Umwelt hat, aber auch die Austauschbarkeit von Komponenten und die Recyclingfähigkeit eine Rolle spielen. Austauschbare LED-Lichtquellen dürfen daher unter Umweltgesichtspunkten nicht mit Effizienznachteilen gegenüber nicht austauschbaren Lichtquellen behaftet sein.

Da die Lebensdauer der Lichtquelle in der Praxis eher selten der Lebensdauer der Leuchte entspricht, sind bei austauschbaren LED-Lichtquellen zwei Fälle zu unterscheiden. Übersteigt die Lebensdauer der Leuchte die der Lichtquelle, kommt es zu einem Wechsel der Lichtquelle und es stellt sich unter anderem die Frage, ob die alte Lichtquelle selbst repariert oder recycelt werden kann. Im umgekehrten Fall stellt sich die Frage der Wiederverwendbarkeit (re-use) der Lichtquelle.

Über die Wirtschaftlichkeit und Umweltaspekte hinaus gibt es zahlreiche weitere Aspekte, die für austauschbare Lichtquellen sprechen. Aus Sicht der Betreiber kann beispielsweise die Veränderung der Farbtemperatur bei einem Nutzerwechsel wie im Office oder Saisonwechsel wie im Retail von Interesse sein. Für den Leuchtenhersteller kann sich die

Produktkomplexität je nach der Art der Austauschbarkeit der Lichtquelle um die Faktoren Farbtemperatur und Farbwiedergabe reduzieren, was den Vorfertigungsgrad in der Massenfertigung beispielsweise von Downlights deutlich erhöhen kann.

Seit der Reform der kaufrechtlichen Mängelhaftung in Deutschland zum 1. Januar 2018 (§ 439 und § 475 BGB) sind die Leuchtenhersteller bei einer mängelbehafteten Leuchte verpflichtet, die Ausbau- und Wiedereinbaukosten zu übernehmen. Sofern der Mangel in der LED-Lichtquelle begründet ist, kann der Leuchtenhersteller die Mängelbeseitigungskosten mit Hilfe austauschbarer Lichtquellen niedrig halten und durch deren Ersatzlieferung den Kunden schnell und einfach zufriedenstellen.

UNTERSCHIEDLICHE ARTEN DER AUSTAUSCHBARKEIT

Die Verordnung 2019/2020 EU unterscheidet in Artikel 4 Abs. 2 zwischen der Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten mit allgemein verfügbaren Werkzeugen durch den Endnutzer oder durch qualifiziertes Fachpersonal. Damit ist der Austausch im Feld und nicht der Austausch im Werk des Herstellers gemeint. Ein Austausch der Lichtquelle im Werk des Herstellers kommt aufgrund der Demontage und Neumontage sowie des Hin- und Rücktransports nur in seltenen Fällen in Betracht.

Der Austausch von Lichtquellen setzt voraus, dass die Sicherheit gewährleistet ist (Schutz gegen elektrischen Schlag), die Lichtquelle vor unsachgemäßer Behandlung und Beschädigung geschützt ist wie ESD und die thermische, mechanische sowie elektrische Anbindung zwischen der Leuchte und der Lichtquelle gewährleistet ist (vgl. ZVEI Information zur Austauschbarkeit von LED-Lichtquellen 2017 [5]).

Bei einem Austausch von Lichtquellen durch den Endnutzer können diese Randbedingungen in der Praxis nur durch gesockelte Lampen gewährleistet werden. Andernfalls kann ein Austausch der LED-Lichtquelle am Einsatzort nur von qualifiziertem Fachpersonal durchgeführt werden, sofern der Hersteller dies über entsprechende LED-Module vorgesehen hat, welche etwa über Klemmen oder Verbinder angeschlossen sind und ausgetauscht werden können, ohne die betriebs-, sicherheits- und anwendungstechnischen Eigenschaften der Leuchte zu verändern.

Für den Betreiber sind die Kosten für den Austausch der Lichtquelle ein entscheidender Faktor, denn diese können leicht die Kosten der Lichtquelle übersteigen. Daher ist nicht nur die Frage, wer den Austausch durchführen kann von Bedeutung, sondern wie lange der Austausch in der konkreten baulichen Situation dauert. Hier dürften LED-Lampen gegenüber LED-Modulen oft im Vorteil sein.

Lichtquelle	austauschbar durch Endnutzer	austauschbar nur durch qualifiziertes Fachpersonal
standardisiert	standardisierte LED-Lampe	standardisiertes LED-Modul
nicht standardisiert	nicht standardisierte LED-Lampe	nicht standardisiertes LED-Modul

Tabelle 1: Austauschbarkeit und Standardisierung von Lichtquellen

Neben der Frage, ob die Lichtquellen durch den Endnutzer oder nur durch qualifiziertes Fachpersonal getauscht werden können, ist es aus Sicht des Betreibers von erheblicher Bedeutung, ob es sich um standardisierte LED-Lampen und LED-Module handelt oder nicht. Mit nicht standardisierten LED-Lampen und LED-Modulen begibt sich der Betreiber in der Regel in eine langfristige Abhängigkeit von einem Hersteller. Unter den beiden Gesichtspunkten Austauschbarkeit und Standardisierung ergibt sich für Lichtquellen die Matrix gemäß Tabelle 1. Nicht austauschbare Lichtquellen sind nicht aufgeführt.

DIE VORTEILE VON STANDARDS

In der alten Welt der herkömmlichen Beleuchtungstechnik waren Leuchten ohne standardisierte Lampen undenkbar. Die Betreiber konnten sich bis zur Ausphasung der ineffizienten Lampen darauf verlassen, dass sie diese auch nach vielen Jahren nachkaufen konnten. Die Lampenhersteller konnten ihre Leuchtmittel aufgrund der starken Standardisierung in hohen Stückzahlen kostengünstig fertigen. Diese Situation hat sich mit der LED-Technik grundlegend geändert. Abgesehen von LED-Retrofits (LED-Lampen mit Sockeln der herkömmlichen Beleuchtungstechnik) haben die Leuchtenhersteller ausgerechnet in der kommerziellen Massenanzwendung Leuchten mit fest verbauten LED-Lichtquellen durchsetzen können.

Mit der Rückbesinnung auf die Vorteilhaftigkeit von austauschbaren Lichtquellen im Interesse der Umwelt und der Betreiber stellt sich wiederum die Frage der Standardisierung. Die Interoperabilität von LED-Lampen und LED-Modulen zwischen verschiedenen Herstellern ist das zentrale Argument für eine Standardisierung. Mit der Standardisierung können ferner Skaleneffekte erzielt werden, die sich folglich in einem preisgünstigen Angebot von austauschbaren Lichtquellen widerspiegeln. Eine daraus resultierende automatisierte Massenfertigung fördert die Qualität der Lichtquellen. In der Lichtquelle begründete technische Risiken werden sowohl durch die Standardisierung als auch durch die Austauschbarkeit reduziert. Die höheren Stückzahlen standardisierter Lichtquellen machen Investitionen in Produkt- und Prozessinnovation für die Hersteller attraktiv.

Betreiber und Leuchtenhersteller gewinnen mit standardisierten austauschbaren Lichtquellen Investitionssicherheit und gleichzeitig an Flexibilität. Neue Geschäftsmodelle wie Lighting as a Service (LaaS) oder auch die Reusability können durch standardisierte austauschbare Lichtquellen eine völlig neue Dynamik gewinnen. All diese Vorteile der Standardisierung von austauschbaren Lichtquellen tragen maßgeblich zur Nachhaltigkeit von Beleuchtungslösungen bei. Vor diesem Hintergrund werden sich Leuchtenhersteller zukünftig mit diesem Thema auseinandersetzen müssen.

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, welche LED-spezifischen Standards für austauschbare lineare und punktuelle Lichtquellen aktuell verfügbar sind. Die Standardisierung von LED-Lampen bezieht sich im Idealfall auf zwei Aspekte, das Sockel-Fassungssystem und das Leuchtmittel selbst. Lampensockel und die Fassungen werden durch das IEC genormt. Mit den für die Integration in Leuchten wichtigen Schnittstellen für LED-Module und Lampen, Betriebsgeräte und Sensoren befasst sich das internationale Herstellerkonsortium ZHAGA.

STANDARDS FÜR AUSTAUSCHBARE LINEARE LED-LICHTQUELLEN

Lineare Lichtquellen stellen eine der wichtigsten Formen in der professionellen Beleuchtung dar. Die am meisten verbreiteten herkömmlichen linearen Leuchtmittel sind T8-Leuchtstofflampen mit G13-Sockel und T5-Leuchtstofflampen mit G5-Sockel. Das beschlossene Ende der meisten T8-Leuchtstofflampen zum 1. September 2023 (vgl. auch [6]) und das drohende Verbot von T5-Leuchtstofflampen stellt die Betreiber vor große Herausforderungen.

Umso dringender benötigt der Markt entsprechende Lösungen für standardisierte lineare LED-Lichtquellen. Derzeit stehen für lineare LED-Lampen und LED-Module die Standards gemäß Tabelle 2 zur Verfügung. Retrofitlösungen beispielsweise auf Basis der G13-Sockels sollen hier nicht behandelt werden.

GR6d ist ein LED-spezifisches Sockel-Fassungssystem für lineare Lampen gemäß IEC EN 61001-1 / AMD56:2017, welches für bis zu 2 A 250 V ausgelegt ist. Es handelt sich um ein einseitig elektrisch kontaktiertes System, bei dem der Gegenhalter der mechanischen Aufnahme und dem thermisch bedingten Längenausgleich dient. Ein Push-in-&-Push-out System vereinfacht das werkzeuglose Einsetzen und die Entnahme der Lampen, wobei für die Entnahme noch eine Rückhaltefunktion vor einem unbeabsichtigten Herausfallen der Lampen schützt. Über ein Schlüsselsystem in Fassung und Sockel werden elektrische Parameter definiert (Ströme oder Spannungen). ▶

Lineare Lichtquelle	austauschbar durch Endnutzer	austauschbar nur durch qualifiziertes Fachpersonal
standardisiert	lineare LED-Lampe Sockel/Fassung: GR6d Leuchtmittel: ZHAGA Book 14	lineares LED-Modul Anschlusselement & Modul: ZHAGA Book 21
nicht standardisiert	z. B. R-Tube	

Tabelle 2: Standards für austauschbare lineare LED-Lichtquellen



Abb. 2: GR6d-Sockel-Fassungssystem. Foto: BJB



Abb. 3: LOP26- und LOP15-Lampen mit GR6d-Sockel und unterschiedlichen Lichtverteilungen. Foto: Green Gems

Aufbauend auf das Sockel-Fassungssystem GR6d definiert ZHAGA Book 14 unter anderem die mechanischen Schnittstellen für den Einbau der Lampen in Leuchten. Hier sind insbesondere die definierten Längen L60 (564 mm), L120 (1164 mm) und L150 (1464 mm) zu nennen, die sich an klassischen Längen von T5-Leuchtstofflampen orientieren. Das ZHAGA Book 14 eröffnet die Möglichkeit, die Lichtlenkung in die Lampen zu integrieren. Durch einen Austausch geeigneter Lampen kann nicht nur die Farbtemperatur, sondern auch die Lichtverteilung von Leuchten bei Bedarf verändert werden (vgl. Abb. 3).

Die Lampen in Abb. 3 sind selbstkühlend und die L60-Länge kann problemlos 20 W Leistung pro Lampe aufnehmen, die L120 40 W und die L150 50 W. Die entblendeten Versionen der Lampen (UGR < 19 bei 4H8H) erreichen eine Systemeffizienz (inklusive Verluste des separaten Betriebsgerätes) von bis zu 155 lm/W (4.000 K, Ra 84, Rf 83, Rg 92, R9 16, 25° C). Dieses Effizienzniveau liegt auf Augenhöhe heutiger Leuchten mit fest verbauten LED-Lichtquellen. Eine solche L150-Lampe kann über 7500 lm Lichtstrom erreichen und eignet sich damit für weit mehr als den Ersatz einer Leuchte mit einer 80-W-T5-Leuchtstoffröhre (5.700 lm bei 25° C), bei der noch der Leuchtenwirkungsgrad abgezogen werden muss.

Die GR6d-basierten Lampen unterschiedlicher Hersteller sind heute so konzipiert, dass sie keine Klebe-, Löt- und Kabelverbindungen aufweisen. Daher können die Lampen mit herkömmlichen Werkzeugen zerlegt und die Platinen einfach getauscht werden; die Lampe selbst wird reparierbar und sehr einfach recyclebar.

Als Standard für lineare LED-Module, die nur durch qualifiziertes Fachpersonal am Einsatzort ausgetauscht werden können, wurde ZHAGA Book 21 konzipiert (Abb. 4). Das Anschlusselement (Platinen-Verbinder) ermöglicht eine werkzeuglose Entnahme der Platine, die mit max. 60 V 2 A betrieben werden kann (SELV). Mit ZHAGA Book 26 ist eine non-SELV Version in Planung. Die Verdrahtung erfolgt rückseitig vom Anschlusselement. Die Platinen müssen in der Regel selbstkühlend sein. ZHAGA definiert zwei Platinenlängen 2 ft (601 mm) und 4 ft (1219 mm) und eine Platinenbreite von 20 mm. Für die 4-ft-Platine ist ein Bruttolichtstrom von maximal 8.800 lm definiert (bei 1400 mA). Die lichtlenkenden Elemente müssen in der Leuchte verbaut sein.

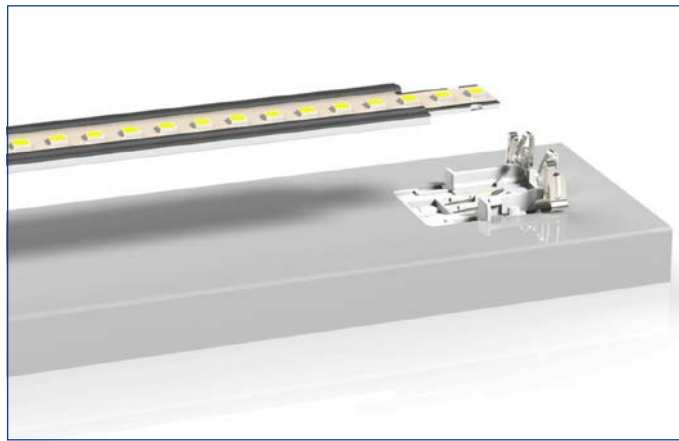


Abb. 4: LED-Modul mit Anschlusselement gemäß ZHAGA Book 21. Foto: BJB

STANDARDS FÜR PUNKTFÖRMIGE LED-LICHTQUELLEN

Punktförmige Lichtquellen werden in vielen Downlights, Tracklights und Spotlights verwendet. In Zweckbauten wurden für solche Leuchten bis Anfang der 2010er Jahre meistens einseitig gesockelte Kompaktleuchtstofflampen (CLF) eingesetzt. Strenggenommen sind Kompaktleuchtstofflampen wegen ihrer großen Abmessungen keine punktförmigen sondern stabförmige Lichtquellen.

Ab dem 1. September 2021 werden Kompaktleuchtstofflampen mit integriertem Vorschaltgerät (CFL-i, Sockel E14, E27 etc.) EU-weit vom Markt weichen müssen. Aufgrund des in Kompaktleuchtstofflampen enthaltenen Schadstoffes Quecksilber droht auch Kompaktleuchtstofflampen ohne integriertes Vorschaltgerät (CLF-ni, Sockel G23, G24-d1, G25-q2, G7 etc.) ein solches Verbot (RoHS). Das würde einen enormen Ersatzbedarf generieren.

Für die Befestigung von COB-LED in Downlights, Tracklights und Spotlights hat sich mit ZHAGA Book 10 in der Leuchtenindustrie ein weit verbreiteter Standard etabliert. ZHAGA Book 10 beschreibt mit D50 und D35 zwei Durchmesser von runden Anschlusselementen für COB. Der kleinere Durchmesser von 35 mm gewinnt vor dem Hintergrund der Miniaturisierung von LED-Leuchten an Bedeutung. Leider lassen sich die so verbauten COB im Feld selbst durch qualifizierte Fachkräfte schwer tauschen. Das liegt daran, dass die Anschlusselemente nicht für einen Austausch in der Einbausituation konzipiert sind und an der Herausforderung, die thermische Schnittstelle zwischen COB und Kühlkörper in dieser Situation prozesssicher wiederherzustellen. Derzeit gibt es für austauschbare punktförmige LED-Lichtquellen die in Tabelle 3 aufgeführten Standards. Diese Aufzählung ist nicht abschließend, greift aber die wesentlichen relevanten Standards auf.

Bei ZHAGA Book 5 handelt es sich um ein Fassungs-Sockelsystem für punktförmige LED-Lampen mit insgesamt 69 mm Durchmesser, das nicht vom IEC genormt ist. Die maximale Systemleistung ist auf ca. 40 W ausgelegt. Das Sockel-Fassungssystem GH36d greift den in ZHAGA Book 10 definierten Durchmesser von 50 mm auf und ist gemäß IEC 61001-1/A58-2018 genormt (vgl. Abb. 5). Fassung und Sockel sind elektrisch bis 2 A 150 V ausgelegt. Das Thermomanagement limitiert die maximale Systemleistung auf ca. 35 W in

Punktförmige Lichtquelle	austauschbar durch Endnutzer	austauschbar durch Endnutzer
standardisiert	Socket/Fassung: GH36d Durchmesser 50 mm	ZHAGA Book 5 Durchmesser 69 mm
noch nicht standardisiert	Socket/Fassung: GH27d Durchmesser 35 mm	

Tabelle 3: Standards für austauschbare punktförmige LED-Lichtquellen



Abb. 5: GH36d-Fassung mit entsprechender LED-Lampe. Foto: Green Gems

Abhängigkeit vom angeschlossenen Kühlkörper. Die maximale Leistung kann über entsprechende Schlüssel codiert werden. Ein Twist- & Lock-System ermöglicht es, die Lampe einfach in die Fassung einzusetzen bzw. aus der Fassung zu entnehmen.

Ein neues offenes System für die Lampe (vgl. Abb. 6) erlaubt das leichte Einsetzen von handelsüblichen COB mit den Footprints 19 x 19, 20 x 24 und 17,85 x 17,85 mm, wobei der COB ähnlich wie bei modernen Anschlusselementen vorgehalten wird. Auf diese Weise wird die Herstellung der Lampe in jedem Schritt der Wertschöpfungskette vereinfacht. Das Lampensystem verfügt bereits über zwei Schnittstellen für Reflektoren oder Optiken mit den Anschlussdurchmessern 50 und 40 mm.

Vor dem Hintergrund der Miniaturisierung von Leuchten wurde jetzt das neue GH27d-System mit 35 mm Durchmesser analog ZHAGA Book 10 entwickelt (vgl. Abb. 7), welches noch nicht standardisiert ist. Es hat die gleiche Bauweise wie das GH36d-Fassungs- und Lampensystem und ist für handelsübliche COB mit den Footprints 13,5 x 13,5, 12 x 15 und 15,85 x 15,85 mm verfügbar. Die maximale Systemleistung ist aufgrund thermischer Restriktionen mit 17 W spezifiziert. Es können Optiken bzw. Reflektoren über eine Schnittstelle mit 35 mm Anschlussdurchmesser angebunden werden.

AUSWIRKUNGEN AUF DAS LEUCHTENDESIGN

Die vorgestellten standardisierten linearen und punktförmigen LED-Lichtquellen ermöglichen ein einfaches modulares Leuchtendesign, mit dessen Hilfe Endnutzer oder qualifiziertes Fachpersonal die Lichtquellen am Einsatzort und im Idealfall auch in der Einbausituation tauschen können.

Für ein schlüssiges Gesamtkonzept muss sich die Modularisierung von Leuchten auf weitere Komponenten erstrecken. Wie bereits in der Verordnung 2019/2020 EU gefordert, muss die zweite wichtige austauschbare Komponente das separate Betriebsgerät sein. Und schließlich



Abb. 6: GH36d-System mit Oberteil, Unterteil und Fassung. Foto: Green Gems

gehören auch optionale Sensoren als dritte Komponente zu einem solchen System, zumindest wenn sie in Leuchten (umgebenden Produkten) eingebaut werden.

Einerseits ist die Standardisierung von Betriebsgeräten weniger vorangeschritten als die Standardisierung von Lichtquellen. Andererseits sind separate Betriebsgeräte in der Regel durch qualifiziertes Fachpersonal tauschbar. Eine gewisse Standardisierung der Abmessungen und Befestigungspunkte von Betriebsgeräten hat in ZHAGA Book 13 stattgefunden. Für die Steuerung von Betriebsgeräten hat DALI-2 einen wichtigen Fortschritt im Hinblick auf die herstellerübergreifende Interoperabilität der Systeme gebracht (IEC 62386). DALI-2 ermöglicht erstmals auch Sensoren auf den Bus zuzugreifen und mit dem Master, Betriebsgeräten sowie anderen Sensoren zu kommunizieren (Multi-Master). DALI-2 Teil 251, 252 und 253 standardisieren zwar die Memory Banks für die Inventarisierung, das Energiemonitoring und die Wartung von Leuchten, tragen aber noch nicht dem Aspekt der Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten Rechnung.

Die Programmierung von Betriebsgeräten wurde außerhalb des DALI-Standards über den LEDset Standard (ZHAGA Book 22/23) und den NFC Standard (ZHAGA Book 24/25) vereinheitlicht. Grundlegende ►

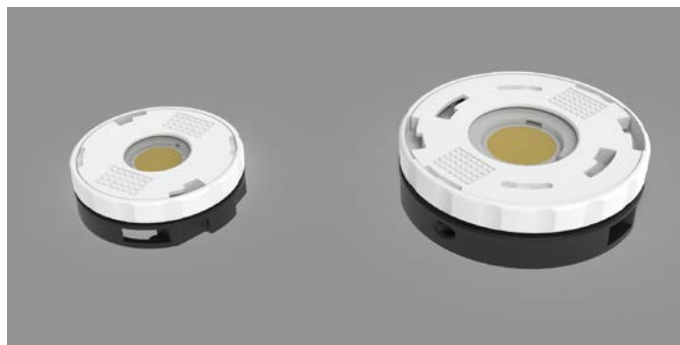


Abb. 7: GH27d mit D35 und GH36d mit D50 im Vergleich. Foto: Green Gems

Aspekte der Austauschbarkeit von Betriebsgeräten unter dem Gesichtspunkt der EMV werden derzeit im Rahmen der ZHAGA TF-EMC erarbeitet. Angesichts der hohen Stundensätze von qualifiziertem Fachpersonal ist die Möglichkeit eines einfachen und bestenfalls werkzeuglosen Wechsels von Betriebsgeräten wünschenswert. Dafür wären (codierte) Steckersysteme innerhalb einer Leuchte sinnvoll.

Solche Steckersysteme und Schnittstellen sind für dedizierte oder nachrüstbare Sensoren bereits definiert. ZHAGA Book 20 beschreibt diese für Indoor-Leuchten und ZHAGA Book 18 für Outdoor-Leuchten. Sowohl die Kommunikation als auch die Energieversorgung zwischen Betriebsgerät und Sensor werden über den D4i Standard im Rahmen der DALI Organisation genormt. Die Themen Steuerung und Sensorik gewinnen nicht zuletzt vor dem Hintergrund der in der EU-Richtlinie 2018/844 zur Gebäudeenergieeffizienz (EPBD) [7] an Bedeutung, in der ein Smart Readiness Indicator (SRI) für Gebäude vorgeschrieben ist, der sich auch auf den Bereich Beleuchtung erstreckt. Mit der nächsten Novelle des GEG wird auch der deutsche Gesetzgeber diese Richtlinie umsetzen müssen.

Die Integration der vorstehenden Aspekte in das Leuchtendesign tragen zur Wartbarkeit, Reparierbarkeit, Update- und Upgradefähigkeit bei, machen Leuchten damit zukunftsfähig sowie bei einem geeigneten Design auch insgesamt nachhaltig. Über das Leuchtendesign werden also wesentliche Festlegungen für die Möglichkeiten einer Circular Economy im Bereich der Allgemeinbeleuchtung getroffen, die sich über Jahrzehnte auswirken. Leuchtenhersteller sollten ein modulares Leuchtendesign aber nicht ausschließlich als ein Beitrag zur Circular Economy verstehen, sondern auch die Chancen erkennen, die in einer Reduzierung der Variantenvielfalt, einer Reduzierung von Lagerbeständen, einer schnellen Lieferfähigkeit über Late Stage Configuration oder sogar Mix & Match durch den Kunden und nicht zuletzt in der Steigerung der Kundenzufriedenheit liegen.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Der Green Deal ist das Zukunftsprojekt der Europäischen Union, um das Wirtschaftswachstum vom Ressourcenverbrauch zu entkoppeln und bis 2050 klimaneutral zu werden. »Do not think the Green Deal is a luxury we cannot afford, it is a lifeline out of the virus [...] Do not fall into trap that COVID is excuse to undo things.« führte der Vizepräsident der Europäischen Kommission Frans Timmermans vor dem ENVI Committee der Europäischen Parlamentes am 21. April 2020 aus.

Die Circular Economy ist der zentrale Baustein dieses Projektes, für welche die EU alle Wirtschaftsakteure in die Pflicht nehmen wird. Mit der Verordnung 2019/2020 hat die EU die ersten Schritte für die Umsetzung dieses Plans im Beleuchtungsmarkt unternommen und erstmals im Artikel 4 die Austauschbarkeit von Lichtquellen und separaten Betriebsgeräten ab dem 1. September 2021 gefordert. Hersteller können diese Austauschbarkeit zwar noch umgehen, indem sie in ihrer technischen Dokumentation begründen, warum der Austausch der Lichtquellen und separaten Betriebsgeräte nicht sinnvoll wäre. Jedoch steht gemäß Artikel 9 f) bereits 2024 die Festlegung zusätzlicher Produktanforderungen an, insbesondere was die Möglichkeiten der Entnahme und Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten angeht.

Die Leuchtenindustrie wäre gut beraten, die Fehlentwicklung von LED-Wegwerfleuchten im letzten Jahrzehnt zu korrigieren und die Entwicklung von nachhaltigen Leuchten im neuen Jahrzehnt aktiv mitzugestalten. Je früher sich Unternehmen darauf einstellen, desto eher werden sie von dieser Trendwende profitieren. Der Beitrag zeigt auf, dass bereits geeignete Standards und Produkte für austauschbare Lichtquellen und separate Betriebsgeräte verfügbar sind. Weitere werden folgen. Erste Leuchtenhersteller bieten bereits entsprechende modulare Leuchten an. Zahlreiche große Betreiber fordern diesen Schritt schon lange und planen ihre Investitionsentscheidungen danach auszurichten.

Der Abschied von der Linear Economy erfordert aber auch zwingend eine engere Kooperation aller Beteiligten des Wertschöpfungskreislaufs wie Planer, Vorlieferanten, Hersteller, Großhändler, Installateure, Kontraktoren, Facilitymanager, Betreiber, Wiederverwerter und Entsorger. Es bieten sich enorme Chancen, im Zuge dieser Transformation neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Technologien als solche sind selten disruptiv, sondern meistens die daraus entstehenden neuen Geschäftsmodelle. Insofern hat der Titel dieses Beitrages »Zurück in die Zukunft« eine doppelte Bedeutung: Zurück zu austauschbaren, aber modernen Lichtquellen. Aber auch das eigentliche Thema des gleichnamigen Films: seine Ängste überwinden etwas zu riskieren, um Neues zu entdecken bzw. Altes wiederzuentdecken. Welcome BTTF (Back To The Future). ■

LITERATUR

- [1] Europäische Kommission (2020): Der europäische Grüne Deal. Mitteilung vom 11.03.2020.
- [2] Europäische Kommission (2019): Verordnung (EU) 2019/2020 vom 1. Oktober 2020 zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Betriebsgeräte. Amtsblatt der Europäischen Union vom 15.12.2019.
- [3] LightingEurope (2020): Guidelines for the application of Commission Regulation (EU) 2019/2020. Version 2 vom 06.10.2020.
- [4] Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2011): Die Richtlinie 2011/65/EU vom 8. Juni 2011 zur Beschränkung und Verwendung gefährlicher Stoffe in Elektronik- und Elektrogeräten (Restriction of Hazardous Substances, RoHS). Amtsblatt Europäischen Union vom 01.07.2011.
- [5] ZVEI Information (2017): Zur Austauschbarkeit von LED-Lichtquellen. Mai 2017.
- [6] Mordziol, Christoph (2019): Abschied von der T8-Lampe. In: Elektro Praktiker 06/2019, 07/2019 und 10/2019.
- [7] Europäisches Parlament und Europäischer Rat (2018): Richtlinie (EU) 2018/844 vom 30. Mai 2018 zur Änderung der Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und der Richtlinie 2012/27/EU über Energieeffizienz. Amtsblatt der Europäischen Union vom 19.06.2018.

Weitere Informationen:

Autoren: Carsten Möllers, Diplom-Kaufmann,
carsten.moellers@green-gems.com;

Werner Motz, Elektrotechniker und Elektromeister, werner.motz@basf.com

Bildquellen: BJB, LightingEurope, Green Gems