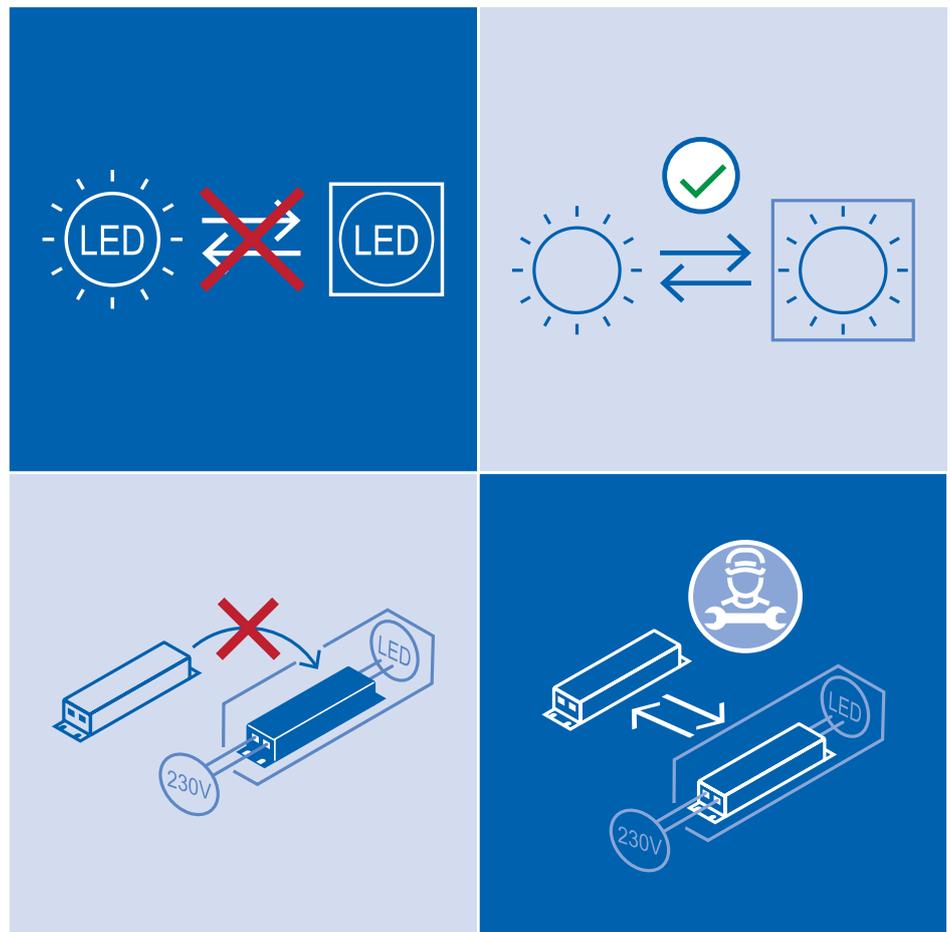


Servicefähige Leuchten

Langfassung





Impressum

Servicefähige Leuchten

Herausgeber:

ZVEI e. V.

Fachverband Licht

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49 69 6302-349

Fax: +49 69 6302-1349

E-Mail: pajek@zvei.org

www.zvei.org/licht

Ansprechpartner: Wolfram Pajek

Oktober 2021

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung, sowie der Übersetzung sind vorbehalten.

Inhalt

1	Ausgangssituation	5
1.1	Kundenerwartungen und Politikziele erfüllen	5
1.2	Austauschen vs. entnehmen von Lichtquellen und Betriebsgeräten	5
1.3	Nachhaltigkeit und EU-Gesetzgebung	5
1.4	Umweltgerechte Produktion und fairer Wettbewerb	6
1.5	Nutzer und Verbraucher	6
1.6	Recycling als Teil des Produktkonzepts	6
1.7	Logistische Optimierung durch variables/modulares Leuchtendesign	6
1.8	Den CO ₂ -Fußabdruck minimieren	6
2	Technischer und gesetzgeberischer Rahmen	7
2.1	Öko-Design Verordnung 2019/2020/EU	7
2.2	Anforderungen an Produkte und Systeme	7
2.3	Sicherheitsbestimmungen, normative Betrachtung	7
2.4	Gewährleistung/freiwillige Garantien	7
2.5	Verfügbarkeit von Ersatzteilen / Ersatz im Garantiefall	8
2.6	Produktlebensdauer	8
3	Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten	10
3.1	Wer darf was austauschen?	10
3.2	Reparatur von Consumer-Produkten	11
4	Förderung der Kreislaufwirtschaft	12
4.1	Ressourceneffizienz	12
4.2	Nachhaltige Produktgestaltung	12
4.3	Produktdesign für langfristig nutzbare Leuchten	13

5	Modularisierung von (professionellen) LED-Leuchten	14
5.1	Welche Komponenten und welche Leuchten kommen für die Modularisierung in Frage?	14
5.2	Schnittstellen als Schlüssel für die Modularisierung	14
5.3	Austauschbarkeit, Interoperabilität und Plug & Play von Modulen/Komponenten einer Leuchte	17
5.4	Standardisierung von Schnittstellen	18
5.5	Innovation und Differenzierung vs. Standardisierung	18
5.6	Zertifizierung von Komponenten und Leuchten	19
6	Reparierbarkeit von Leuchten	20
6.1	Neuralgische Komponenten, die zu einem Ausfall einer Leuchte führen können	20
6.2	Verwendung von Ersatzkomponenten	20
6.3	Bereitstellen von Reparaturanleitungen	20
6.4	Ausnahmen für Sonderleuchten und Spezialleuchten	20
6.5	Software	20
7	Blick über den Tellerrand	22
8	Fazit	23
9	Anhang	24

1 Ausgangssituation

1.1 Kundenerwartungen und Politikziele erfüllen

Die Lebensdauer von Leuchten und Lichtquellen hat einen großen Einfluss auf Wirtschaftlichkeit, energetische Bewertung und Nachhaltigkeit von Beleuchtungsanlagen. Vor dem Hintergrund der aktuellen Ökodesignverordnung 2019/2020/EU behandelt dieses Positionspapier die Themen Nutzungsdauer, Service, Reparatur, Upgrade-Fähigkeit und Recycling als wesentliche qualitative Parameter des ökologischen Fußabdrucks von Beleuchtungskörpern.

Lichtprodukte werden auf unterschiedlichen Vertriebswegen in den Markt gebracht. Der Verkauf von Consumer-Ware erfolgt über den stationären Einzelhandel (Fachgeschäft, Baumarkt, Möbelhandel, Discounter) sowie zunehmend über den Onlinehandel. Je mehr positive wie negative Erfahrungen die Verbraucherinnen und Verbraucher im Umgang mit LED-Produkten gemacht haben, desto größer sind deren Erwartungen an Langlebigkeit und Servicefähigkeit von Leuchten. Der traditionell gewohnte Wechsel der Lichtquelle spielt hier eine nach wie vor große Rolle.

Professionelle Leuchten werden über den Elektrogroßhandel oder im Direktvertrieb (Projektgeschäft) zwischen Unternehmen gehandelt. Im Idealfall liegt für die Produktauswahl oder die Ausschreibung eine Lichtplanung vor, welche Aspekte der Nachhaltigkeit berücksichtigt und applikations- und nutzer-gerechte Anforderungen an Energieeffizienz, Lebensdauer und Ersatzteilverfügbarkeit definiert. Professionelle Produkte werden in der Regel vom Hersteller so konzipiert, dass sie die benötigten Einsatzdauern erfüllen. Defekte treten eher selten auf und können bei vielen Leuchten oftmals repariert werden.

1.2 Austauschen vs. entnehmen von Lichtquellen und Betriebsgeräten

Sofern es in der jeweiligen Anwendung sinnvoll ist, kann die Lebensdauer von Leuchten durch den Austausch einzelner Komponenten verlängert werden. Das bedeutet, dass Lampen, LED-Module und ggf. weitere Komponenten von Nutzern oder von Fachpersonal nach Anleitung gewechselt werden können, um die ordnungsgemäße Funktion der Leuchten aufrecht zu erhalten oder wiederherzustellen.

Hingegen fordert die aktuelle Ökodesignverordnung 2019/2020/EU, dass Lichtquellen zumindest entnehmbar sein müssen (falls die Lichtquelle nicht entnehmbar ist, wird die Leuchte zur Lichtquelle, siehe auch ZVEI-Informationsschrift „**Ökodesign, Energieverbrauchskennzeichnung, EPREL-Datenbank – Anforderungen für die Beleuchtung**“). Ebenso wird dort gefordert, Lichtquellen und Betriebsgeräte austauschbar zu gestalten. Das ist nicht notwendig, wenn technische Gründe einer Austauschbarkeit entgegenstehen. Entnehmen kann einmalig sein und ist nicht mit einem Austausch gleichzusetzen. Die Intention der Verordnung ist die Überprüfung der Marktkonformität und damit der Qualität von Lichtquellen durch die Marktüberwachungsbehörden. Beim Entnehmen von Lichtquellen kann die Leuchte, falls erforderlich, zerstört werden. Die Lichtquelle selbst muss für die Behörden überprüfbar bleiben und der Lieferant muss eine entsprechende Anleitung zur Verfügung stellen.

1.3 Nachhaltigkeit und EU-Gesetzgebung

Nachhaltigkeit ist eines der großen politischen Ziele der EU. Die Reduzierung des Energieverbrauchs bei Herstellung und Betrieb, Langlebigkeit und Reparierbarkeit sowie die Nutzung wiederverwendbarer Stoffe zur Schonung von Ressourcen sind permanenter Auftrag der Politik an die Industrie. Werden Produkte aus Sicht der Politik in diesen Feldern nicht weiterentwickelt, schaffen Parlament und Kommission unter Mitwirkung von Interessenvertretern aus Gesellschaft und Industrie gesetzliche Rahmenbedingungen, damit die Produkte gemäß den technischen Möglichkeiten konsequent weiterentwickelt werden. Ein Beispiel dafür ist die aktuelle Ökodesignverordnung 2019/2020/EU.

1.4 Umweltgerechte Produktion und fairer Wettbewerb

Die Mitgliedsfirmen des ZVEI nehmen ihre gesellschaftliche Verantwortung ernst. Es ist ihnen ein Anliegen, die Produkte rohstoffschonend, energieeffizient und recyclebar zu gestalten. Dazu unterstützen sie ausdrücklich die Zerlegung und Demontage als auch die Dokumentation von eventuell existierenden Schadstoffen in den Produkten. Aufgrund der langen Einsatzdauer (teilweise bis zu 35 Jahre) der Produkte, sind die Belange einer vollständig geschlossenen Kreislaufwirtschaft kaum vorhersehbar. Mit Blick auf die Wettbewerbssituation fordern die Mitgliedsfirmen des ZVEI, dass

Marktteilnehmer, welche die hohen EU-Anforderungen an Lichtprodukte nicht einhalten, von den Marktaufsichtsbehörden konsequent identifiziert und sanktioniert werden.

1.5 Nutzer und Verbraucher

Professionelle und private Käufer und Nutzer erwarten einen problemlosen Betrieb ihrer Beleuchtungsprodukte, was die Servicefähigkeit der Produkte einschließt. Die traditionell erlernte Erwartungshaltung an die Nutzungsdauer von Leuchten beträgt mehrere Jahre. Verbrauchsmaterial wie beispielsweise Lampen (z.B. Glühlampen) oder Starter waren bei vielen Produkten relativ kurzlebig, jedoch schnell verfügbar und einfach auszutauschen. Bei vielen LED-basierten Produkten sind hingegen Verbrauchsmaterialien wie Starter nicht erforderlich.

Diese Kundenerwartung hat sich durch den Technologiewechsel zu LED nicht verändert. Es besteht die Befürchtung, dass beim Ausfall der LED-Lichtquelle die ganze Leuchte unbrauchbar wird. Verbraucherschutzverbände teilen diese Haltung und haben Kampagnen gegen fest in Leuchten verbaute LED-Lichtquellen initiiert, in denen sie den Anstieg von „Einwegleuchten“ kritisieren.

Tatsächlich haben LED-Komponenten normalerweise eine hohe Lebensdauer. Sie gehen nur in Ausnahmefällen kaputt. In seltenen Fällen, z.B. bei sehr hohen Betriebszeiten kann bei langlebigen Leuchten, z.B. in industriellen Umgebungen oder in der Außenbeleuchtung, die Lebensdauer von Lichtquelle und Leuchte voneinander abweichen.

1.6 Recycling als Teil des Produktkonzepts

Die Kreislaufwirtschaft in der EU zielt darauf ab, Materialien verbrauchter Produkte nach der Aufbereitung wiederzuverwenden und dadurch anfallenden Elektroschrott vollständig zu vermeiden oder zumindest zu reduzieren. Die Einsatzmöglichkeiten von Recycling-Rohstoffen sind unterschiedlich gut. Metalle lassen sich einfach wiederverwerten, da sie unendlich oft aufgearbeitet werden können und der Energieaufwand für recycelte Materialien immer geringer ist als bei der Rohstoffgewinnung aus Erzen. Bei technischen Kunststoffen und Elektronikbauteilen ist die Beurteilung schwieriger. Hier müssen oftmals zuerst neue Aufbereitungsverfahren entwickelt werden. Diese Verfahren sind von den Herstellern zu beobachten, damit sie die Produktentwicklung und das Design zugunsten eines optimalen Recyclings ständig anpassen können.

1.7 Logistische Optimierung durch variables/modulares Leuchtendesign

Ein variables/modulares Leuchtendesign würde nicht nur die Reparatur, sondern zugleich ein Upgrade der Leuchten auf effizientere Lichtquellen oder neue Anforderungen der Beleuchtungsaufgabe ermöglichen. Beispielsweise können identische Leuchtengehäuse in verschiedenen Applikationen eingesetzt werden. Dazu werden sie mit den jeweils passenden LED-Lichtquellen (ggf. inklusive Optik) ausgestattet. Ebenso können Leuchten mit unterschiedlichen Kommunikationsbausteinen oder Sensoren auf die jeweiligen Anwendungen abgestimmt werden. Bereits heute sind erste Konzepte, in der Regel als Teil hochwertiger Leuchten, im Markt verfügbar. Die Industrie arbeitet daran, diese Ansätze auch einem breiteren Markt zugänglich zu machen.

1.8 Den CO₂-Fußabdruck minimieren

Der CO₂-Ausstoß bei der Produktion und im Betrieb beeinflusst die Umweltbilanz von Beleuchtungsprodukten. Möglichst geringe CO₂-Emissionen durch optimalen Energieeinsatz während Herstellung, Transport, Installation und Betrieb liegen im ökologischen Interesse von Herstellern und Nutzern. Für eine vergleichbare Bewertung von CO₂-Emissionen während des Produktlebenszyklus wäre ein international verbindliches Verfahren hilfreich.

2 Technischer und gesetzgeberischer Rahmen

2.1 Öko-Design Verordnung 2019/2020/EU

Die im Dezember 2019 erschienene EU-Verordnung 2019/2020/EU fordert in Artikel 4 die Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten, außer wenn der Hersteller begründet, dass die Austauschbarkeit technisch nicht sinnvoll ist.

Die EU sieht in Artikel 9 vor, spätestens bis zum 25.12.2024 die Festlegung zusätzlicher Produktanforderungen an die Ressourceneffizienz gemäß den Grundsätzen der Kreislaufwirtschaft, insbesondere was die Möglichkeit der Entnahme und die Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten angeht, zu prüfen und ggf. anzupassen.

Darüberhinaus gehende, zukünftige Anforderungen an die Produktgestaltung sollten über ein vorgeschaltetes, so genanntes Impact Assessment auf ihre Wirksamkeit hin untersucht werden. Viele Vorgaben spiegeln sich in den heutigen Produkten bereits wider, jedoch werden die Produkte erst nach 20 und mehr Jahren Einsatzdauer recycelt und verwertet werden. Moderne Fertigungsverfahren und Materialien setzen andere Maßstäbe als Verfahren vor der Jahrtausendwende und somit ist die Wirksamkeit der heutigen produktgestalterischen Anforderungen erst in einigen Jahren im Wertstoffkreislauf zu erfassen.

Nachhaltigkeit ist in allen Mitgliedsfirmen von zunehmender Bedeutung. Produkte, die bereits im Markt sind, können jedoch nur bedingt mit den heute geltenden Anforderungen der Nachhaltigkeit bewertet werden. Die daraus resultierenden Investitionen und die Einbettung in Geschäftsmodelle obliegt der Verantwortung des Herstellers.

2.2 Anforderungen an Produkte und Systeme

Die Anforderungen an Produkte und Systeme einer Beleuchtungsinstallation sind grundsätzlich geprägt durch den Anwendungsbereich und die Art der Leuchte. Grundlegende, in Normen festgelegte Sicherheitsanforderungen sind zu berücksichtigen. Daneben gibt es eine anwenderseitige Erwartungshaltung in Bezug auf die zahlreichen Qualitätskriterien einer Lichtinstallation. Die Merkmale werden hier nicht weiter vertieft, hängen jedoch u.a. direkt mit dem Leuchtmittel zusammen. Klassische Leuchtmittel wurden dabei stets mit einer standardisierten Schnittstelle, dem Sockel, versehen. Mit dem Einzug der LED-Technik sind, mit Ausnahme von Retrofit-Lampen, die zumeist international gängigen Schnittstellen in den Hintergrund gerückt.

Die Minderung dieser Einflussmöglichkeit durch den Anwender stellt heute insbesondere das Kriterium der Zuverlässigkeit in den Vordergrund. Als wesentliche Einflussfaktoren der Systemzuverlässigkeit sind neben der LED-Lichtquelle und dem Betriebsgerät zusätzlich die mechanischen und elektrischen Verbindungen sowie optische Materialien oder Dichtungsmaterialien zu nennen. Temperaturen spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

2.3 Sicherheitsbestimmungen, normative Betrachtung

Normen zur Produktsicherheit regeln derzeit den Ersatz von LED-Lampen und LED-Modulen.

Der Austausch von Betriebsgeräten ist zurzeit nicht geregelt. Die europäisch harmonisierten Normen DIN EN 62031 (Sicherheit von LED-Modulen) und DIN EN 60598 (Sicherheit von Leuchten) umfassen sicherheitsrelevante Anforderungen an den Austausch von Lichtquellen. Darüber hinaus erarbeitet die CEN/CENELEC JTC10 Normen zur Reparierbarkeit von Produkten.

Alle Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten müssen auf Basis der Sicherheitsvorschriften und Normen erfolgen.

2.4 Gewährleistung/ freiwillige Garantien

Für die Angabe der Lebensdauer einer Leuchte ist, wie auch für alle anderen Angaben, bedeutsam, welche rechtliche Relevanz eine Angabe des Herstellers hat. Zunächst müssen aus rechtlicher Sicht drei Begriffe unterschieden werden: Gewährleistung (Mängelhaftung), Garantie und zugesicherte Eigenschaften.

Die Gewährleistung (Mängelhaftung) ist die gesetzliche Verpflichtung aller Hersteller. Über die gesetzliche Gewährleistung hinaus bieten viele Hersteller eine freiwillige Garantie an. Diese schließt sich in der Regel direkt an den Gewährleistungszeitraum an und kann durch den Hersteller mit individuellen Bedingungen gestaltet werden. Welche Produkte eines Herstellers von einer Garantie abgedeckt werden und welche Mängel und darüber hinausgehende Leistungen (Sekundärkosten) abgesichert sind, variiert von Hersteller zu Hersteller, da diese ausschließlich auf freiwilliger Basis angeboten werden.

Sollte ein Hersteller weitere technische Eigenschaften ausdrücklich zusichern, haftet er üblicherweise ebenfalls im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen zur Mängelhaftung. Eine Eigenschaft gilt als „zugesichert“, wenn der Vertragspartner zusichert, dass er rechtlich dafür einsteht, dass sie tatsächlich vorhanden ist.

2.5 Verfügbarkeit von Ersatzteilen / Ersatz im Garantiefall

Im Rahmen ihrer freiwilligen individuellen Garantiebedingungen stellen Hersteller sicher, dass Ersatzprodukte oder Ersatzteile verfügbar sind. Die jeweilige Garantiedauer hängt dabei stark von der Produktgruppe und dem Zielanwendungsgebiet ab.

2.6 Produktlebensdauer

Die Lebensdauer einer Leuchte unterscheidet sich in vielen Fällen von der Lebensdauer einer Lichtquelle.

Bei Lichtquellen wird die Lebensdauer mit dem Lichtstromerhalt zu einem bestimmten Zeitpunkt (Lichtstrom-Degradation) und ihrem Totalausfall beschrieben.

Die Angaben zur Lebensdauer von Lichtquellen (Lichtstrom-Degradation und Totalausfallswahrscheinlichkeit) sowie zur Ausfallwahrscheinlichkeit von Vorschaltgeräten basieren in der Regel auf statistischen Annahmen und Erfahrungen mit einer großen Anzahl gleicher Produkte.

Für die Lebensdauer einer Leuchte sind weitere kritischen Komponenten zu betrachten, z.B. Dichtungen oder Abdeckungen.

Um die Lebensdauer einer Leuchte zu erhalten und zu verlängern, können Reparatur- und Wartungsarbeiten vorgenommen werden. Vornehmlich um den Wartungswert der Beleuchtungsstärke in einer Beleuchtungsanlage sicherzustellen, gilt:

- Defekte LED-Module sowie defekte Betriebsgeräte müssen umgehend ersetzt werden.
- Die Alterung der Lichtquellen spiegelt der Lichtstromerhalt wider. Der Rückgang des Lichtstroms wird bereits bei der Planung durch das Einrechnen des Wartungsfaktors berücksichtigt. Die Alterung der Betriebsgeräte ist zu vernachlässigen.

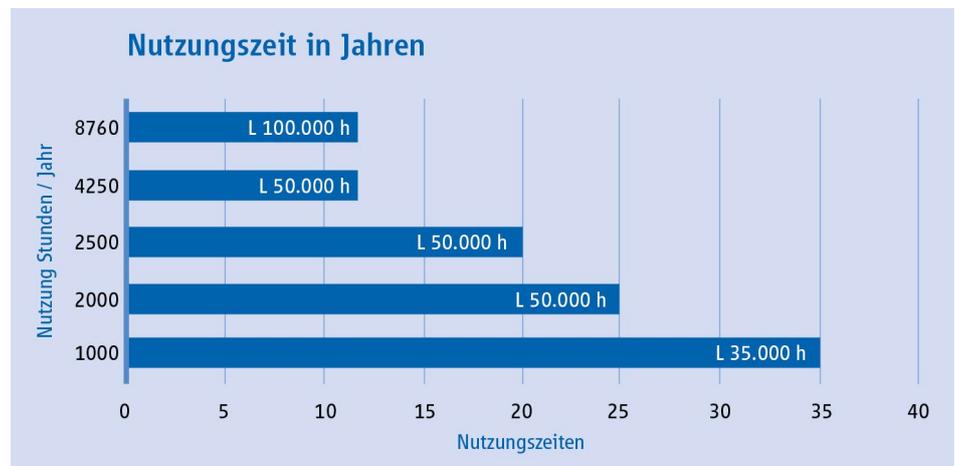
Folgende Annahmen helfen bei der statistischen Vorhersage von Ausfällen und Wartungsintervallen: Ausfallraten der LED-Module für 50.000 Betriebsstunden liegen zwischen 0,1 Prozent und zehn Prozent. Für Betriebsgeräte sind zehn Prozent pro 50.000 Betriebsstunden die Regel. Frühausfälle zu Beginn der Nutzungsdauer sind bei modernen Konstruktionen nicht mehr in relevanten Mengen zu erwarten.

Wartung bzw. Reparatur hängen von den geplanten Betriebsdauern in der Beleuchtungsanlage ab. Im Consumer-Bereich sind häufig Betriebsdauern von ca. drei h/Tag oder etwa 1.000 h/Jahr zu betrachten. Im professionellen Einsatz sind Betriebsdauern von 2.000 h/Jahr über 2.500 h/Jahr bis hin zu 4.250 h/Jahr neben einem Dauerbetrieb von 8.760 h/Jahr üblich.

Anhand der Angaben zur Lebensdauer der Lichtquellen können so die Zeiträume bestimmt werden, zu denen mit dem Austausch der Lichtquellen zu rechnen ist.

Beispiel: Bei Betriebszeiten von 2.500 h pro Jahr und einer Lebensdauer von 50.000 h könnte nach 20 Jahren ein Austausch erfolgen. Bei Dauerbetrieb wäre der Austausch allerdings nach 5,7 Jahren zu erwarten.

Zur Festlegung der Wartungsintervalle berücksichtigt der Planer bei der Dokumentation des Wartungsfaktors neben den Lebensdauern auch die Zeitpunkte der Reinigung der Leuchten und des Raums. Siehe hier auch den ZVEI-Leitfaden „Planungssicherheit in der LED-Beleuchtung - Begriffe, Definitionen und Messverfahren: Grundlagen für Vergleichbarkeit - 3. Ausgabe“. Ziel des Planers ist es, über den geplanten Betriebszeitraum der Beleuchtungsanlage den Wartungswert der Beleuchtungsstärke sicherzustellen.



Grafik 1: Nutzungszeiten in Jahren für Lichtquellen mit unterschiedlichen Lebensdauern L. Quelle: ZVEI

Die Grafik 1 zeigt, dass je nach Nutzungszeit pro Jahr bei Lichtquellen mit unterschiedlichen Lebensdauern sehr unterschiedliche Nutzungszeiten zu erwarten sind.

Professionelle Planer bestimmen die Anzahl und Anordnung der Leuchten, um den vorgegebenen Wartungswert der Beleuchtungsstärke bis zur Lebensdauer sicher zu überschreiten. Sie berücksichtigen den Lichtstromrückgang und neben der Wahrscheinlichkeit von Totalausfällen auch die Möglichkeit des Einzelaustauschs.

In ausgewählten Anwendungsfällen sind die mechanischen, thermischen und elektrischen Eigenschaften für einen Betrieb über die Dauer des beschriebenen Lichtstromerhalts hinaus ausgelegt. Anwendungsspezifisch kann eine regelmäßige Wartung gemäß Herstellerangaben notwendig sein, z.B. bei Dichtungen von Außenleuchten. Für einen fachgerechten Austausch sind Werkzeuge und Materialien gemäß Herstellerunterlagen zu verwenden.

Bei längeren Nutzungszeiten können sich auch die Anforderungen an die Beleuchtungsanlagen und die installierten Leuchten ändern. So kann z.B. im Rahmen einer Wartung der Wunsch nach höheren Lichtströmen, anderen Lichtfarben oder nach zusätzlichen Ansteuerungsmöglichkeiten auftreten. Modulare Leuchten sollten bereits heute mit Blick auf die Nachhaltigkeit für zukünftige Anforderungen an die Beleuchtung und ihre weiteren Anwendungsmöglichkeiten für die Nachrüstung bzw. den Austausch von Komponenten vorbereitet sein.

3 Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten

3.1 Wer darf was austauschen?

Separate Betriebsgeräte

Können und dürfen Nicht-Fachleute separate Betriebsgeräte tauschen? Allgemein ist die Frage eindeutig mit Nein zu beantworten. Die elektrischen Verbindungen zum Versorgungsnetz sowie zu weiteren Baugruppen in der Leuchte sind in der Regel mit Leitungen mit freien Leitungsenden ausgeführt, die in Steckklemmen gesteckt sind. Beim Lösen dieser Leitung besteht unmittelbar die Gefahr durch Berühren der dann freien Leitungsenden einen elektrischen Schlag zu erleiden. Darüber hinaus ist es sehr wichtig, dass die Verdrahtung entsprechend dem auf dem Betriebsgerät dargestellten Schaltplan erfolgt, da ansonsten mit Fehlfunktionen und dem Ausfall des Betriebsgeräts sowie anderer Komponenten zu rechnen ist. Ein Austausch von Betriebsgeräten darf deshalb aus Sicherheitsgründen ausschließlich von Fachleuten ausgeführt werden.

Für den Austausch durch Nicht-Fachleute wären grundsätzlich nur Betriebsgeräte mit berührungs- und verpolungsgeschützten Steckverbindungen auf der Primär- und Sekundärseite geeignet, da hierbei keine Gefahr eines elektrischen Schlags besteht und der elektrisch korrekte Anschluss sichergestellt ist.

In Leuchten integrierte Betriebsgeräte

Für in Leuchten integrierte Betriebsgeräte gelten die gleichen Anforderungen wie für separate Betriebsgeräte. Zusätzlich sind weitere Parameter zu betrachten. Zum Beispiel kann der Austausch durch Veränderung der Leitungsführung oder Positionierung im Gehäuse Auswirkungen auf die EMV (Elektro-Magnetische Verträglichkeit), d.h. die Störung anderer Geräte, haben. Die thermische Anbindung und somit die Wärmeabfuhr kann bei ungeeigneter Montage die Lebensdauer einschränken. Der Schutz gegen elektrostatische Entladung (ESD) ist ebenfalls zu beachten.

Beim Austausch von Lichtquellen und Betriebsgeräten werden folgende Fälle unterschieden:

- **Austausch durch den Endnutzer** (werkzeuglos am Einsatzort der Leuchte)
Die Leuchte ist technisch so aufgebaut, dass der Endnutzer zu keinem Zeitpunkt Gefahren (mechanisch/elektrisch, Netzspannung) ausgesetzt ist bzw. im Zuge des Austauschvorgangs Beschädigungen (z.B. durch ESD/fehlerhafte Wärmeleitung/Verschmutzung/elektrische Verbindungen) auftreten können. Das bedeutet in der Praxis, dass durch den Endnutzer grundsätzlich lediglich Lampen (Lichtquellen mit Sockel/Fassungssystem) bzw. Komponenten mit verpolungssicheren und berührungsgeschützten Steckverbindungen ausgetauscht werden können. Etwa wenn der Endnutzer die eingesetzte Lampe z. B. durch eine Retrofit-LED-Lampe ohne Werkzeug und ohne elektrische Änderung der Leuchte ersetzt.
- **Austausch durch eine Fachkraft** (am Einsatzort)
Ein Austausch von Lichtquellen (z.B. LED-Module) und Betriebsgeräte ist möglich, sofern der Leuchtenhersteller dies vorgesehen hat. Die Arbeiten übernehmen Fachkräfte, um:
 - die Sicherheit der beteiligten Personen zu wahren (Schutz gegen elektrischen Schlag)
 - die Komponenten (z.B. LED-Module) vor unsachgemäßer Behandlung und Beschädigung zu schützen (zum Beispiel ESD)
 - die mechanische, thermische und elektrische Verbindung zwischen Leuchte, Lichtquelle und Betriebsgerät wiederherzustellen.

Durch den fachgerechten Austausch bleiben die Betriebseigenschaften der Leuchte und die lichttechnischen Eigenschaften erhalten.

- **Austausch durch den Hersteller** (im Werk)
Wenn der Hersteller es anbietet, können Lichtquellen und Betriebsgeräte im Werk ausgetauscht werden. In diesem Fall ist sichergestellt, dass alle betriebs-, sicherheits- und anwendungstechnischen Eigenschaften erhalten bleiben.
- **Kein Austausch**
Für Lichtquellen und Betriebsgeräte, die fest in Leuchten verbaut sind, ist kein Austausch vorgesehen bzw. ist dieser mechanisch nicht möglich. Die Nutzungsdauer der Leuchte entspricht der Nutzungsdauer der verwendeten Komponenten.

3.2 Reparatur von Consumer-Produkten

Der ZVEI-Fachverband Licht empfiehlt Reparaturen ausschließlich über professionelle Marktteilnehmer vorzunehmen. Sogenannte Repair Cafés, die durch das Europäische Parlament befürwortet werden, zählen hierzu nicht. Allein aus Haftungsgründen ist eine Reparatur in Repair Cafés nicht praktikabel. Ziel der Repair Cafés ist es, Produkte kostengünstig instand zu setzen. Zurzeit existieren ca. 840 Repair Cafés in Deutschland. Zu festgelegten Terminen reparieren versierte Hobbyhandwerker gebrauchte Geräte von Verbrauchern.

Auf der Seite www.reparatur-initiativen.de sind Informationen dazu aufgeführt, welche Produkte vom jeweiligen Repair Café instandgesetzt werden und wann dort der nächste Reparaturtermin ist. Im günstigsten Fall kann das Gerät vor Ort beim ersten Termin ohne Ersatzteile kostenfrei wieder zum Laufen gebracht werden. Sofern Ersatzteile erforderlich sind, müssen diese entweder durch den Verbraucher oder durch den Fachmann des Repair Cafés gegen Kostenerstattung beschafft werden.

Es ist zu beachten, dass Repair Cafés keine Garantie für ein Gelingen der Reparatur geben können. Vor der Reparatur muss in der Regel eine Erklärung zur begrenzten Haftung unterschrieben werden. Aufgrund der bestehenden Einschränkungen ist die Reparatur professioneller Leuchten in Repair Cafés schon aufgrund der Anzahl zu reparierender/umzurüstender Produkte (häufig größere Anzahl Leuchten einer Beleuchtungsanlage) und der fehlenden Haftungsübernahme nicht praktikabel und wird nicht empfohlen.

4 Förderung der Kreislaufwirtschaft

4.1 Ressourceneffizienz

Ressourceneffizienz ist eine wichtige Voraussetzung für eine grüne und kohlenstoffarme (Kreislauf-) Wirtschaft. Sie bedeutet „mit weniger mehr erreichen“. Die Ressourcen können in Form verschiedener Stoffströme vorliegen, die einen Produktlebenszyklus durchlaufen, wie z.B. Rohstoffe, Wasser, Energie, Luft und Boden. Um einen grundlegenden Ansatz für die Erhaltung von Ressourcen zu haben, müssen Lebenszyklusdenken und Perspektiven der Wertschöpfungskette berücksichtigt werden.

In der **Phase der Rohstoffgewinnung oder -aufbereitung** müssen anstelle von Primärrohstoffen Sekundärrohstoffe berücksichtigt werden. Die knappen Ressourcen und kritischen Materialien (ADPs) werden auch bei der verantwortungsvollen Beschaffung und bei Substitutionsalternativen mit besseren oder geringeren Auswirkungen auf die Umwelt berücksichtigt.

Im **Produktionszyklus** wäre das Zielbild, den Kreislauf zu schließen, der es wirklich ermöglicht, den erzeugten Abfall, das Abwasser und vor allem durch Produktströme innerhalb desselben Prozesses zu recyceln oder wiederzuverwenden oder als Nebenprodukt (anderes Produkt oder Sekundärrohstoff) wiederzugewinnen. Des Weiteren unterstützt ein verbessertes Produktdesign durch den Einsatz von weniger (goldhaltigen) LEDs die Materialeffizienz.

In der **Installations-/Nutzungsphase** erfolgt dies in Form von Effizienzleistungen der LED-Leuchte. Die Energieeffizienz kann durch den Einsatz von effizienteren Komponenten, LMS (Lichtmanagementsystem) bzw. alternativ CLO (Constant Light Output), maßgeblich gesteigert werden. Energieeffizienz ist kostenbezogen und hat direkte Auswirkungen auf den Endverbraucher. Daher ist sie aufgrund ihrer direkt kostensparenden Wirkung möglicherweise weiter fortgeschritten als die Materialeffizienz. Die Materialeffizienz kann jedoch auch zu wirtschaftlichen Einsparungen führen, wenn sie sinnvoll angewendet wird. Zielsetzung für eine optimale Effizienz ist es, die Leuchte so lange wie möglich in der Anwendung zu behalten.

In der **End-of-Life-Phase** soll das Produkt reparierbar (Materialeffizienz ist zu prüfen), wiederverwendbar oder recycelbar sein, um die Erschöpfung von Ressourcen und die anfallenden Abfallmengen zu vermeiden oder zumindest zu verringern. All diese Eigenschaften des Produkts müssen in der Phase des Produktdesigns mit Hilfe von Ökobilanzen und Eco-Design-Richtlinien integriert werden und durch Recycling-Anreize unterstützt werden.

Bei der nachhaltigen Gestaltung der Leuchte ist die Definition des Produkts von entscheidender Bedeutung und muss je nach Anwendungsbereich, Leuchtentyp sowie Massen- und Projektleuchte individuell betrachtet werden.

4.2 Nachhaltige Produktgestaltung

Im Rahmen der nachhaltigen Produktgestaltung „Ökodesign“ muss der gesamte Lebenszyklus eines Produkts betrachtet werden. Ausgehend von der Gewinnung der Rohstoffe und der verantwortungsvollen Beschaffung, der gesamten Produktions- und die End-of-Life-Phase wie auch die Materialkennzeichnung, sind das alles relevante Aspekte.

Maßnahmen zur Kreislaufwirtschaft wie langlebiges Produktdesign, Wiederverwendbarkeit, Reparierbarkeit und Recycling sind vorgesehen, um die Lebensdauer von Produkten zu verlängern. Dies würde zu einer geringeren Erschöpfung der Primärressourcen und knappen Materialien, zu weniger versteckten Abfällen während der Produktion (Energie- oder Wasser- oder Chemikalienintensivität) und zur Verringerung des Abfalls am Ende des Produktlebenszyklus führen.

Produkte und Systeme wie LED enthalten auch knappe Metalle, die unter Aspekten der Ressourceneffizienz und des Materialeffizienzpotenzials zu betrachten sind. Sie müssen durch zirkuläre Konzepte wie Reparaturfähigkeit unterstützt werden, um die Lebenszyklen knapper Metalle zu verlängern und die Abhängigkeit von Primärressourcen zu verringern.

Konkrete Anforderungen: CO₂-Reduktion in Produktion, Logistik und Anwendung; Reduktion von umweltbelastenden Materialien; längere Lebensdauer, insbesondere innerhalb der Anwendung; modulares Design von sinnvollen Komponenten; einfache (De-)Montage und Instandhaltung; Gewichtsreduktion durch Komponentenreduktion; Verwendung von multifunktionalen Komponenten; Rezyklierbarkeit und Wiederverwendung nach End-of-Life. Nicht zu vergessen ist dabei auch ein nachhaltiges Supply Chain Management.

4.3 Produktdesign für langfristig nutzbare Leuchten

Wie im Abschnitt 2.6 bereits erwähnt, werden professionelle Leuchten oft über mehrere Jahrzehnte hinweg genutzt. Die Erwartungshaltung an hochwertige Produkte ist nicht nur, dass diese über einen langen Zeitraum keinen Totalausfall zeigen, sondern auch, dass ihre ursprünglichen Eigenschaften (bei Leuchten insbesondere der initiale Lichtstrom) möglichst erhalten bzw. stabil bleiben. Selbstverständlich sollte bei einem dennoch auftretenden Defekt eine unkomplizierte Reparatur zur Werterhaltung der gesamten Leuchte möglich sein. Auch sollten technologische Weiterentwicklungen und Verbesserungen nachträglich integrierbar sein.

Während die letzten beiden Aspekte in Abschnitt 5 adressiert werden, sind im Folgenden die wesentlichen konstruktiven Gesichtspunkte für das Design langlebiger Produkte aufgelistet:

- Geringe Be- bzw. Auslastung von Komponenten, Bauelementen und Materialien (Temperatur, Strom, Spannung etc.)
- Tiefes Verständnis und geeignete Auswahl der verwendeten Technologien
- Berücksichtigung der Anwendungsverhältnisse einschließlich ungewöhnlicher bzw. seltener Betriebsbedingungen
- Nutzung vertrauenswürdiger Quellen für Komponenten und Vormaterialien
- Anwendung wirksamer Methoden und Prozesse zur Qualitätssicherung in der Produktentwicklung und Fertigung

5 Modularisierung von (professionellen) LED-Leuchten

5.1 Welche Komponenten und welche Leuchten kommen für die Modularisierung in Frage?

Bei der Modularisierung von Leuchten-Komponenten liegt der Fokus auf den elektronischen Bauteilen: Lichtquellen, Betriebsgeräte sowie Sensoren und Funkmodule. Diese Komponenten zeichnen sich durch eine hohe technologische Ausbildung und Wertigkeit aus. Dadurch weisen sie ein größeres Potenzial auf, dass ein Austausch bzw. eine Erweiterung innerhalb der Lebensdauer der Leuchte erforderlich oder gewünscht ist, sei es durch Defekte aufgrund äußerer Einflüsse (z.B. Überspannung), altersbedingte Ausfälle oder durch den Bedarf, Komponenten auf einen neuen technischen Stand zu bringen, Sensorfunktionen hinzuzufügen oder die Integration der Leuchte in vernetzte Systeme vorzunehmen. Auch mechanische Bauteile wie Optiken oder Dichtungen etc. haben einen nennenswerten Einfluss auf die Nutzungsdauer. Daher sollte auch hier über eine sinnhafte Verfügbarkeit von Ersatzteilen oder Updatemöglichkeiten nachgedacht werden.

Die Relation der Lebensdauer von Komponenten zu der vorgesehenen Nutzungsdauer der Leuchte ist maßgeblich von dem Anwendungsbereich abhängig und entscheidet über die traditionelle Betrachtung der Austauschbarkeit. So ist beispielsweise bei einer Büroleuchte das Überspannungsrisiko vergleichsweise gering und die geplante Nutzungsdauer geht häufig mit der Lebensdauer der LED-Module und -Betriebsgeräte einher. Im Gegensatz dazu ist eine Straßenleuchte für den Einsatz über mehrere Jahrzehnte bestimmt, mit höherem Materialaufwand hergestellt und größeren Umwelteinflüssen ausgesetzt. Ein unter Umständen mehrfacher Austausch einzelner Komponenten während der Nutzungsdauer ist daher mit möglichst geringem Aufwand konstruktionsbedingt vorzusehen.

Unter dem Blickwinkel der Nachhaltigkeit und der Anwendung der Prinzipien der Kreislaufwirtschaft wird auch der Austausch von LED-Modulen und -Betriebsgeräten in langlebigen Innenleuchten immer interessanter.

Bei der Erweiterbarkeit um neue Funktionen spielen Sensoren eine große Rolle. Das Angebot reicht von der Tageslicht- und Bewegungserkennung über Sensoren mit Funkmodulen zur Vernetzung und Integration in Licht-Management-Systeme bis hin zur Anbindung an Gebäude- oder City-Management-Systeme. Es zeigt sich hier eine systemarchitektonische Entkopplung von Leuchte und Sensor, die insbesondere in der Außenbeleuchtung bereits weit fortgeschritten ist, aber auch für weitere Anwendungsbereiche, wie z.B. die Industriebeleuchtung große Vorteile bringen kann. Eine Leuchte kann dank standardisierter Schnittstellen für vielseitige Sensoren vorbereitet sein, so dass über Funktionalitäten oder die Integration in vernetzte Systeme flexibel, auch zu einem späteren Zeitpunkt, entschieden werden kann. Dies bereitet den Weg für ein breites Angebot an Lösungen und schafft gleichsam Zukunfts- und Investitionssicherheit für den Endkunden.

5.2 Schnittstellen als Schlüssel für die Modularisierung

Damit die einzelnen Module (Komponenten) einer Leuchte bestimmungsgemäß funktionieren und miteinander zusammenarbeiten, müssen die Anforderungen, die ein Modul an seine Umgebung stellt sowie die Dienste oder Leistungen, die es seiner Umgebung bietet, mit den Anforderungen und Diensten der anderen Module und Leuchtenteile abgestimmt sein. Die Beschreibung solcher abgestimmten Anforderungen und Dienste oder Leistungen von Modulen eines Systems an der Schnittstelle zu seiner Umgebung erfolgt durch Schnittstellen-Spezifikationen (engl.: interface specifications). Für eine gezielte Modularisierung von Leuchten, bei denen die Module ggf. sogar von mehreren unterschiedlichen Herstellern angeboten werden können, spielen solche Schnittstellen-Spezifikationen eine zentrale Rolle. Sie können in der Regel in mehrere Schnittstellendimensionen oder -bereiche gegliedert werden (z.B. mechanische, elektrische, optische, thermische Schnittstellen; Schnittstellen zur Informations- und Datenübertragung; Schnittstellen, die für die Sicherheit oder elektromagnetische Verträglichkeit wichtig sind etc.). Teilweise decken Schnittstellen-Spezifikationen nur bestimmte Aspekte aller möglichen Dimensionen ab, um z.B. einen gewissen Freiraum für eine individuelle Produktgestaltung zu ermöglichen. Im Folgenden werden die verschiedenen Dimensionen oder Bereiche der Modulschnittstellen näher betrachtet.

Mechanische Schnittstellen

Leuchtmittel: Im Hinblick auf Schnittstellen für LED-Leuchtmittel existieren bereits heute werkzeuglos bedienbare Sockel-Fassungs-Systeme, wie diese aus der konventionellen Welt bekannt sind.

Einige sind bereits in IEC standardisiert:

- **Punktförmige Lichtquellen**
 - GH36d (IEC-Standard)
 - GX53 (IEC-Standard)
 - GH76-p (kein IEC-Standard)
 - GH69-h (kein IEC-Standard)

- **Lineare Lichtquellen**
 - GX16t-5 (IEC-Standard)
 - GR6d-x (IEC-Standard)
 - GZ16 (kein IEC-Standard)

Daneben definieren diverse Zhaga-Bücher die Abmessungen für LED-Module und legen deren Befestigungsmerkmale fest. Dabei werden letztlich ebenfalls mechanische Schnittstellen beschrieben. Beispielfähig ist für lineare Module das Book 7 (Linear and square LED modules) zu nennen und das Book 13 für punktförmige Bauteile (LED modules for spotlighting).

Betriebsgeräte: Hervorzuheben ist, dass von nun an auch Betriebsgeräte den Anforderungen der EU im Hinblick auf Austauschbarkeit genügen sollen. Für Betriebsgeräte existieren im Vergleich zu Lichtquellen bislang wenig definierte Schnittstellen. Einen ersten Ansatz bildet das Zhaga Book 13, hier sind die mechanischen Abmessungen sowie die Position der Befestigungspunkte beschrieben.

Sensoren: Spricht man über Sensor-Schnittstellen, so können erste Spezifikationen für Außen- (Book 18) und Innenleuchten (Book 20) genannt werden. Diese gehen über die mechanische Dimensionierung hinaus und beschreiben zudem elektrische Parameter.

Elektrische Schnittstelle (Spannung, Strom, Leistung, Protokolle, Daten)

Ein wichtiges Beispiel einer elektrischen Schnittstelle zwischen Leuchtenkomponenten ist die zwischen einem LED-Modul und einem LED-Betriebsgerät. Dabei sind nicht nur die für das LED-Modul passenden Versorgungsspannungen und -ströme unter Berücksichtigung der zu erwartenden Toleranzen, der Temperaturbedingungen, der auftretenden Ripple-Ströme und des differentiellen Modul-Widerstands zu betrachten. Wichtig sind auch die Isolationsanforderungen des Moduls bzw. der Leuchtenkonstruktion und ggf. auftretende Überspannungen. Wesentliche Kriterien sind dazu in den entsprechenden IEC-Sicherheitsnormen sowie im Zhaga-Buch 22 „LEDset Power Interface Specification“ beschrieben. Bei der LEDset-Schnittstelle nach Zhaga-Buch 23 „LEDset1 - Information Interface Specification“ kann ein LED-Modul dem Betriebsgerät mit Hilfe eines Widerstandswerts mitteilen, mit welchem Strom es betrieben werden möchte. Elektrische Schnittstellen zwischen Sensoren oder Funkmodulen und Betriebsgeräten basieren häufig auf dem DALI2- oder D4i-Protokoll des DiiA-Konsortiums. Dabei werden digitale Steuersignale und ggf. auch gespeicherte Leuchteninformationen sowie gemessene Betriebsdaten ausgetauscht.

Thermische Schnittstelle

Viele Komponenten oder Materialien dürfen nur in einem bestimmten Temperaturbereich betrieben werden, damit ihre zugesicherten Eigenschaften (Funktion, Arbeitsweise, Lebensdauer, Sicherheit etc.) eingehalten werden. Oft spielt dabei der Wärmeübergang von einer Komponente auf eine andere eine entscheidende Rolle. Insbesondere bei leistungsstarken LED-Lichtquellen ist es wichtig, dass die Kühlanforderungen der LED-Module mit den Kühleigenschaften der Leuchte zusammenpassen.

Entsprechende Temperaturmessungen unter definierten Prüfbedingungen können nicht nur die Einhaltung von Mindestanforderungen belegen, sondern ggf. auch Aussagen über die thermischen Reserven für die Kombination von Komponenten und Leuchten zulassen. Detaillierte Beschreibungen von Anforderungen und Prüfverfahren sind den Sicherheits- und Performancenormen sowie auch in Herstellerangaben und z.B. in diversen Zhaga-Büchern für LED-Module enthalten.

Optische Schnittstelle

Optische Systeme und Komponenten sind ein weiterer wichtiger Bestandteil von Leuchten. Zu nennen sind Reflektoren, Linsen, Diffusoren und Kollimatoren in unterschiedlichen Ausprägungen. Die korrekte Ausrichtung und Anbindung einer optischen Komponente relativ zur Lichtquelle ist am Ende der Maßstab für die Lichtqualität bzw. das Beleuchtungsergebnis, gleichgültig ob eine homogene Ausleuchtung oder ein engstrahlender Spot gefordert wird. Dabei sind die spezifischen Anforderungen stets an die Applikation und das Einsatzfeld gebunden. Eine Außenbeleuchtung hat andere Anforderungen an das Beleuchtungsergebnis als eine Bürobeleuchtung - was Einfluss auf die Beschaffenheit der optischen Komponente zur Folge hat. Die Auswahl der optischen Komponente wiederum wird mit jeweils anders gearteten mechanischen Befestigungsmethoden gepaart. Zu nennen ist die gesamte Bandbreite diverser Prinzipien wie das Schrauben, Kleben, Klemmen, Prägen, Rasten usw. Dabei entscheidet auch das Material des optischen Elements (Glas, Kunststoff, Silikon) über die Befestigungsmethode. Eine Standardisierung zu gestalten erscheint vor diesem Hintergrund äußerst komplex, ist aber dennoch im Zusammenhang mit standardisierten LED-Modul-Formfaktoren möglich. Beispielfhaft zu nennen ist die Definition von optischen Schnittstellen in diversen Zhaga-Büchern.

Reprolight

Das EU-Projekt „Reprolight“ behandelt die Thematik, welche Komponenten, vorzugsweise mit standardisierten Schnittstellen ausgestattet, einer Leuchte im Hinblick auf die Nachhaltigkeit austauschbar sein sollten.

Die Frage, welche Komponenten einer Leuchte austauschbar sein sollten, lässt sich nicht einmalig für alle Produkte beantworten. Je nach Leuchtentyp, Anwendung, Hersteller werden unterschiedliche Anforderungen an die Ersetzbarkeit gestellt. So erzeugt jede ausgetauschte Lichtquelle „Elektronikschrott“, der Stand heute nicht oder nur schwer (teilweise) recycelt werden kann und reduziert gleichzeitig die Menge knapper Ressourcen (z. B. seltene Erden), die zur Herstellung der neuen Lichtquelle benötigt werden. Darüber hinaus sind in der Leuchte zusätzliche Komponenten zu verbauen, die einen sicheren (mehrfachen) Austausch der Lichtquelle ermöglichen. Dem gegenüber ist bei einer defekten Leuchte mit nicht austauschbaren Komponenten die gesamte Leuchte zu tauschen bzw. zu entsorgen.

In einer Fallstudie mit sehr hochwertigen und langlebigen Industrieleuchten war die Umweltbelastung durch die Materialnutzung für die Szenarien mit austauschbaren und mit nicht austauschbaren Lichtquellen etwa gleich groß. Diese Ergebnisse können für andere Produktkonstellationen u.U. deutlich abweichen.

Es gibt Beleuchtungsanwendungen, bei denen die technische Lebensdauer der Leuchte nicht der limitierende Faktor ist, da sie bereits länger als die durchschnittliche Nutzungszeit ist. In solchen Fällen hat eine Option des Austauschs von Teilen, um die Lebensdauer der Leuchte zu verlängern, keinen Einfluss auf die Nachhaltigkeit.

In anderen Szenarien lassen sich andere Schlussfolgerungen ziehen, zum Beispiel bei einem „Light as a Service“-Geschäftsmodell. Da die üblichen Vertragslaufzeiten viel kürzer sind als die technische Lebensdauer der Leuchten, stehen die Dienstleister vor der Herausforderung, den Restwert der Leuchten nach ihrem ersten, vergleichsweise kurzen Leben, anderweitig zu nutzen. Ein Ansatz ist die Wiederverwendung der Leuchten oder Komponenten, wo eine Neukonfiguration erforderlich sein könnte, um die Eigenschaften der Leuchte an die neue Anwendung anzupassen. Dieses erfordert daher ein modulares System mit austauschbaren Komponenten. Gerade für zukünftige Entwicklungen empfiehlt es sich schon heute, modulares Leuchten-Design umzusetzen. Es ist jedoch noch zu klären,

wer die Produktverantwortung für Leuchten mit ausgetauschten Komponenten trägt. Lichtquellen und Betriebsgeräte sind hinsichtlich einer Austauschbarkeit nicht spezifisch genormt (wie in der Vergangenheit z.B. Entladungslampen). Der Austausch von Komponenten erfordert technisches Fachwissen. Der sichere Weg in solchen Fällen ist, den Austausch durch Experten, entweder des Leuchtenherstellers selbst oder durch andere Fachkräfte vorzunehmen.

5.3 Austauschbarkeit, Interoperabilität und Plug & Play von Modulen/ Komponenten einer Leuchte

Definitionen und Einordnung

Die Erwartungshaltungen an „austauschbare“ Leuchtenkomponenten können sehr unterschiedlich sein. Sie reichen von vollkommen baugleichen Komponenten, die von einem Endnutzer zuhause werkzeuglos ausgetauscht werden können, bis hin zu Komponenten, die nur von Fachleuten unter Nutzung von Spezialwerkzeugen in dafür ausgestatteten Werkstätten ausgetauscht werden können. Dabei sind womöglich bauliche Anpassungen erforderlich und auch die resultierenden Eigenschaften der Leuchte können sich dabei ändern. Es ist daher sinnvoll, die wichtigsten Begriffe für ein einheitliches Verständnis zu klären.

„Die Austauschbarkeit im technischen Sinne ist die Möglichkeit, bestimmte Objekte ohne Veränderung durch andere Objekte (Baugruppen oder Systeme) zu ersetzen.“ [www.irman.de].

Diese Definition geht davon aus, dass nach einem Austausch eines Moduls oder einer Komponente, die ursprüngliche Funktion und Leistungsfähigkeit eines Systems (z.B. einer Leuchte) wieder in gleicher oder annähernd gleicher Weise hergestellt ist. Man betrachtet ein Nachfolgermodul und vergleicht dessen Verhalten im Gesamtsystem relativ zu einem Vorgängermodul. Bauliche Anpassungen sind nicht erforderlich. Es werden in dieser Definition keine Angaben gemacht, ob der Austausch durch Endnutzer oder nur durch Fachleute möglich ist. Diese Information ist daher zusätzlich erforderlich.

Völlig anders ist die Bedeutung des Begriffs Interoperabilität definiert als „Eigenschaft, die es verschiedenen Systemen oder Komponenten erlaubt, für einen bestimmten Zweck zusammenzuarbeiten“ [nach International Electrotechnical Vocabulary - IEC 60050].

Das Zhaga-Konsortium, das sich auf die Standardisierung von Schnittstellen für interoperable Leuchtenkomponenten konzentriert, geht in einem White Paper zum Thema Interoperabilität noch einen Schritt weiter und definiert sinngemäß: „Eine Leuchtenkomponente gilt als interoperabel, wenn sie mit (einer) anderen interoperablen Komponente(n) kombiniert werden kann und bestimmungsgemäß funktioniert. (...) Bestimmungsgemäß bedeutet, dass die Komponente in der Lage ist, wie in ihrem Datenblatt spezifiziert, zu funktionieren.“

Es gibt in dieser Definition also kein Vorgängermodul, an dem sich ein möglicher Nachfolger messen muss. Wichtig ist vielmehr die einwandfreie Zusammenarbeit der betrachteten Komponente mit den anderen Komponenten und Teilen der Leuchte. Die resultierenden Eigenschaften und Leistungsmerkmale werden durch die Spezifikation der Komponente eindeutig beschrieben und sind damit weitgehend flexibel und individuell auswählbar. Ein Ökosystem aus interoperablen Leuchten und LED-Modulen kann z.B. gewährleisten, dass alle LED-Module in allen Leuchten aus diesem Ökosystem bestimmungsgemäß betrieben werden können, aber bestimmte Eigenschaften wie Farbtemperatur, Farbwiedergabeindex, Lebensdauer etc. aus dem herstellerübergreifenden Angebot des Ökosystems ausgewählt werden können.

Auch bei dem Begriff der Interoperabilität ist nicht klar, ob die Integration einer Komponente durch einen Laien oder nur durch einen Fachmann erfolgen kann und ob dazu gewisse Anpassungsmaßnahmen (z.B. ein Softwareupdate) erforderlich sind.

Anders verhält es sich bei einer Plug-and-Play-Funktionalität. Hier geht man davon aus, dass die Integration der Komponente ohne Werkzeug und ohne weitere Anpassungen möglich ist.

5.4 Standardisierung von Schnittstellen

Standardisierte Schnittstellen leisten einen Beitrag zu einer verlängerten Lebensdauer von Leuchten und damit zu einem besseren Umgang mit Ressourcen sowie weniger Abfall und Elektroschrott. Sie ermöglichen die Nutzung des technischen Fortschritts und fördern insgesamt die Nachhaltigkeit von Leuchten. Zusätzlich machen Standards es möglich, die Bedürfnisse der Konsumenten zu erfüllen, denn durch sie eröffnet sich die Möglichkeit der Einflussnahme und sie vermitteln - im Gegensatz zu fest verbauten Einheiten - ein gutes Gefühl bei der Investition in Beleuchtungssysteme.

Daher ist es für zukünftige Entwicklungen durchaus zulässig, über eine erhöhte Flexibilität im Produktdesign nachzudenken. Individualität ist dabei ein wichtiger Aspekt, Funktionalität jedoch ein anderer. Und da sich die LED-Technologie immer weiterentwickelt, können Standards dabei helfen, die Vorteile der Modularität zu nutzen:

- einfache Anwendung
- Flexibilität
- zukunftssicher
- ökonomisch
- unterstützt die Einhaltung gesetzlicher Vorgaben

5.5 Innovation und Differenzierung vs. Standardisierung

Standardisierte Module und Komponenten haben genau definierte Eigenschaften und sind daher prädestiniert dafür, austauschbar zu sein. Sie können durch Skaleneffekte oft günstig hergestellt und von mehreren Anbietern bezogen werden. Allerdings stehen die festgeschriebenen Eigenschaften der Entwicklung von Innovationen und der Produktdifferenzierung entgegen. Die Entwicklung von Komponenten auf Basis von standardisierten Schnittstellen schränkt die Flexibilität dagegen deutlich weniger ein – insbesondere, wenn sich diese auf die mindestens erforderliche Interoperabilität (also die bestimmungsgemäße Zusammenarbeit) zwischen den beteiligten Komponenten beschränkt. Der dadurch entstehende Freiraum kann für Differenzierung und Innovationen genutzt werden.

Dieser Zusammenhang soll mit folgendem Beispiel verdeutlicht werden:

Um sicherzustellen, dass ein LED-Modul mit einer Leuchte bestimmungsgemäß zusammenarbeitet, müssen die Parameter der mechanischen Schnittstelle (Abmessungen, Befestigungspunkte, Kontaktierung etc.), der elektrischen Schnittstelle (Betriebsfenster für Spannung und Strom), der thermischen Schnittstelle (Anforderungen an die Entwärmung durch die Leuchte) sowie Sicherheits- und EMV-Aspekte festgelegt sein bzw. berücksichtigt werden. Dagegen sind Qualitätsaspekte wie Farbwiedergabe, Lebensdauer oder Streuung der lichttechnischen Eigenschaften für die bestimmungsgemäße Zusammenarbeit nicht zwingend erforderlich. Auch besondere Eigenschaften wie eine dim-to-warm-Funktionalität oder ein besonderes applikationsspezifisches Lichtspektrum sind denkbar. Die Konzentration der Schnittstellenspezifikationen auf die für die Zusammenarbeit wesentlichen Kriterien erlaubt also Gestaltungsspielräume, mit denen eine Produktdifferenzierung einschließlich völlig neuer Produktmerkmale ermöglicht wird.

5.6 Zertifizierung von Komponenten und Leuchten

Die Nutzung standardisierter Schnittstellen für die Komponenten einer Leuchte ist die Voraussetzung für eine effiziente, sichere und herstellerübergreifende Modularisierung. Allerdings muss darüber hinaus sichergestellt werden, dass alle Hersteller die Anforderungen der Standards richtig implementiert haben. Nur wenn sich Leuchtenhersteller und -nutzer auf das bestimmungsgemäße Zusammenspiel der Komponenten verlassen können, entsteht ein vitales Ökosystem aus vielen Produkten mit möglichst vielfältigen Eigenschaften. Für eine herstellerübergreifende Modularisierung von Leuchten ist daher die Überprüfung der Konformität der Komponenten mit den Anforderungen aus den Standards durch eine unabhängige und kompetente Stelle bzw. durch einen entsprechenden Prozess erforderlich. Die durch Zertifizierung der Produkte ermöglichte Nutzung von geschützten Logos und Einträge in Produktdatenbanken machen die Identifikation der positiv geprüften Produkte einfach möglich.

6 Reparierbarkeit von Leuchten

Leuchten für „traditionelle“ Leuchtmittel (z.B. Glühlampen oder Entladungslampen) ermöglichen aufgrund der begrenzten Lebensdauer der Lichtquelle einen Austausch. Damit einher ging auch eine gute Zugänglichkeit zu den zu reparierenden Komponenten der Leuchten. LED-Lichtquellen als „moderne“ Leuchtmittel bieten viele Vorteile, u.a. eine erheblich höhere Lebensdauer. Während LED-Retrofit-Lampen in einigen Leuchten gleiche Eigenschaften der „traditionellen“ Lampen bieten, verfügen viele Leuchten über LED-Module als wirtschaftliche und kompaktere Lichtquelle. Zudem sind sie in der Regel gegen direkte Berührungen (außerhalb entsprechender Arbeitsplätze) zu schützen. Zusätzlich bieten vernetzte Leuchten weitere Funktionen, die durch neue Komponenten (Software) und Bauteile (u.a. Kommunikationsbausteine) ermöglicht werden. Häufig wird die Ersetzbarkeit von LED-Lichtquelle und -Betriebsgerät angefragt. Die Reparierbarkeit sollte jedoch umfassend betrachtet werden. Dies erfolgt in den folgenden Abschnitten.

6.1 Neuralgische Komponenten, die zu einem Ausfall einer Leuchte führen können

Nach den Erfahrungen der Hersteller treten Ausfälle in folgender Reihenfolge auf. Die meisten Ausfälle treten bei Abdeckwannen und Abschlussgläsern auf. Die wenigsten Ausfälle treten bei Innenverdrahtungen auf:

- Abdeckwannen und Abschlussgläser an Außenleuchten, Leuchten im öffentlichen Raum
- Dichtungen, z.B. an Außenleuchten
- mechanisch bewegbare Teile
- Betriebsgeräte und Sensoren
- LED-Module, ggf. Totalausfall/Teilausfall/Lichtstromdegradation
- Innenverdrahtung

6.2 Verwendung von Ersatzkomponenten

Aufgrund der spezifischen Einsatzgebiete der Komponenten werden in der Regel herstellerspezifische Originalersatzteile zur Verfügung gestellt. Ersatz sollte nur mit vom Hersteller freigegebenen Komponenten erfolgen. Alternative Komponenten, die ohne weiteres verwendet werden können, sind im Allgemeinen nicht vorhanden.

6.3 Bereitstellen von Reparaturanleitungen

Reparaturanleitungen für Fachleute werden nur selten benötigt. Aufgrund der Konzeption der Leuchten ist eine Reparatur durch Nicht-Fachleute nur selten zulässig, deshalb werden Reparaturanleitungen zurzeit kaum zur Verfügung gestellt.

6.4 Ausnahmen für Sonderleuchten und Spezialleuchten

Bei Sonderleuchten bestehen häufig direkte Beziehungen zwischen Hersteller und Anwender, weil die Produkte nach Kundenwunsch gefertigt und Servicefragen bilateral geregelt werden.

Für Leuchten für spezielle Anwendungen gelten besondere Anforderungen, die von gesetzlichen Regelungen häufig ausgenommen sind. Möglichkeit der Reparatur müssen mit dem Hersteller abgestimmt werden.

6.5 Software

Software spielt für die Upgrade-Fähigkeit oder die Reparierbarkeit einer Leuchte eine zunehmend wichtige Rolle. Beispiele für Softwarekomponenten in Beleuchtungssystemen sind:

- Firmware in Betriebsgeräten und/oder LMS-Komponenten (Sensoren, Funkmodule etc.)
- Applikationssoftware zur Parametrierung der Betriebsgeräte bzw. anderer Komponenten
- Applikationssoftware zur Kommissionierung (Systemintegration) bzw. Steuerung einer vernetzten Beleuchtungsanlage
- Kommunikationsprotokolle zwischen Komponenten der Leuchte (DALI2, D4i, ...) und/oder zu externen Steuerungssystemen

Mittlerweile sind viele Betriebsgeräte berührungslos über eine NFC-Kommunikationsschnittstelle programmierbar. Damit können deren Betriebsparameter spezifisch auf die Leuchte oder auf die Installation abgestimmt werden. Die Hersteller programmierbarer Betriebsgeräte stellen dazu Softwarepakete bereit, die mit der in den Betriebsgeräten verwendeten Firmware eng abgestimmt sind. Sie kreieren damit innovative Werkzeuge und Lösungen, z.B. für die Anpassung der Betriebsparameter von Straßenleuchten vor Ort mit Hilfe von drahtlos verbundenen mobilen NFC-Lesegeräten. Um das Handling der Programmieranwender zu erleichtern, bietet das Zhaga-Konsortium standardisierte Schnittstellenspezifikationen, die die Nutzung einheitlicher NFC-Lesegeräte mit den unterschiedlichen Softwarepaketen der Hersteller ermöglichen. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, dass eine nicht durch den Hersteller autorisierte Umparametrierung der Leuchte sich erheblich auf die Lebensdauer oder Leistungsfähigkeit der Leuchte auswirken kann. Wie auch bei anderen nicht autorisierten Modifikationen an den Produkten trägt derjenige, der die Veränderungen vornimmt, die Verantwortung für die technischen und rechtlichen Folgen, die unter anderem erhebliche Auswirkungen auf Haftungs-, Gewährleistungs- und Garantie- und Arbeitsschutzfragen haben können.

Innovative Leuchten verfügen zunehmend nicht nur über steuerbare und datenerfassende Betriebsgeräte, sondern auch über Sensoren und/oder funkbasierte Kommunikationsmodule. Die Upgrade-Fähigkeit oder die Reparierbarkeit solcher Leuchten hängt wesentlich davon ab, dass die Schnittstellen zwischen diesen Komponenten herstellerübergreifend standardisiert sind.

Die DALI Alliance bietet dazu mit den DALI2- und D4i-Kommunikationsprotokollen geeignete Lösungen, die von den mechanischen Schnittstellenspezifikationen nach Zhaga-Buch 18 und 20 komplementär ergänzt werden.

7 Blick über den Tellerrand

Bei anderen Produktgruppen werden regulatorische Anforderungen an die Ressourceneffizienz gestellt. Davon sind z.B. seit dem 1.3.2021 Waschmaschinen, Wäschetrockner, Geschirrspüler, Kühlgeräte und Fernsehgeräte betroffen. Für diese Geräte müssen dann Ersatzteile sieben bzw. zehn Jahre verfügbar sein, ebenso müssen Reparatur- und Wartungsinformationen bereitgestellt werden. Die Ersatzteile müssen mit allgemein verfügbaren Werkzeugen und ohne Beschädigung des Geräts ausgetauscht werden können.

Weiterführende Informationen sind hierzu in der ZVEI-Broschüre „Das neue Energielabel - Waschmaschinen, Wäschetrockner, Geschirrspüler, Kühlgeräte, Fernsehgeräte“ vom August 2020 zu finden.

8 Fazit

Energieeffiziente LED-Lösungen haben heute die ineffizienteren, traditionellen Technologien weitestgehend ersetzt. Im nächsten Schritt rücken somit die Herausforderungen und zusätzlichen Möglichkeiten der LED-Technologie sowie der Digitalisierung der Beleuchtung in den Fokus.

Die Mitgliedsfirmen des ZVEI begrüßen und unterstützen die Bestrebungen der europäischen Gesetzgebung zur Verbesserung der Nachhaltigkeit und Kreislaufwirtschaft.

Servicefähige Leuchten werden hierzu einen zentralen Beitrag leisten. Durch Austauschbarkeit einzelner Komponenten, Reparierbarkeit und Upgrade-Fähigkeit lässt sich die Gesamtnutzungsdauer erhöhen. Gezielte Auswahl und gute Zerlegbarkeit unterstützen den nachhaltigen Umgang mit Materialien und Komponenten.

Entwicklung, Konstruktion, Fertigung sowie Logistik, die bis zur Rücknahme einzelner Komponenten oder des gesamten Produkts reicht, stellt die Industrie vor neue Herausforderungen. Es ist wahrscheinlich, dass Leuchten, bei denen eine Servicefähigkeit nicht vorgesehen ist, in der Anschaffung günstiger sind. Erst die Beachtung der gesamten Lebenskosten sowie die eingerechneten Folgekosten für Natur und Umwelt machen einen fairen Vergleich möglich.

Es müssen faire Marktbedingungen geschaffen werden, die servicefähige und damit nachhaltige Produkte zu einer echten Wahlalternative für Verbraucher machen. Vorgaben für Einzelmaßnahmen sind dabei weniger hilfreich als ganzheitliche Betrachtungen über die einzelnen Phasen hinweg – vom Design über Herstellung, Planung der Beleuchtung, Betrieb und Entsorgung der Produkte. Der bisher gewohnte Austausch von Lampen kann für moderne LED-Leuchten kontraproduktiv sein und nur scheinbar umweltfreundlich, da LED-Komponenten bei weitem nicht als erstes in einer Leuchte ausfallen.

Langlebige und servicefähige Leuchten sollten von öffentlichen Auftraggebern bevorzugt werden. Die Industrie hat ein großes Interesse an umweltverträglichen Produkten und unterstützt die Kreislaufwirtschaft.

Im Gegensatz zu langlebigen oder servicefähigen Produkten sollten umweltschädliche, kurzlebige „Wegwerfprodukte“ durch zukünftige EU-Regularien sanktioniert werden. Dafür darf jedoch kein zusätzlicher bürokratischer Aufwand entstehen und die Innovationsfreiheit sollte gewahrt bleiben.

Die Standardisierung im Bereich Kreislaufwirtschaft hat längst begonnen und sollte weiter intensiviert werden z.B., um bei der Rücknahme einzelner und aller Komponenten eine schnellere Wiederverwertbarkeit durch entsprechende Kennzeichnung zu ermöglichen.

Die Etablierung eines geeigneten und fairen Verfahrens zur Sichtbarmachung der Servicefähigkeit von Leuchten und deren Beitrag zur Kreislaufwirtschaft sollte unterstützt werden. Ein Beispiel wären hier Herstellererklärungen nach definierten Kriterien.

9 Anhang

Begriffe aus der Normung (IEC 60598-1, Ed.9 und IEC 62031)

Lichtquelle – Lampe mit Lampensockel, Modul (LED) oder eine andere Lichtquelle, die sichtbare optische Strahlung erzeugt und in einer Leuchte genutzt und/oder eingebaut werden kann.

Ersetzbare Lichtquelle – Lampe mit Lampensockel oder sonstige Lichtquelle, die z. B. über Klemmen oder Verbinder angeschlossen wird und ausgetauscht werden kann.

Nicht ersetzbare Lichtquelle – langlebige Lichtquelle, die für dauerhaften Gebrauch bestimmt und fester Bestandteil einer Leuchte oder eines Moduls ist. Sie kann nicht getauscht werden, ohne dass Leuchte oder Modul beschädigt werden.

Nicht vom Nutzer ersetzbare Lichtquelle – Lichtquelle, die nur durch den Hersteller, seinen Servicevertreter oder eine qualifizierte Fachkraft ersetzt werden kann.

Eingebautes LED-Modul – LED-Modul, das in eine Leuchte oder ein Gehäuse eingebaut wird und in der Regel ersetzt werden kann.

Unabhängiges LED-Modul – LED-Modul, das unabhängig von einer Leuchte oder einem zusätzlichen Gehäuse montiert und betrieben werden kann. Das Typenschild informiert über die jeweilige Sicherheitsklasse.

Zukünftig geplante Ergänzungen der IEC 60598-1 (Ed.10)

User serviceable component – ein in die Leuchte eingebautes Einbaugerät, das vom Benutzer der Leuchte oder einer ähnlich unqualifizierten Person für die Reparatur oder Aufrüstung der Leuchte ausgetauscht werden kann, oder ein Bauteil, das in der Leuchte für die Einstellung ihrer Funktion zugänglich ist.

Non serviceable component – ein Einbauteil, das ein nicht austauschbares Teil der Leuchte ist, weil es entweder nicht ohne Bruch oder Zerstörung der Leuchte ausgetauscht werden kann oder weil es unter einer Abdeckung eingeschlossen ist, die mit einer Schraube oder einem ähnlichen Befestigungsmittel befestigt ist, das nur einmal verwendet werden soll und nicht geöffnet werden kann.

Non-user serviceable component – eine eingebaute Komponente, die nur vom Hersteller, seinem Servicevertreter oder einer ähnlich qualifizierten Person ersetzt werden kann.

Leuchten mit Betriebsgeräten müssen gegebenenfalls mit den folgenden Informationen versehen sein:

Bei nicht austauschbaren Betriebsgeräten:

„Das Betriebsgerät dieser Leuchte ist ein nicht austauschbares Bauteil; wenn das Betriebsgerät das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat, muss die gesamte Leuchte ausgetauscht werden“ oder alternativ Piktogramm.

Für nicht vom Benutzer austauschbare Betriebsgeräte:

„Das in dieser Leuchte enthaltene Betriebsgerät ist ein nicht vom Benutzer austauschbares Bauteil, das nur vom Hersteller oder seinem Servicevertreter oder einer ähnlich qualifizierten Person ausgetauscht werden darf“ oder alternativ Piktogramm.

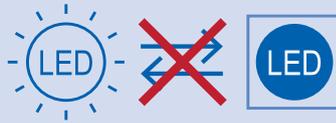
Als Alternative zum Text kann das folgende Piktogramm verwendet werden.

Für vom Benutzer austauschbare Betriebsgeräte:

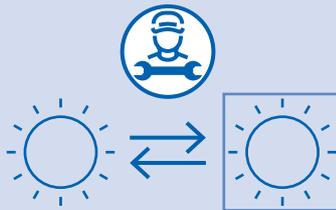
„Das Betriebsgerät dieser Leuchte ist eine vom Benutzer austauschbare Komponente, die gemäß den entsprechenden Empfehlungen des Leuchtenherstellers ausgetauscht werden kann“ oder alternativ Piktogramm.

Als Alternative zum Text kann das folgende Piktogramm verwendet werden.

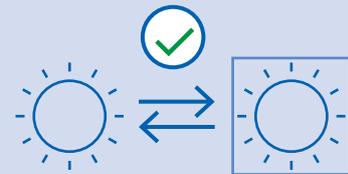
Kennzeichnungen



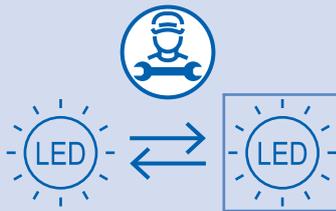
Nicht austauschbare Lichtquelle



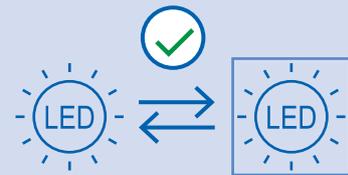
Austauschbare Lichtquelle durch eine qualifizierte Person



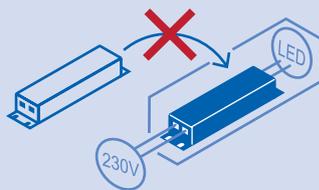
Austauschbare Lichtquelle durch einen Endnutzer



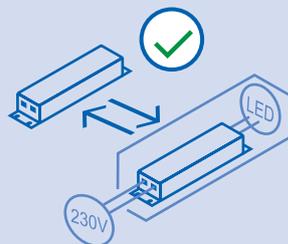
Austauschbare Lichtquelle (nur LED) durch eine qualifizierte Person



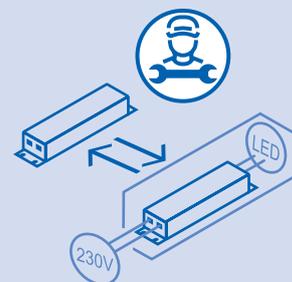
Austauschbare Lichtquelle (nur LED) durch einen Endnutzer



Nicht austauschbares Betriebsgerät



Austauschbares Betriebsgerät durch einen Endnutzer



Austauschbares Betriebsgerät durch eine qualifizierte Person

CEN CLC JTC10:

Die Europäische Kommission hat unter dem Normungsauftrag M/542 CEN CENELEC JTC10 mit der Entwicklung einer Normenreihe beauftragt, EN 45550 bis EN 45559 „Aspekte der Materialeffizienz von energieverbrauchsrelevanten Produkten für Ökodesign“. Gedacht für die mögliche Anwendung auf alle Produkte im Anwendungsbereich der Richtlinie 2009/125/EG für energieverbrauchsrelevante Produkte.

Diese horizontalen Normen sind allgemein gehalten, beschreiben oder definieren grundlegende Prinzipien, Terminologie oder technische Merkmale und Begriffe.

Auf Basis dieser Normen sollen produktspezifische technischen Komitees in Zukunft in die Lage versetzt werden, produktspezifische oder produktgruppenspezifische Normen zu erarbeiten. Die Normen tragen mit ihrer Umsetzung bzw. Anwendung dazu bei, ein ausreichend mögliches Minimum an Abfall zu erzeugen, indem Produkte, ihre Materialien und Ressourcen so lange wie möglich verwendet werden können, um eine nachhaltige, CO₂-arme, ressourceneffiziente und wettbewerbsfähige Wirtschaft zu schaffen.

Folgende Aspekte der Materialeffizienz werden in diesen Normen behandelt:

- Verlängerung der Produktnutzungsdauer;
- Fähigkeit, am Ende der Nutzungsdauer von Komponenten von Produkten diese wiederzuverwenden oder Materialien zu verwerten;
- Verwenden wiederverwendeter Komponenten und/oder verwerteter Materialien in Produkten.

Folgende horizontale Normen sind für energieverbrauchsrelevante Produkte zu betrachten:

Norm	Beschreibung
EN 45550	Definitionen in der Beziehung stehend zu Materialeffizienz
	Definitions related to energy efficiency
EN 45552	Allgemeines Verfahren zur Bewertung der Funktionsbeständigkeit energieverbrauchsrelevanter Produkte
	General method for the assessment of the durability of energy-related products; German version
EN 45553	Allgemeines Verfahren zur Bewertung der Möglichkeit zur Wiederaufarbeitung energieverbrauchsrelevanter Produkte
	General method for the assessment of the ability to re-manufacture energy related products
EN 45554	Allgemeine Verfahren zur Bewertung der Reparier- und Wiederverwendbarkeit sowie Upgrade-Fähigkeit energieverbrauchsrelevanter Produkte
	General methods for the assessment of the ability to repair, reuse and upgrade energy-related products
EN 45555	Allgemeines Verfahren zur Bewertung der Recyclingfähigkeit und Verwertbarkeit energieverbrauchsrelevanter Produkte
	General methods for assessing the recyclability and recoverability of energy-related products
EN 45556	Allgemeines Verfahren zur Bewertung des Anteils an wiederverwendeten Komponenten in energieverbrauchsrelevanten Produkten
	General method for assessing the proportion of reused components in energy-related products
EN 45557	Allgemeines Verfahren zur Bewertung des Anteils an recyceltem Material von energieverbrauchsrelevanten Produkten
	General method for assessing the proportion of recycled material content in energy-related products
EN 45558	Allgemeines Verfahren zur Deklaration der Verwendung kritischer Rohstoffe in energieverbrauchsrelevanten Produkten
	General method to declare the use of critical raw materials in energy-related products
EN 45559	Verfahren zur Bereitstellung von Informationen über Materialeffizienzaspekte energieverbrauchsrelevanter Produkte
	Methods for providing information relating to material efficiency aspects of energy-related products



ZVEI e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Telefon: +49 69 6302-0
Fax: +49 69 6302-317
E-Mail: zvei@zvei.org
www.zvei.org