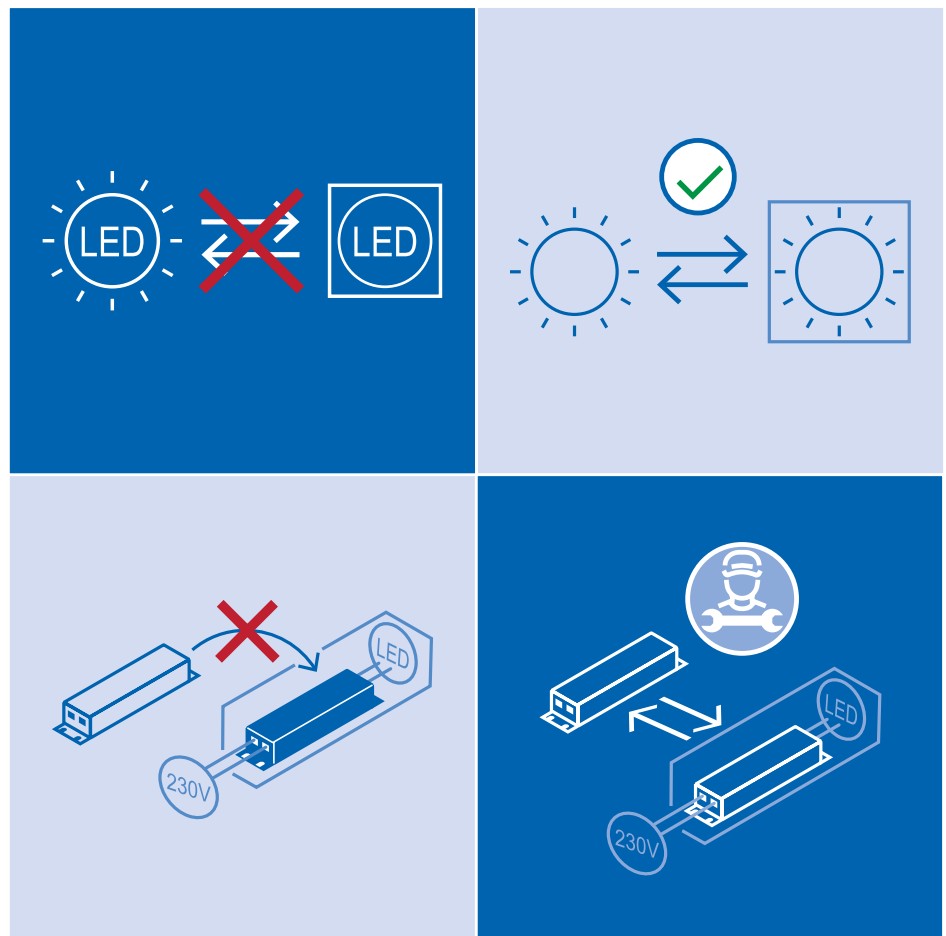


# Servicefähige Leuchten

Kurzfassung





### **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](mailto:pajek@zvei.org)

[www.zvei.org/licht](http://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

<b>1</b>	<b>Ausgangssituation</b>	<b>4</b>
1.1	Austauschen vs. entnehmen von Lichtquellen und Betriebsgeräten	4
1.2	Nachhaltigkeit und EU-Gesetzgebung	4
1.3	Umweltgerechte Produktion und fairer Wettbewerb	4
1.4	Logistische Optimierung durch variables/modulares Leuchtendesign	4
<b>2</b>	<b>Technischer und gesetzgeberischer Rahmen</b>	<b>5</b>
2.1	Öko-Design Verordnung 2019/2020/EU	5
2.2	Verfügbarkeit von Ersatzteilen / Ersatz im Garantiefall	5
2.3	Produktlebensdauer	5
<b>3</b>	<b>Austauschbarkeit von Lichtquellen und Betriebsgeräten</b>	<b>7</b>
3.1	Wer darf was austauschen?	7
<b>4</b>	<b>Förderung der Kreislaufwirtschaft</b>	<b>8</b>
4.1	Ressourceneffizienz	8
4.2	Nachhaltige Produktgestaltung	9
<b>5</b>	<b>Modularisierung von (professionellen) LED-Leuchten</b>	<b>9</b>
5.1	Welche Komponenten und welche Leuchten kommen für die Modularisierung in Frage?	9
5.2	Schnittstellen als Schlüssel für die Modularisierung	10
5.3	Standardisierung von Schnittstellen	10
5.4	Innovation und Differenzierung vs. Standardisierung	10
<b>6</b>	<b>Reparierbarkeit von Leuchten</b>	<b>11</b>
6.1	Neuralgische Komponenten, die zu einem Ausfall einer Leuchte führen können	11
6.2	Verwendung von Ersatzkomponenten	11
<b>7</b>	<b>Fazit</b>	<b>12</b>

# 1 Ausgangssituation

## 1.1 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**“). 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.

## 1.2 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.

## 1.3 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.

## 1.4 Logistische Optimierung durch variables/modulares Leuchtendesign

Ein variables/modulares Leuchtendesign ermöglicht nicht nur die Reparatur, sondern zugleich ein Upgrade der Leuchten auf effizientere Lichtquellen oder neue Anforderungen der Beleuchtungsaufgabe. 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.

## 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.

Weitere Anforderungen an die Produktgestaltung sollten über ein 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 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.

### 2.3 Produktlebensdauer

Die Lebensdauer einer Leuchte unterscheidet sich 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. die 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.

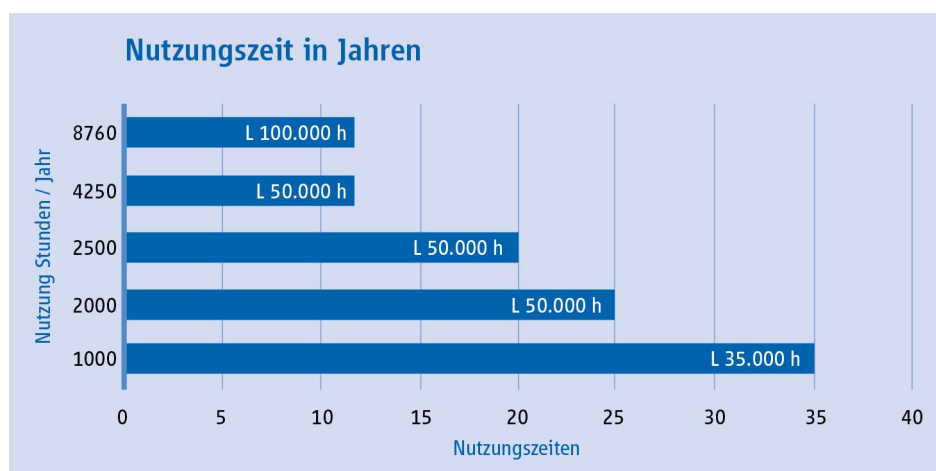
Folgende Annahmen helfen bei der statistischen Vorhersage von Ausfällen und Wartungsintervallen: Ausfallraten der LED-Module für 50.000 Betriebsstunden liegen zwischen 0,1 Prozent und zehn Prozent. Für Betriebsgeräte sind zehn Prozent pro 50.000 Betriebsstunden die Regel. Frühausfälle zu Beginn der Nutzungsdauer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

Zum heutigen Zeitpunkt ist im ZVEI kein größeres Problem mit großflächigen Ausfällen von LED-Leuchten bekannt. Für moderne und hochwertige LED-Leuchten sind im Rahmen ihrer vorgesehenen Nutzungszeit ungeplante Wartungs-, Austausch- oder Reparaturarbeiten nicht üblich.

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.

## 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 recyklierbar 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.

# 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.).

### 5.3 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

### 5.4 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.

# 6 Reparierbarkeit von Leuchten

Leuchten für „traditionelle“ Leuchtmittel (z.B. Glühlampen oder Entladungslampen) ermöglichten 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.

## 7 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.



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](mailto:zvei@zvei.org)  
[www.zvei.org](http://www.zvei.org)