

A nighttime cityscape featuring illuminated skyscrapers, including the Petronas Towers and the CN Tower. Vertical blue light trails are overlaid on the image, creating a sense of digital connectivity.

# KNX DALI

**Planungsleitfaden für KNX DALI-Systeme**  
Smartbeleuchtung für Gebäude

Zweite Ausgabe

[se.com/de](https://se.com/de)

Life Is On

**Schneider**  
Electric



## Planungsleitfaden für KNX DALI-Systeme

### Smartbeleuchtung für Gebäude

<b>A</b> Die Kontrolle der Beleuchtung	<b>5</b>
<b>B</b> Schneider Electric KNX/DALI Beleuchtungskontrollsystem	<b>65</b>
<b>C</b> Anhang	<b>123</b>

A

B

C

Alle in diesem Handbuch genannten Markenzeichen werden nur für Identifikationszwecke verwendet und können eingetragene und vom Copyright ihrer jeweiligen Eigentümer geschützte Marken sein. Insbesondere sind die Bezeichnungen DALI, DALI2, D4i und die jeweiligen Logos eingetragene Markenzeichen der Digital Illumination Interface Alliance (DiiA).



## Vorwort

*Seit der Veröffentlichung der ersten Ausgabe dieses Leitfadens ist erst ein Jahr vergangen. Eine sehr kurze Zeit, wenn es um Gebäudetechnologien geht, eine Zeit, die auch aufgrund von Umständen komplex ist, die nichts mit diesen Themen zu tun haben, obwohl sie zu einigen interessanten Phänomenen im Zusammenhang mit einem radikalen Wandel in der Art und Weise, wie Menschen die gebaute Umwelt nutzen, geführt haben.*

*Geschäftsgebäude haben die Auswirkungen des Smart Working zu spüren bekommen und waren oft nicht darauf vorbereitet, die Umverteilung der Anwesenheit der Menschen „effizient“ zu gestalten, während gleichzeitig viele Wohnungen in technische, kommerzielle oder administrative Büros umgewandelt werden mussten.*

*Selbst unter diesen besonderen Umständen haben die digitalen Technologien ihr volles Potenzial gezeigt, indem sie so plötzliche und umfangreiche Anpassungen von technischen Dienstleistungen wie z. B. der Beleuchtung ermöglicht haben. In allen Gebäuden, die mit Anwesenheitssensoren ausgestattet waren, erfolgte diese Anpassung sofort, spontan und effektiv. In den Gebäuden, die noch mit herkömmlichen Anlagen ausgestattet sind, wurde deren inhärente Ineffizienz noch deutlicher, so dass manuelle Eingriffe erforderlich sind, wo immer dies möglich ist.*

*Und trotz allem hat es in diesem Jahr wichtige Entwicklungen gegeben: Einige der in der ersten Ausgabe des Leitfadens vorgesehenen DALI2-Technologien haben endlich das Licht der Welt erblickt, während andere, die bereits verfügbar sind, nun alltäglich werden, und das ist vielleicht das Wichtigste.*

*Diese Entwicklung zeigt sich in einer neuen Generation von KNX/DALI-Komponenten, die immer leistungsfähiger und in der Lage sind, die neuen Funktionalitäten zu implementieren.*

*Mit diesem Projekt werden die Zielvorgaben für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden noch weiter nach vorne verschoben, indem Aspekte im Zusammenhang mit der Steuerung und Regelung der Systeme zusätzlich betont werden. Eine Anforderung, die einen messbaren, überprüfbaren Parameter benötigt.*

*Der mit der neuen Richtlinie eingeführte Smart-Readness-Indikator (SRI) wird hoffentlich versuchen, diesem Bedarf gerecht zu werden.*

*All diese Elemente zusammengenommen weisen immer deutlicher darauf hin, dass wir uns zu einem System entwickeln, das seine Grundlagen auf „Daten“, auf messbare numerische Ergebnisse stützt. Es besteht nun ein dringender Bedarf an Anlagen, die eine zunehmende Menge an Informationen, Ist-Daten, Prognosedaten und Ergebnissen liefern, die mit bestimmten Ursachen in Verbindung gebracht werden können. Sowohl in Bezug auf die Quantität der verfügbaren Informationen als auch in Bezug auf Qualität, Präzision und Genauigkeit.*

*Die erste Ausgabe dieses Leitfadens stieß bei den Branchenfachleuten auf großes Interesse. Auf mehr als 5.000 Downloads folgten zahlreiche Fragen und Bitten um Klärung oder weitere Informationen. Vielleicht ist dies ein Zeichen, dass die Zeit endlich reif ist, wer weiß?*

*Das Gefühl, das von Tag zu Tag stärker wird, ist, dass es jetzt kein Zurück mehr gibt, und zwar ganz im Gegenteil ...*

Alberto Fabbro  
Konstrukteur, System Integrator und Tutor KNX



## Inhalt A

<b>1. Einführung</b>	<b>6</b>
Rechtsnormen	8
Lichttechnische Gestaltung	9
Energieleistung	10
Der Beitrag von Steuerungs- und Regelungssystemen	15
<b>2. Energieeffizienz der Beleuchtungsanlagen</b>	<b>18</b>
Bewertung der Gesamtenergieeffizienz	19
Der LENI-Parameter	20
Der Faktor der Energiekosten ( $e_L$ )	21
Faktor für die Regelung der konstanten Helligkeit ( $e_{L,c}$ )	22
Kontrollfaktor Anwesenheit ( $e_{L,o}$ )	25
Tageslicht-Harvesting Relativer Tageslichtfaktor ( $e_{L,D}$ )	28
Schlussfolgerungen	32
<b>3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung</b>	<b>34</b>
Die digitale Installation	35
Systeme HBES und BACS	35
KNX - Der weltweite Standard für die Gebäudesteuerung	36
KNX Netzwerkarchitektur TP1-256	38
DALI - Digital adressierbare Beleuchtungsschnittstelle	41
DALI-Produktzertifizierung	43
Architekturen DALI	43
Adressen DALI, Gruppen und Szenen	46
DALI-Steuerungen	47
DALI Interner Gerätespeicher	48
Gerätetypen	49
Erweiterte Befehle der Anwendung	50
DT1 - Unabhängige Notbeleuchtung	51
DT19 - Leuchten für zentrale Notfallsysteme	52
DT6 - LED	53
DT8 - Farbkontrolle	54
DT20 - Demand Response (Lastabwurf)	56
DT50 - Erweiterte Produktinformation	57
DT51 - Energieberichterstattung	58
DT52 - Diagnostik und Wartung	59
Auswahl einer DALI-Leuchte	60
Beleuchtungssteuerungssysteme (LCS)	61
Kontrollsysteme KNX/DALI	61
Das Gateway KNX/DALI	62
Vorteile der KNX/DALI-Architektur	63

# 1. Einführung

A



**Abb. 1.**  
Die Entwicklung  
des Lichts

Die künstliche Beleuchtung war vielleicht der erste Energieverbraucher, den wir in Gebäuden installiert haben. Damit begann ein Prozess der Elektrifizierung der Gebäudehülle, der zunächst ein System für die kapillare Verteilung von Energie und deren Steuerung (z. B. mit einem Schalter) erforderte, und dann Kommunikationsinfrastrukturen für die Verwaltung von Signalen verschiedener Art, die aber für die Nutzung des Gebäudes und seinen Betrieb ebenso grundlegend sind: Telefonie, Gegensprechanlagen, Fernsehsignale, bis hin zur Verbindung mit dem Internet usw.

Im Laufe der Zeit haben sich die Gebäude tiefgreifend verändert, und alles ist irgendwie erst elektrisch, dann elektronisch geworden, hat Automatisierung, Funktionalität und Komfort eingeführt und damit das charakterisiert, was wir heute als technologisch „normale Betriebsausstattung“ betrachten.

In den traditionellen Elektroinstallationen von heute gibt es jedoch vielleicht nur ein Element, das seine Funktion im Laufe der Zeit nicht verändert hat: der Schalter. In konventionellen Systemen betreiben wir die Leuchten genauso, wie es Edison 1880<sup>44</sup> mit seiner Erfindung tat.

Auch die Beleuchtung hat sich verändert und entwickelt sich weiter. Einerseits verändern die neuen LED-Quellen nach und nach die Welt der künstlichen Beleuchtung in all ihren Bestandteilen, andererseits hat die Entwicklung der digitalen Technologie dazu geführt, dass wir Lösungen für die Steuerung und Kontrolle von Objekten und Nutzern haben, die auf ganz anderen Annahmen beruhen: Algorithmen. Heute sind diese deterministisch (d. h. sie beruhen auf bekannten Beziehungen/Regeln zwischen den berücksichtigten Faktoren), werden aber bald nicht deterministisch sein (sie werden autonom von Systemen verarbeitet, die in der Lage sind, zu lernen und sich dem Kontext anzupassen).

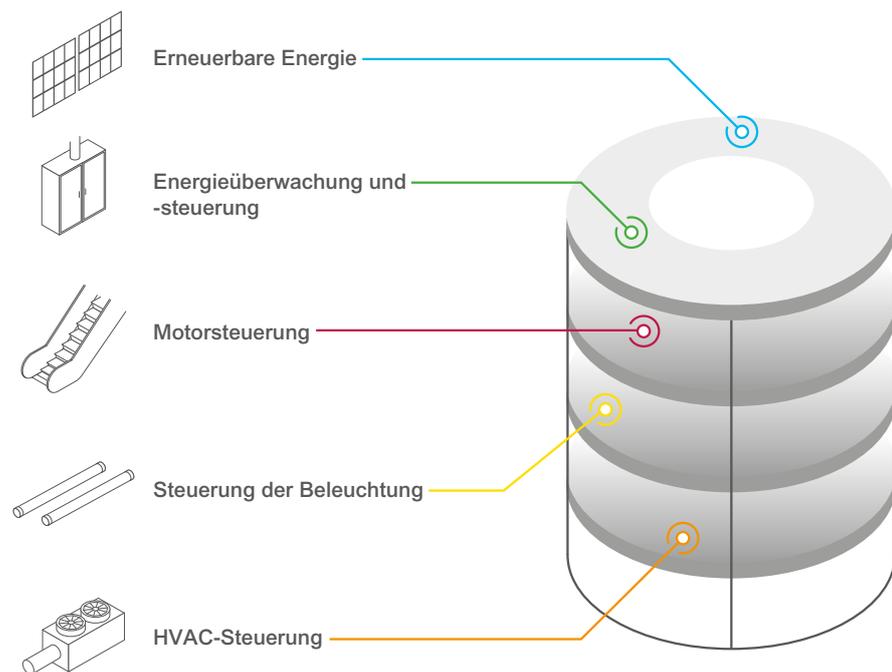
Die technologische Lösung, die für die Kommunikation gewählt wurde, stellt seit geraumer Zeit an sich keinen Mehrwert dar. Ob verkabelt oder drahtlos, ob cloudbasiert oder lokal verwaltet, diese Aspekte bieten dem Markt nichts Wesentliches. Entscheidend ist die Funktionalität, die diese Systeme bieten können, und diese wird stark, wenn auch nicht ausschließlich, von der Funktionalität bestimmt, die von der neuen Generation von Leuchten und Steuergeräten (z. B. Sensoren) unterstützt wird.

(1) Die Erfindung der Glühlampe wird gemeinhin Thomas Edison zugeschrieben, obwohl in Wirklichkeit bereits 1802 mehrere Forscher funktionierende Prototypen gebaut hatten [z. B. Lindsay, Geissler, Becquerel, Woodward und der Italiener Alessandro Cruto, um nur einige zu nennen]. Vielleicht ist es Edisons Verdienst, die Erfindung in ein Produkt verwandelt zu haben, das in großem Maßstab vermarktet werden kann.

## 1. Einführung

Dieser Aspekt wird im Bereich der Gebäudeautomation stark wahrgenommen und ist im Entscheidungsfindungsprozess und im Planungsansatz verwurzelt, der Faktoren wie z.B.:

- Funktionale Interoperabilität zwischen Leuchten und Beleuchtungslösungen verschiedener Hersteller;
- Zeitliche Interoperabilität, die notwendig ist, um den Wert der Investitionen zu gewährleisten;
- Integration, denn die Beleuchtung ist nur ein Teil der Gebäudeinfrastruktur, der von einer höheren Ebene aus gesteuert und kontrolliert werden muss.



**Abb. 2.**  
Anlagenlösungen für  
Smart-Gebäude

Eine Beleuchtungsanlage ist eine Seehilfe und muss als solche in erster Linie (wenn nicht nur) unter diesem Gesichtspunkt korrekt funktionieren.

Der Bereich der Gebäudeinfrastruktur und damit auch der Beleuchtungssysteme ist von Natur aus nicht in der Lage, eine „disruptive“ Dynamik zum Ausdruck zu bringen, da die Arbeit an komplexen und teuren Elementen sehr schwer und komplex ist. Dieser Sektor durchläuft seit langem eine allmähliche, aber stetige Entwicklung hin zur digitalen Technologie, eine Transformation, die notwendigerweise langsam und gut durchdacht ist und im Wesentlichen immun gegen kurzfristige technologische Kontaminationen. Diese langsame Entwicklung darf jedoch nicht unterschätzt werden, und insbesondere in diesem Zeitraum gibt es übereinstimmende und zusammenfallende Elemente (z. B. Gemeinschaftsrichtlinien, technologische Entwicklung von DALI2 usw.), die diesem Moment eine erhebliche Bedeutung verleihen, die der Planer berücksichtigen muss.

Dieser Leitfaden möchte daher auch dazu beitragen, den wohlverdienten „Ruhestand“ dieses Geräts, des Leistungsschalters, weiter voranzutreiben, der nach mehr als einem Jahrhundert ehrenvollen Dienstes endlich auf eine beträchtliche Anzahl moderner, zuverlässiger, leistungsfähiger, aber vor allem technologisch mit der Welt, in der wir leben, vereinbarer Nachfolger zählen kann.

## Rechtsnormen

In vielen Sektoren, vor allem aber im Bausektor, beziehen sich die technologische Entwicklung und die Leistung von Materialien und Geräten auf gesetzliche Normen sowie auf spezifische gesetzliche Anforderungen.

Der Endverbraucher ist nicht in der Lage, die Leistung dieser Systeme selbst zu beurteilen, die daher kollektiv durch ein soziales System gewährleistet werden muss, das die Hersteller zur Einhaltung dieser Normen anhält<sup>45</sup>:

1. Ein Produkt oder eine Vorrichtung muss für die vorgesehene Verwendung geeignet sein und dabei die Einhaltung aller anderen geltenden Normen gewährleisten, z.B. die Sicherheit der Benutzer.
2. Es muss eine wesentliche „Austauschbarkeit“<sup>46</sup> aller Elemente, aus denen es besteht, gewährleistet werden, und zwar aufgrund von Aspekten der Konstruktion und der Abmessungen (z.B. der Geometrie einer Leuchtenfassung) oder der Leistung (z.B. Brandverhalten, Wärme- oder Schalldämmung usw.)
3. Das Ergebnis einer Leistung muss bescheinigungsfähig, nachweisbar und überprüfbar sein und das ist nur möglich, wenn eine Norm entwickelt wird, die eine eindeutige Art der Prüfung festlegt.



Abb. 3.  
Vorteile eines  
Standardansatzes

Dieser Ansatz beschränkt sich nicht auf Baumaterialien im Allgemeinen, sei es im Bauwesen oder im Anlagenbau, sondern erstreckt sich notwendigerweise auch auf die Entwicklung und Herstellung von Bauteilen und Geräten, deren Funktionsweise immer weniger von der Hardware abhängt, aus der sie bestehen, sondern vielmehr von der Software, mit der sie ausgestattet sind. Im Gegenteil, je mehr wir uns auf eine „Entmaterialisierung“ des Produkts zubewegen, desto wichtiger wird es, Normen festzulegen, die dem Benutzer Benutzerfreundlichkeit, Interoperabilität, Haltbarkeit und Leistung garantieren.

Die Standardisierung ist daher eine Garantie für alle Marktteilnehmer. Für die Planer, die durch die Verwendung „konformer“ Produkte und Lösungen wissen, dass sie die Projektziele erreichen können, für die Installateure, die in der konstruktiven Vereinheitlichung die Gewissheit des Ergebnisses des Systems finden, aber vor allem für die Endnutzer, die ihre wirtschaftliche Investition garantiert sehen.

In diesem Leitfaden befassen wir uns ausschließlich mit Gebäudeautomationstechnologien, die auf gesetzlichen Normen basieren, d.h. in jeder Hinsicht den gesetzlichen Anforderungen des Gebäudesektors entsprechen:

- Verlässlichkeit
- Sicherheit
- Interoperabilität
- Dauerhaftigkeit
- Energieleistung
- Ökologische Nachhaltigkeit

(45) Normen werden auch geschaffen, um den freien Austausch von Waren und Produkten zu erleichtern, gemeinsame Abmessungen oder funktionale Vereinheitlichungen zu gewährleisten und den Zielmarkt für ein Produkt zu vergrößern.

(46) Im Bereich der Bus-Technologien für die Gebäudesteuerung wird der Begriff „Austauschbarkeit“ durch „Interoperabilität“ ersetzt, da es nicht auf die Konstruktion und die Abmessungen ankommt, sondern auf die Funktionalität und die Fähigkeit zur Kommunikation und Integration mit anderen Geräten.

## 1. Einführung

 Norm UNI EN 12464-1
**Beleuchtung von Arbeitsplätzen**

Die Norm UNI EN 12464-1 ersetzt die frühere Norm UNI 10380 zum Thema Anforderungen an die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Innenräumen. In dieser Norm werden die üblichen Sehaufgaben analysiert, wobei die Anforderungen an den Sehkomfort hervorgehoben und Hinweise auf die Beleuchtungsstärke, die Gleichmäßigkeit und den maximalen Blendungsgrad gegeben werden, die für die verschiedenen Sehaufgaben erforderlich sind, einschließlich derjenigen, die die Verwendung von Videoterminals beinhalten.

 Norm EN 17037:2018
**Tageslicht in Gebäuden**

In diesem Dokument werden die Elemente zur Erzielung einer angemessenen Beleuchtungsstärke durch Tageslicht in Räumen und zur Begrenzung der Blendung festgelegt. Sie definiert die Parameter, die zur Bewertung der Tageslichtbedingungen herangezogen werden, und liefert Berechnungs- und Überprüfungsgrundsätze, um das Problem der Tageslichtschwankungen im Laufe der Tage und des Jahres zu lösen. Dieses Dokument gilt für alle Einrichtungen, in denen sich Menschen regelmäßig und über längere Zeiträume aufhalten können; ausgenommen sind Bereiche, in denen die Tageslichtbeleuchtung den natürlichen Zyklen und der Rolle der laufenden Arbeit widerspricht. Die Spezifikation der Beleuchtungsanforderungen für Anforderungen an Personen, Arbeitsplätzen in Innenräumen, einschließlich visueller Anforderungen, sind in der Norm angegeben EN 12464-1 und sind nicht Teil dieses Dokuments.

## Lichttechnische Gestaltung

Das Hauptziel der Beleuchtungsplanung ist die Auswahl und Dimensionierung von Lichtquellen, um eine Beleuchtungsumgebung zu schaffen, die einen angemessenen Sehkomfort gewährleistet. In der Vergangenheit bezog sich dieses Ziel fast ausschließlich auf quantitative Aspekte des Lichts, d.h. Beleuchtungsstärken. Heute wissen wir, dass die Wechselwirkungen zwischen Licht und dem menschlichen Sehsystem sehr viel komplexer sind, einschließlich Faktoren wie z.B.:

- die Blendungsbegrenzung
- die Einheitlichkeit
- die Richtwirkung des Lichts
- die Modellierung
- die Farbe des Lichts
- die chromatische Wiedergabe

Diese Aspekte sind seit der ersten Fassung der EN 12464-1, die sich mit der Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Gebäuden befasst, Teil der Beleuchtungsanforderungen, werden aber jetzt als allgemeines Kriterium für die Planung von Beleuchtungsanlagen in Innenräumen verwendet<sup>47</sup>.

In der aktuellen Ausgabe der Norm ist ein weiterer, ebenso wichtiger Aspekt enthalten: die Variabilität des Lichts (sowohl in Bezug auf die Intensität als auch auf die Farbe). Die Variation des Lichts und damit die Möglichkeit, es zu verändern und anzupassen, wird zu einer grundlegenden und wesentlichen Anforderung an die Lichtplanung.

Jüngste wissenschaftliche Untersuchungen haben bestätigt, dass ein direkter Zusammenhang zwischen dem Licht und einigen unserer physiologischen Funktionen besteht, die für die hormonelle Regulierung der Wach- und Schlafzyklen verantwortlich sind, die wiederum sehr wichtige Faktoren für das Wohlbefinden des Menschen sind. Diese Elemente sind Teil der Definition der „nicht-visuellen Aspekte“ des Lichts, die ebenfalls schrittweise in die Regelungsnormen aufgenommen werden<sup>48</sup>.

Darüber hinaus muss die Variation des künstlichen Lichts während des Tages nach ganz anderen Faktoren als denen des Sehkomforts gesteuert werden. Es besteht ein zunehmender Bedarf an Beleuchtungssystemen, die in der Lage sind, so weit wie möglich eine Lichtbedingung zu schaffen, die den Eigenschaften des Sonnenlichts in Bezug auf Intensität, Spektralgehalt, aber vor allem auf Variation und Entwicklung entspricht. Oder, wenn wir es wünschen, in der Lage sind, die physiologischen Störungen abzumildern, die durch künstliche Beleuchtungssysteme hervorgerufen werden, die, indem sie diese Faktoren konstant halten, unsere biologische Uhr verändern. Dieser Aspekt führt zwangsläufig dazu, dass wir uns auch mit dem natürlichen Licht befassen müssen, das in jedem von Menschen bewohnten Gebäude notwendigerweise vorhanden und verfügbar sein muss. Auch diese Komponente kann nicht mehr nur quantitativ bewertet werden (Verhältnis Luft/Licht zur Raumfläche), sondern muss unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte lichttechnisch bewertet werden.

Die kürzlich veröffentlichte Norm EN 17037:2018 - Tageslicht in Gebäuden - enthält Leitlinien für die richtige Größe und Positionierung von Öffnungen, um Folgendes zu gewährleisten:

- ein angemessenes Niveau der natürlichen Beleuchtungsstärke
- ausreichende Exposition gegenüber direktem Sonnenlicht
- Elemente zur Blendungsbegrenzung
- Faktoren, die die Sicht auf die äußere Umgebung in Form von Teilen des Himmels, der Landschaft und des Geländes bestimmen.

Auch in diesem Fall sind neben einer besseren Gestaltung der Gebäudeöffnungen Regelungssysteme für Beschattungselemente erforderlich, von einfachen Rollläden/Jalousien bis hin zu anspruchsvolleren Beschattungssystemen, die je nach Sonnenstand automatisch funktionieren.

Die Steuerung und Regelung von Beleuchtungssystemen ist daher zu einem grundlegenden Element der Beleuchtungsplanung geworden, zu einer stets präsenten Komponente, die in der Lage ist, Anpassungen und Variationen vorzunehmen, die von verschiedenen Steuerungsalgorithmen bestimmt werden, um den richtigen Sehkomfort unter den verschiedenen Nutzungsbedingungen einer Umgebung zu gewährleisten, um eine angemessene Integration von natürlichem und künstlichem Licht oder eine angemessene Belichtung mit bestimmten, für das Sonnenlicht typischen Spektralkomponenten sicherzustellen oder nicht zuletzt, um eine angemessene Energieeffizienz zu gewährleisten.

(47) Ergänzt wird diese Norm durch die EN 12464-2, die für Arbeiten im Freien gilt.

(48) CEN/TR 16791:2017 - Quantifizierung der Bestrahlungsstärke für augenvermittelte nicht-bildgebende Wirkungen von Licht beim Menschen - In Deutschland ist seit 2013 die Norm DIN SPEC 67600 - Biologisch wirksame Beleuchtung - in Kraft. Design - Leitlinien.

# 1. Einführung

A

## Energieleistung

### Einführung

Die Richtlinie 2018/844/EU sowie die Richtlinie 2018/2002/EU über Energieeffizienz wurde umgesetzt.

Beide ändern und aktualisieren die Vorgängerversionen, wobei einige wesentliche Änderungen in Bezug auf die Ziele vorgenommen wurden:

- Reduzierung der Treibhausgasemissionen, die auf den Energieverbrauch von Gebäuden zurückzuführen sind, um mindestens 40% bis 2030
- Förderung der Entwicklung eines nachhaltigen, wettbewerbsfähigen, sicheren und dekarbonisierten Energiesystems bis 2050

und in Bezug auf die operativen Verfahren und Instrumente.

Insbesondere führen diese Richtlinien schrittweise die Verpflichtung ein, in bestehende Gebäude einzugreifen, die, wie wir noch sehen werden, das größte Hindernis für die Erreichung der allgemeinen Ziele darstellen.

Dieser Aspekt lässt sich leicht erkennen, wenn man sich die Daten der in Italien im Zeitraum 2016-2019 ausgestellten und bei der ENEA hinterlegten Energieausweise (APE) ansieht<sup>(49)</sup>.

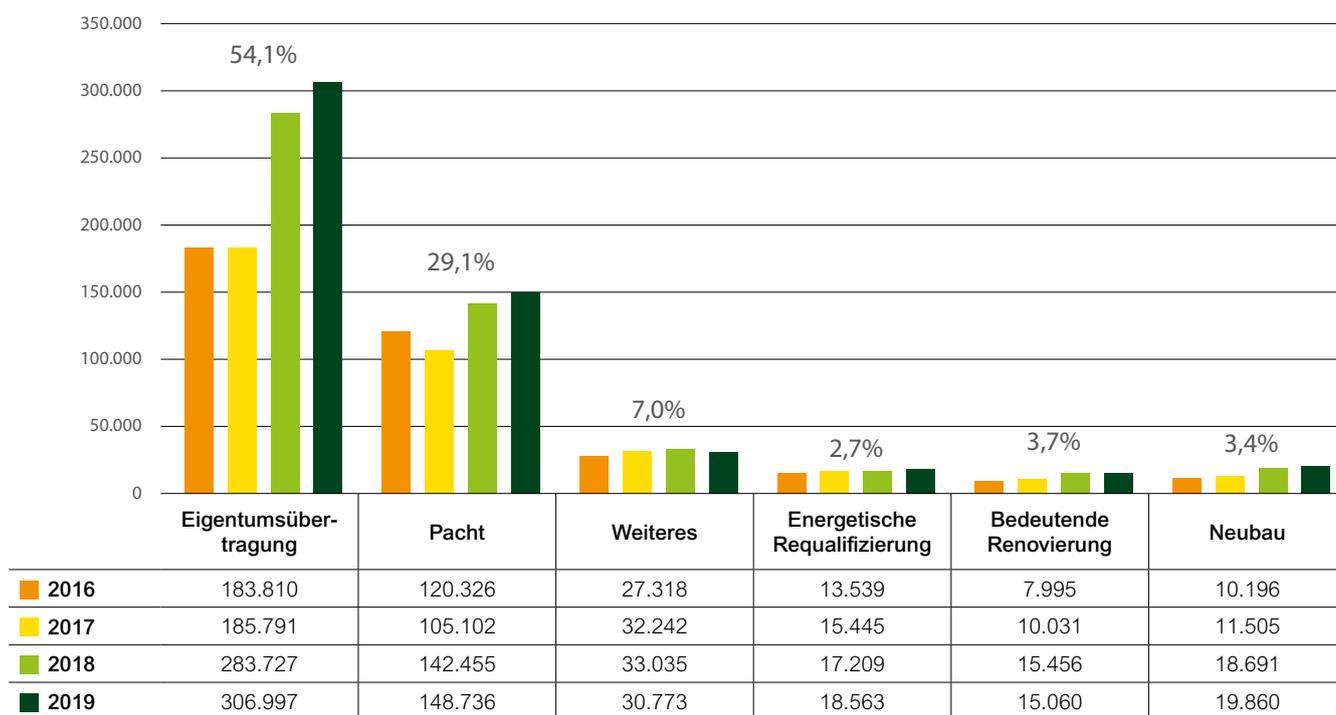


Abb. 4. Verteilung der WPA nach Motivation im Zeitraum 2016-2019 \*

(49) Daten aus dem Jahresbericht über den Energieausweis für Gebäude 2020 ENEA - September 2020.

# 1. Einführung

Von den insgesamt etwa 4,5 Millionen WPA, die in dem betrachteten Vierjahreszeitraum ausgestellt wurden,

- wurden 83,2 % im Zusammenhang mit einem Eigentümerwechsel oder im Falle von Leasingverträgen ausgegeben.
- nur 6,4 % betrafen die energetische Sanierung oder größere Renovierungen.
- Auf Neubauten entfallen 3,4 %.

Wenn wir dann die angegebene Energieeffizienz (Energieklasse) überprüfen, wird das Bild noch deutlicher.

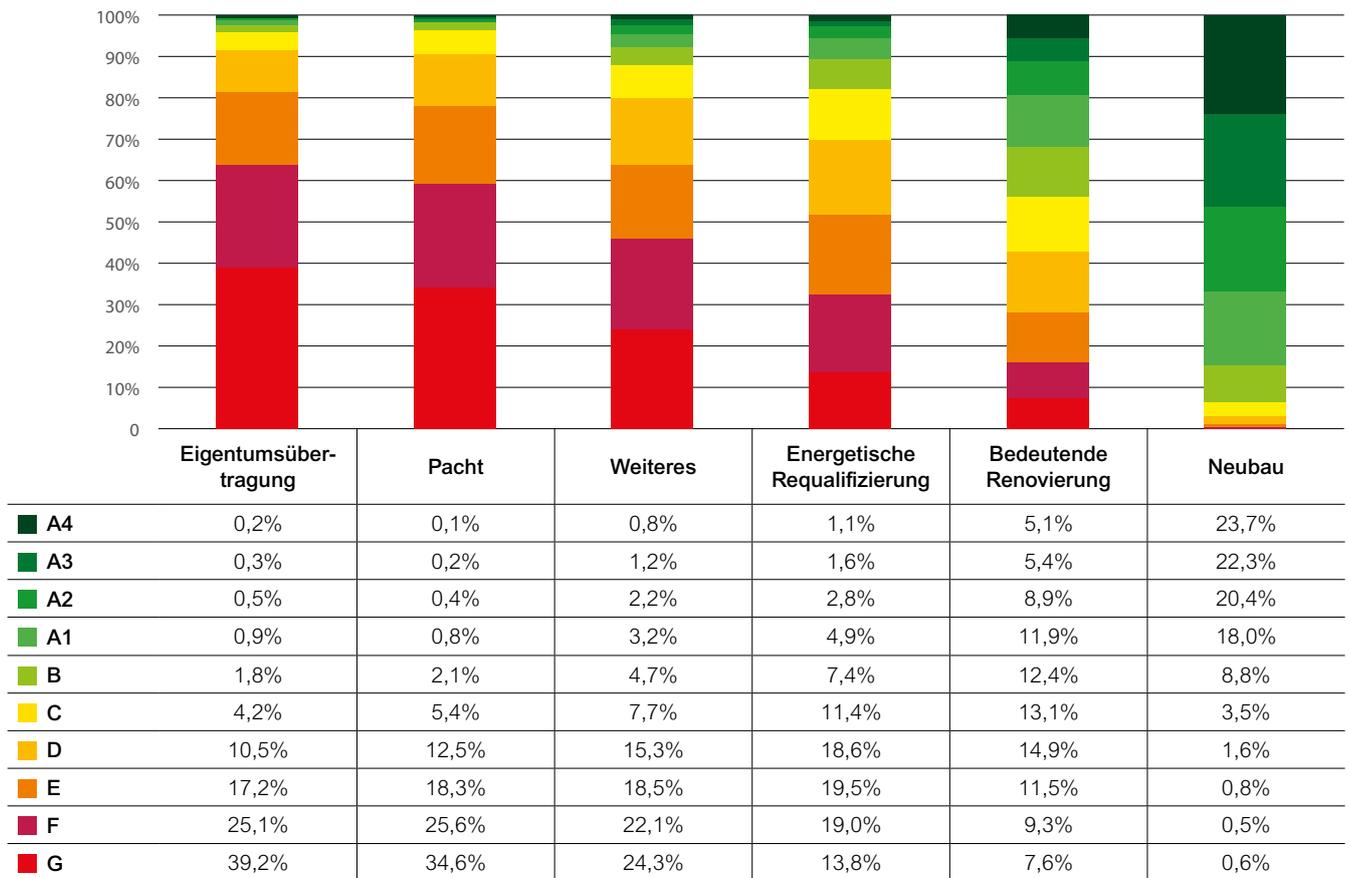


Abb. 5. Verteilung des APE nach Energieklasse und Motivation \*

Nur ein Bruchteil der energetischen Modernisierungen oder größeren Renovierungen erreicht eine signifikante Leistung (Klassen A1, A2, A3 und A4).

Dann könnte man sich fragen, welche Energieeffizienzsteigerungen zur Klasse G (13,8 %) geführt haben.

\* ENEA-Ausarbeitungen zu Daten von SIAPE und Regionen

## A Die Kontrolle der Beleuchtung

### 1. Einführung

“

Um die Energienutzung in Gebäuden zu optimieren, ist für Nichtwohngebäude ein Mindestmaß an Automatisierung für die Steuerung, Regelung und Verwaltung von Gebäudetechnik und thermischen Anlagen (BACS) vorgeschrieben, das der Klasse B der Norm UNI EN 15232 entspricht.

*Interministerieller Erlass 26/06/2015  
Anhang 1 - Art. 3.2*

A

In Deutschland ist die Einführung automatischer Steuerungs- und Regelungssysteme für Beleuchtungsanlagen (in Nichtwohngebäuden) zur Erreichung von Energieeffizienzniveaus, die den EU-Vorschriften entsprechen, im Wesentlichen obligatorisch.

Dies ist sicherlich ein bedeutender Schritt nach vorne, aber wir müssen bedenken, dass der Prozentsatz der neuen Gebäude oder Renovierungen immer noch ein kleiner Anteil im Vergleich zum bestehenden Gebäudebestand ist, der im Allgemeinen ohne jegliche Energieeffizienzkriterien gebaut wird, zumindest was die Beleuchtung betrifft.

Wie wir später in diesem Leitfaden sehen werden, kann eine gewisse Energieleistung auch durch die Steuerung der Leuchten im Ein-/Aus-Modus erzielt werden, aber die beste Leistung kann nur erreicht werden, wenn der Lichtstrom entsprechend dem tatsächlichen Bedarf reguliert werden kann, was die Installation dimmbarer Leuchten in praktisch jedem Anwendungskontext erforderlich macht. Es ist daher notwendig, über die Möglichkeit der Regulierung des Lichtstroms nicht nur in Bezug auf die Beleuchtungstechnik, sondern auch für unterschiedliche Anforderungen nachzudenken.

Es sollte auch bedacht werden, dass automatische Energieeffizienzkontrollen, die durch das Ausschalten der Leuchten eingreifen, häufig eine Einschränkung des visuellen Komforts mit sich bringen, der von dem in der Umgebung arbeitenden Personal wahrgenommen und beklagt wird. Darüber hinaus ist es dieselbe Norm EN 12464-1, die die Möglichkeit vorschreibt, die Intensität der künstlichen Beleuchtung durch das Personal „einzustellen“, um sie an die jeweiligen Bedürfnisse anzupassen.

Die im Dekret 26/06/2015 enthaltene gesetzliche Vorschrift geht auf die Verabschiedung der früheren europäischen Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Richtlinie 2010/31/EU - Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden) zurück und stützt sich auf die vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) herausgegebenen technischen Normen zur Umsetzung dieser Richtlinie.



**Abb. 6.**  
Beispiel für Beleuchtung  
in einem Lagerhaus

## 1. Einführung

Der grundlegende Beitrag von Steuerungs- und Regelungssystemen, nicht nur im Beleuchtungssektor, ist seit langem bekannt, obwohl es immer relativ problematisch war, ihre Wirksamkeit zu berechnen und zu überprüfen.

Insbesondere besteht kein direkter Zusammenhang zwischen der Einführung von Steuerungstechnologien und der Energieeffizienz, denn dies hängt davon ab, wie diese Technologien konfiguriert sind und welche Algorithmen die Steuerung übernehmen.

Mit anderen Worten: Digital bedeutet nicht zwangsläufig Energieeinsparung, Digitaltechnik bedeutet vielmehr mögliche oder potenzielle Einsparungen. Das Ergebnis wird erreicht, wenn wirksame Regulierungs- und Kontrollmethoden angewandt werden und vor allem die Ergebnisse systematisch überwacht und überprüft werden.

Daher stellt die Einführung digitaler Installationslösungen an sich schon eine grundlegende und notwendige „Bereitschaft“ für die Erreichung der Energieleistung dar. Ohne Digitaltechnik sind diese Ergebnisse nicht zu erreichen.

Der mit der Richtlinie 2018/844/EU eingeführte Smart Readiness Indicator (SRI) ist definiert als die Fähigkeit eines Gebäudes und seiner technischen Systeme, verschiedene Veränderungen aufgrund des Betriebs seiner Infrastruktur, der äußeren Umgebung, der Energienetze, an die es angeschlossen ist, und der Bedürfnisse der Bewohner zu erkennen, zu interpretieren, zu kommunizieren und aktiv und effizient darauf zu reagieren.



Ziel ist es, die Anpassungsbereitschaft in Bezug auf drei Hauptaspekte zu messen

- Anpassung an die Bedürfnisse der Nutzer;
- Anpassung zur Aufrechterhaltung eines energieeffizienten und leicht zu wartenden Betriebs;
- Anpassung an die Betriebsbedingungen der Netze, an die das Gebäude angeschlossen ist.

Es handelt sich um ein im Wesentlichen abstraktes Konzept, dessen Grenzen nicht leicht zu definieren sind. Wir sprechen von Sensoren, Kommunikationsnetzen, Steuerungslogiken auf verschiedenen Ebenen, Integration und Interoperabilität, Steuerung und Überwachung, Produktion und Analyse von Funktionsdaten usw.

Diese inhomogene Gruppe von Faktoren wird so bewertet, dass sie gemeinsam zur Gesamtleistung des Gebäudes beitragen können, was vor allem als Fähigkeit zur Anpassung der Effizienz verstanden wird.

Jedes Steuer- und Regelsystem ist in der Lage, unter bestimmten, bei der Planung oder Inbetriebnahme angenommenen Bedingungen seine Leistung zu erbringen. Diese Ausgangsbedingungen sind in Wirklichkeit flüchtig, das Gebäude verändert sich, es altert, die Nutzungsbedingungen ändern sich, ebenso wie die Bedingungen der äußeren Umgebung und der angeschlossenen Energienetze. Es ist daher notwendig zu verstehen, wie gut sich das Gebäude anpassen kann, um eine optimale Leistung zu erzielen.

Die technologischen Infrastrukturen, die am SRI-Bestimmungsprozess beteiligt sind, werden in neun „Domänen“ unterteilt, darunter:

- Heizung
- Kühlung
- Häusliches Warmwasser
- Kontrollierte Belüftung
- Beleuchtung
- Dynamische Hüllenelemente (z.B. Beschattungssysteme)
- Elektrizität
- Aufladen von Elektrofahrzeugen
- Überwachung und Kontrolle

# A Die Kontrolle der Beleuchtung

## 1. Einführung

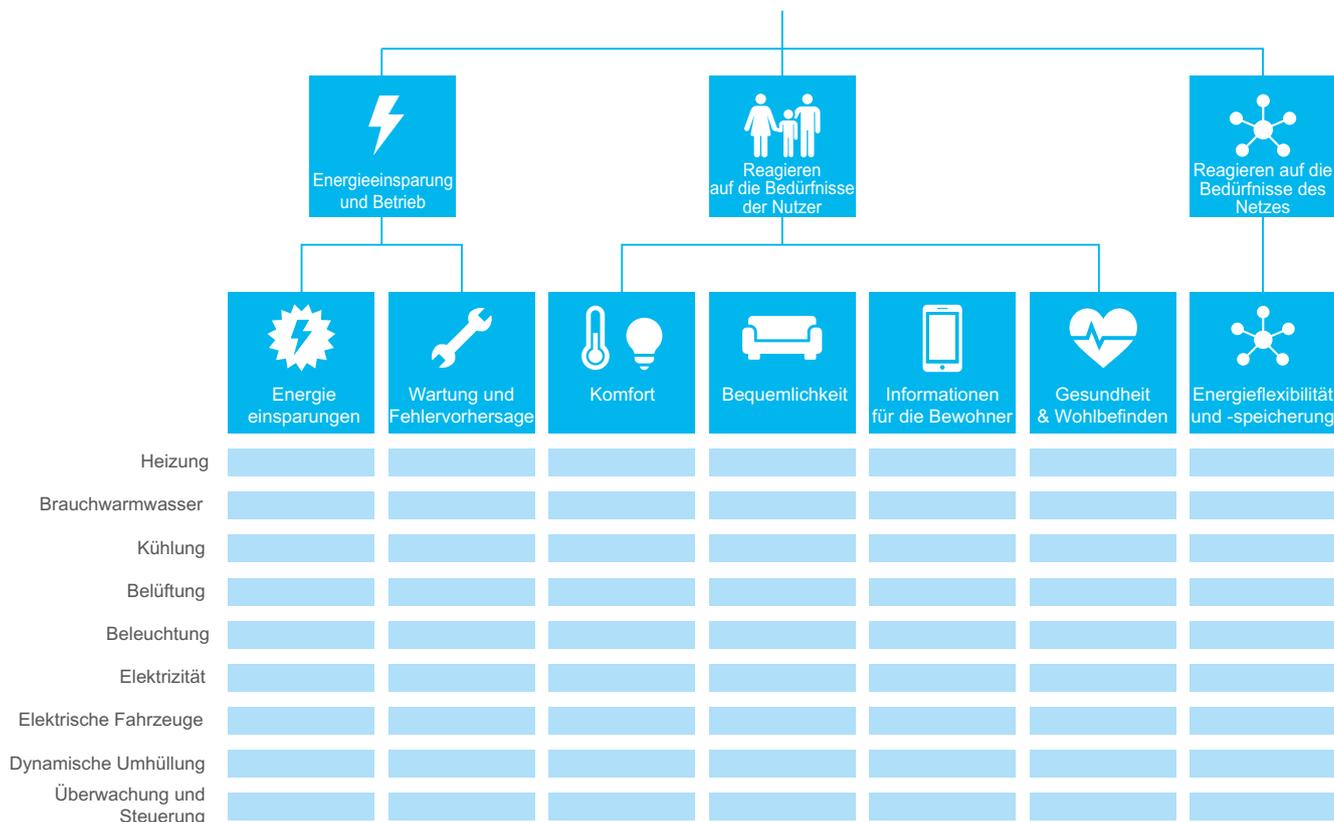
A

Jeder Bereich hat wiederum eine andere „Auswirkung“ auf mindestens sieben Aspekte des Gebäudes:

- Energieeinsparung
- Wartung und vorausschauendes Management von Fehlern und Anomalien
- Komfort
- Bequemlichkeit
- Gesundheit und Wohlbefinden
- Informationen für die Insassen
- Flexible Netzkonfiguration, einschließlich Energiespeicherung.



Ein einziger Punktwert klassifiziert die Smart



Das Verfahren zur Bestimmung des SRI ist noch weitgehend in der Definitionsphase, wird sich aber für Energieeffizienz Aspekte von Anlagen auf die bereits auf europäischer Ebene veröffentlichten technischen Normen stützen<sup>(50)</sup>.

(50) Die Definition von SRI und entsprechendes Informationsmaterial finden Sie unter <https://smartreadinessindicator.eu/>

# 1. Einführung



Abb. 7. Schneider Electric Leitfaden zur Norm EN 15232

## Der Beitrag von Steuerungs- und Regelungssystemen

Norm EN 15232-1<sup>51</sup> - „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Die Automatisierung, Regulierung und technische Verwaltung von Gebäuden“, führt ein Kriterium für die „Schätzung“ des Beitrags zur Energieeffizienz ein, der dem System zur Steuerung einer bestimmten Energielast zuzuschreiben ist. Dies bezieht sich insbesondere auf alle Anlageninfrastrukturen, die der Versorgung dienen:

- Heizung
- Erzeugung von Brauchwarmwasser
- Klimatisierung
- Belüftung
- Beleuchtung

d.h. allgemeine Dienstleistungen in allen Gebäuden, die für etwa 40% des Primärenergiebedarfs in der Europäischen Union verantwortlich sind<sup>52</sup>.

Wie gezeigt wird, ermöglichen Lichtsteuerungssysteme, wenn sie richtig konzipiert und konfiguriert sind, eine erhebliche Senkung des Energieverbrauchs und sind daher ebenso wichtig wie jede andere Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes. In Deutschland wurde dieser Aspekt erst in den letzten Jahren in die Gesetzgebung zur energetischen Klassifizierung von Gebäuden aufgenommen, während er auf europäischer Ebene schon immer ein integraler Bestandteil der energetischen Bewertung eines Gebäudes war.

Die erste Ausgabe der Norm EN 15232 stammt aus dem Jahr 2007 und wurde 2012 durch die zweite Ausgabe ersetzt, bis hin zur aktuellen Version, der dritten, die im Mai 2017 veröffentlicht wurde<sup>53</sup>.

In EN 15232 werden einige wichtige Definitionen eingeführt:

**BAC:** (Building Automation and Control), Automatisierung und Kontrolle des Gebäudes. Dazu gehören alle Produkte, Systeme, Dienstleistungen, Überwachungs- und Optimierungsmaßnahmen, die darauf abzielen, einen bestimmten Grad an Energieeffizienz im Gebäude zu erreichen.

**BACS:** (Building Automation and Control System): Ein System, das die oben aufgeführten Elemente umfasst und zur Verbesserung der Energieeffizienz eines Gebäudes konzipiert, gebaut und betrieben wird.

**TBM:** (Technical Building Management), eine Reihe von Verfahren und Diensten für die Verwaltung des Betriebs, der Wartung und der Kontrolle technischer Anlagen zur Überprüfung ihrer Effizienz auch durch Beziehungen zwischen verschiedenen Technologien.

**BACS Effizienzklasse:** Effizienzklasse eines BACS-Systems. Die Norm definiert vier Klassen, von D bis A, mit ansteigenden Graden der Energieleistung.



Abb. 8. Effizienzklassen

(51) Für weitere Informationen zu diesem Thema lesen Sie bitte den Schneider Electric Leitfaden „Energieeffizienz: Die Auswirkungen der Automatisierung auf die Energieeffizienz von Gebäuden“ – 2016.

(52) ENEA – Jahresbericht Energieeffizienz – 2017.

(53) Umgesetzt in Deutschland als DIN EN 15232-1. - Oktober 2017.

# A Die Kontrolle der Beleuchtung

## 1. Einführung

A

**Klasse D:** BAC nicht energieeffizient. Gebäude mit Systemen der Klasse D müssen modernisiert und effizienter gemacht werden. Neue Gebäude dürfen nicht mit Systemen der Klasse D gebaut werden<sup>54</sup>. Ein Gebäude wird als D eingestuft, wenn die für die Klasse C erforderliche Mindestfunktionalität nicht gegeben ist.

**Klasse C:** Standard-BAC, normale Steuer- und Regelsysteme, die auch mit einem Kommunikationsbus ausgestattet sind, sich aber nicht durch besondere funktionale Leistungen unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz auszeichnen.

**Klasse B:** Fortgeschrittene BAC mit einigen spezifischen Gebäudemanagementaktivitäten (TBM)

**Klasse A:** BAC mit hoher Energieeffizienz und Aktivitäten des technischen Gebäudemanagements (TBM).

Die Norm definiert dann eine Liste von „Steuerfunktionen“ für jede Technologie, z.B. werden für Beleuchtungssysteme die folgenden Steueralgorithmen definiert:

Kontrollfunktionen	Definition von Klassen							
	Wohngebäude				Nicht-Wohngebäude			
	D	C	B	A	D	C	B	A
5 Beleuchtungskontrolle								
5,1 Anwesenheitskontrolle								
0 Manuelle Steuerung On/Off								
1 Manuelle On/Off-Steuerung mit zusätzlichem Abschaltsignal								
2 Automatische Erkennung (automatisches Einschalten)								
3 Automatische Erkennung (manuelle Zündung)								
5.2 Tageslichtabhängige Steuerung								
0 Zentralisierte manuelle Steuerung								
1 Manuelle Steuerung nach Räumen oder Zonen								
2 Automatische Steuerung im On/Off-Modus								
3 Automatische Steuerung mit stufenloser Dimmung								

Tabelle A -1- Steuerfunktionen für die Beleuchtung (UNI EN 15232-1 - Tab. 5)

Es gibt zwei verschiedene Berechnungsmethoden, um die Auswirkungen des Dimmens auf die Systemeffizienz zu ermitteln. Die erste, detaillierte Methode kann angewandt werden, wenn die verschiedenen Elemente des Systems und des Gebäudes im Detail bekannt sind. Die zweite, vereinfachte Methode, die so genannten BAC-Faktoren, ermöglicht eine vorläufige Schätzung auf der Grundlage der typischen Merkmale und gemeinsamen Faktoren einiger Gebäudetypen und Aktivitäten.

(54) Das bedeutet, dass alle neuen Gebäude, die in Deutschland mit traditionellen Systemen errichtet wurden, unter Missachtung dieser Verordnung geplant und gebaut wurden.

# 1. Einführung

In Tabelle A -2 einem Bürogebäude zeigt sich beispielsweise, dass eine Anlage der Klasse B eine Verbesserung der Energieeffizienz um 15% im Vergleich zur Klasse C und um 23% im Vergleich zu einem Gebäude mit herkömmlichen Anlagen, d.h. der Klasse D, darstellt. Diese Werte sind Durchschnittswerte für das gesamte Gebäude. Wie später in diesem Leitfaden zu sehen sein wird, können einige Regelungsalgorithmen in einem einzelnen Raum zu wesentlich höheren Wirkungsgraden führen.

Nicht-Wohngebäude	BACS-Effizienzfaktoren							
	D		C		B		A	
	Nicht energieeffizient		Standard		Fortgeschritten		Hohe Energieleistung	
	Beleucht.	Aux	Beleucht.	Aux	Beleucht.	Aux	Beleucht.	Aux
Büros	1,1	1,15	1	1	0,85	0,86	0,72	0,72
Konferenzräume	1,1	1,11	1	1	0,88	0,88	0,76	0,78
Schulen	1,1	1,12	1	1	0,88	0,87	0,76	0,74
Krankenhäuser	1,2	1,1	1	1	1	0,98	1	0,96
Hotels	1,1	1,12	1	1	0,88	0,89	0,76	0,78
Restaurants	1,1	1,09	1	1	1	0,96	1	0,92
Geschäfte/Lager	1,1	1,13	1	1	1	0,95	1	0,91

Tabelle A -2- BACS-Effizienzfaktoren für die Beleuchtung in Nichtwohngebäuden (UNI EN 15232-1 - Tab. A.9)



... Die beste Leistung wird nur dann erreicht, wenn der Lichtstrom an den tatsächlichen Bedarf angepasst werden kann, was den Einsatz dimmbarer Leuchten in praktisch jedem Anwendungsbereich erforderlich macht.

Die vereinfachte Methode, die auf den BAC-Faktoren basiert, ist als Richtwert gedacht und für einige Gebäudekategorien anwendbar. Zum Beispiel erscheint in Tabelle A -2 kein Wert für Produktionsanlagen, für die keine gemeinsamen Berechnungsfaktoren ermittelt werden können. Die gleichen Stundenprofile, die im Durchschnitt für eine Schule definiert werden können, können für Produktionsstätten erheblich abweichen.

Die ausführliche Berechnungsmethode berücksichtigt die Angaben in den sektorspezifischen Normen, z.B. für die Beleuchtung die Norm EN 15193-1 – *Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Energetische Anforderungen an die Beleuchtung – Teil 1: Spezifikationen, Modul M9.*

# 2 Energieeffizienz der Beleuchtungsanlagen

A



## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

### Bewertung der Gesamtenergieeffizienz

Eine zuverlässige und konsistente Bewertung des Energiebedarfs der Beleuchtung eines Gebäudes erfordert die Anwendung der im April 2017 veröffentlichten EN 15193-1<sup>55</sup> und ergänzt durch den Technischen Bericht CEN/TR 15193-2, der ebenfalls 2017 veröffentlicht wurde.

Auch hier sieht die Norm mehrere Berechnungsmethoden mit unterschiedlichen Genauigkeitsgraden vor:

- Methode 1: Detaillierte Berechnung
- Methode 2: vereinfachte Berechnung
- Methode 3: Messung

Die eingehende Berechnung ermöglicht eine detaillierte Bewertung der Auswirkungen aller Komponenten, die den Energieverbrauch bestimmen können. Was zum Beispiel den Beitrag des natürlichen Lichts betrifft, so bietet diese Methode Berechnungsformeln, die die tatsächliche Größe der Öffnungen, ihre Ausrichtung usw. berücksichtigen.

Oft ist es jedoch so, dass die Informationen und Berechnungsdaten nicht einfach zu ermitteln sind oder nur eine erste grobe Schätzung benötigt wird, ohne dass es auf Genauigkeit ankommt. In diesem Fall ermöglicht Methode 2, die vereinfachte Berechnung, eine schnelle Schätzung des Energieverbrauchs des Systems auf der Grundlage durchschnittlicher tabellarischer Daten.

Die Methode 3 hingegen basiert ausschließlich auf Messdaten und ist daher nur für bestehende und in Betrieb befindliche Anlagen anwendbar.

Der Energieverbrauch für die Beleuchtung hängt von vielen Faktoren ab: in erster Linie von der Leistung der installierten Leuchten (besser ausgedrückt als Leistungsdichte pro Flächeneinheit), von der Anzahl der Betriebsstunden der Anlage, unterteilt in Tages- und Nachtstunden.

#### Norm EN 15193-1

Die Norm legt die Methodik zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Beleuchtungssystemen für die Allgemeinbeleuchtung in Wohn- und Nichtwohngebäuden und zur Berechnung oder Messung der für die Beleuchtung in Gebäuden erforderlichen oder verbrauchten Energiemenge fest. Die Methode kann bei neuen, bestehenden oder renovierten Gebäuden angewendet werden. Sie bietet auch eine Methode (LENI) als Maß für die Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen in Gebäuden.

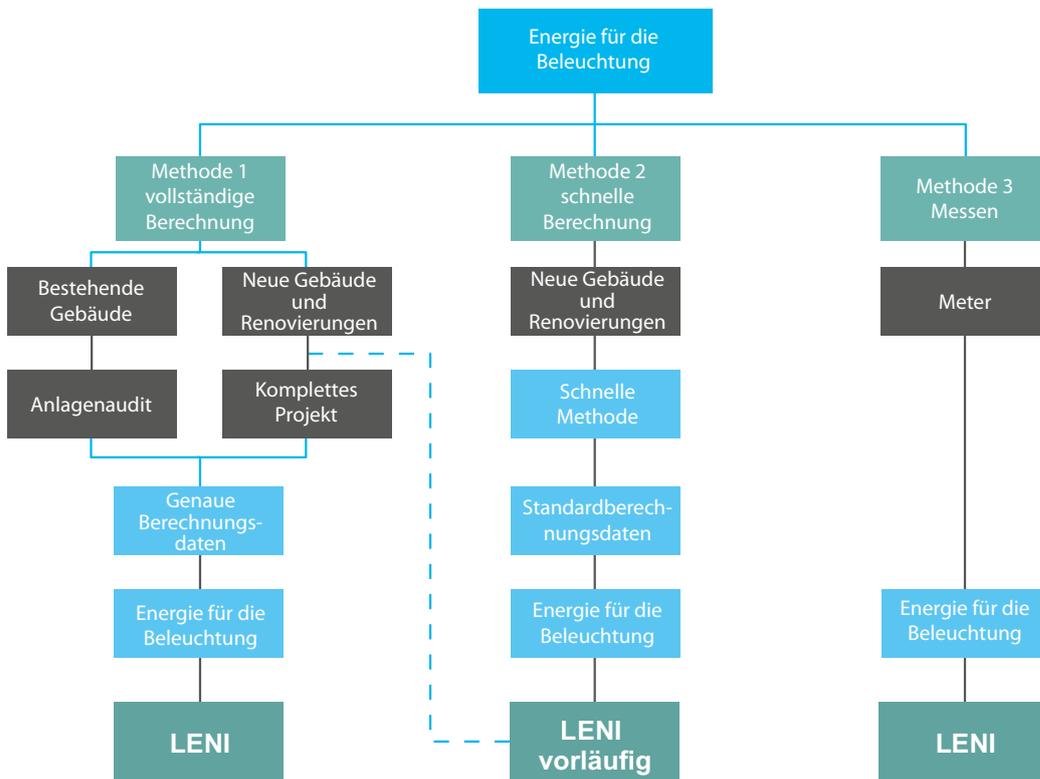


Abb. 9. Blockdiagramm zur Energiebewertung für die Beleuchtung (EN 15193-1)

(55) In Italien wurde sie im Mai 2017 als UNI EN 15193-1 eingeführt.

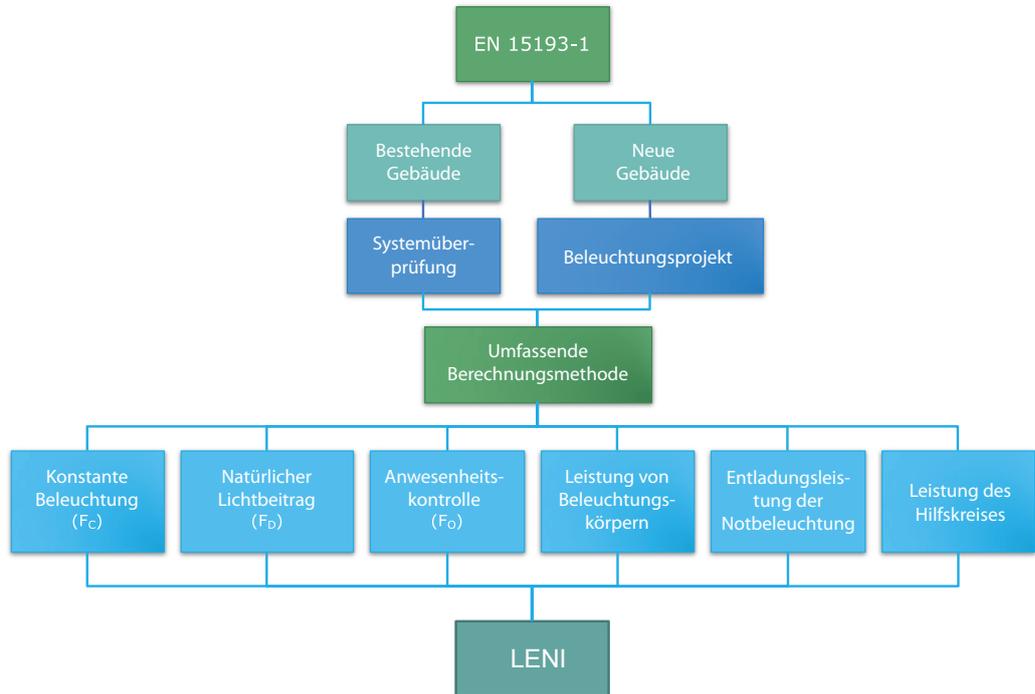


Abb. 10. Blockdiagramm zur Energiebewertung für die Beleuchtung (EN 15193-1)

## Der LENI-Parameter

Es ist jedoch auch notwendig, alle Faktoren zu berücksichtigen, die mit dem Steuerungs- und Regelungssystem zusammenhängen und die Effizienz der Anlage in irgendeiner Weise steigern können. Schließlich ist der Energieverbrauch im Bereitschaftszustand zu berücksichtigen, d.h. die Energie, die von den Hilfssteuerungs- und -regelungssystemen verbraucht wird, sowie die Energie, die für die Aufrechterhaltung der Ladung der Batterien des Notbeleuchtungssystems benötigt wird. Die Norm EN 15193-1 definiert den Parameter LENI (Lighting Energy Numeric Indicator), der die jährlich für die Beleuchtung verbrauchte Energie, bezogen auf die Flächeneinheit (eines Gebäudes, einer Zone oder eines einzelnen Raums), darstellt.

Dieser Parameter wird durch die folgende Formel definiert:

$$LENI = \{F_c \cdot (P_j / 1000) \cdot F_o [(t_b \cdot F_D) + t_N]\} + 1,0 + 1,5 \text{ [kWh/m}^2 \text{ Jahr]}$$

wo:

$P_j$  ist die Leistungsdichte der Beleuchtungsanlage, ausgedrückt in W/m<sup>2</sup>

$t_b$  ist die Anzahl der Tagesbetriebsstunden des Systems

$t_N$  ist die Anzahl der Betriebsstunden in der Nacht, d. h. bei fehlendem Tageslicht.

Die Formel führt drei verschiedene Faktoren ein, die die durch das Steuerungs- und Regelungssystem erzielte Effizienz berücksichtigen:

- $F_c$ , über die Rückgewinnung des Wartungsfaktors (Constant illuminance factor)
- $F_o$ , in Bezug auf die Kontrolle in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Personen (Occupancy dependency factor)
- $F_D$ , Dimmen je nach Verfügbarkeit von Tageslicht (Daylight dependency factor).

“

Der Parameter LENI selbst enthält keine Angaben zur Energieeffizienz der Beleuchtungslösung. Handelt es sich bei dem betrachteten Raum beispielsweise um eine Produktionsabteilung, die im Dreischichtbetrieb arbeitet, so hat sie einen höheren LENI als die gleiche Abteilung, die nur für eine Schicht genutzt wird.

## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

### Der Faktor der Energiekosten ( $e_L$ )

Zur Bewertung der Energieeffizienz verschiedener Konstruktionslösungen definiert die Norm einen spezifischen Parameter, den so genannten „Expenditure Factor“ oder Energiekostenfaktor, der durch das Verhältnis zwischen der von unserem System benötigten Energie und der von einem idealen theoretischen System verbrauchten Energie bestimmt wird.

Der Energiekostenfaktor wird nach folgender Formel berechnet:

$$e_L = e_{L,C} \cdot e_{L,O} \cdot e_{L,D} \cdot e_{L,ES}$$

wo:

- $e_{L,C}$  ist der Faktor für die ständige Kontrolle der Beleuchtung
- $e_{L,O}$  ist der von der Anwesenheitskontrolle abhängige Faktor
- $e_{L,D}$  ist der tageslichtabhängige Steuerfaktor
- $e_{L,ES}$  ist der Faktor, der sich auf die installierte elektrische Leistungsdichte bezieht, die zur Erzeugung des erforderlichen Lichtstroms erforderlich ist.

Allgemein kann man sagen, dass die ersten drei Faktoren mit der technischen Lösung zur Steuerung und Regelung der Anlage zusammenhängen, während der letzte Faktor ( $e_{L,ES}$ ) eng mit den Eigenschaften der Leuchten und ihrer Lichtausbeute verbunden ist.

Im Rahmen dieses Leitfadens werden wir detailliert darauf eingehen, wie die ersten drei Faktoren zu bestimmen sind, um den verschiedenen Automatisierungslösungen eine bestimmte Wirksamkeit oder Leistung bei der Begrenzung des Energieverbrauchs zuzuschreiben.

“

Der Kostenfaktor wird in Bezug auf ein ideales System bestimmt, ein System, das in der Lage ist, die Beleuchtung perfekt zu regeln, die Überdimensionierung aufgrund des Wartungsfaktors auszugleichen, die Beleuchtung sofort zu deaktivieren, wenn keine Personen anwesend sind, und das vorhandene natürliche Licht optimal zu nutzen.

Diese ideale Anlage wird einen Kostenfaktor haben, d.h.  $e_L = 1$ .

Unsere reale Anlage wird einen höheren Kostenfaktor haben, der umso höher ist, je weniger effizient sie ist.

In den folgenden Kapiteln wird eine vereinfachte Methode zur schnellen Bestimmung der Kostenfaktoren sowohl für traditionelle Lösungen mit manueller Leuchtensteuerung als auch für verschiedene automatische Steuerungstechnologien vorgestellt. Dies ermöglicht einen schnellen Vergleich und eine Bewertung der Vorteile, die jedes Kontrollsystem mit sich bringt

#### Faktor für die Regelung der konstanten Helligkeit ( $e_{L,C}$ )

Die Beleuchtungssysteme sind so dimensioniert, dass ein Mindestmaß an Beleuchtungsstärke auf Dauer erhalten bleibt. Unter Berücksichtigung des Verfalls des Systems durch die Lichtquelle, aber auch durch andere Faktoren wie die Verstaubung der Leuchte oder die Verringerung der Wandreflexion, muss das System mit Hilfe des „Wartungsfaktors“ überdimensioniert werden. Diese Überdimensionierung kann erhebliche Auswirkungen auf die Energieeffizienz des Beleuchtungssystems haben und muss daher untersucht werden.

Die genaue Bestimmung des Wartungsfaktors kann nach ISO/CIE TS 22012:2019<sup>56</sup> erfolgen, wo er mit Hilfe der folgenden Formel ermittelt wird:

$$f_m = f_{LF} \cdot f_s \cdot f_{LM} \cdot f_{SM}$$

Wo:

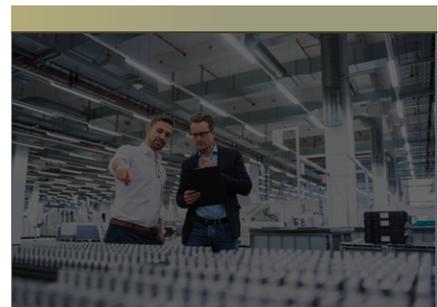
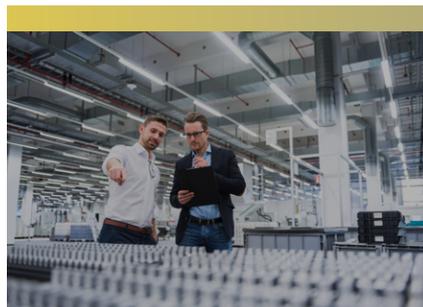
- $f_{LF}$  (Luminous Flux Factor): Faktor, der den Zerfall der Lichtquelle berücksichtigt;
- $f_s$  (Survival Factor): gibt den Prozentsatz der ausgefallenen Leuchten nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden an. Diese Informationen sollten vom Leuchtenhersteller bereitgestellt werden. Der Überlebensfaktor ist besonders wichtig bei Anlagen, bei denen der Austausch nicht an einzelnen Leuchten, sondern nach einem Zeitplan vorgenommen wird. Das bedeutet, dass die Anlage auch bei einigen wenigen ausgefallenen Leuchten funktionieren muss (z. B. bei hohen Gebäuden, bei denen es zu kostspielig sein kann, bei jedem Ausfall einzeln einzugreifen).
- $f_{LM}$  (Luminaire Maintenance Factor): Faktor, der die Verringerung des Wirkungsgrads der Leuchtenoptik im Laufe der Zeit, z. B. durch Verschmutzung, berücksichtigt.
- $f_{SM}$  (Surface Maintenance Factor): Faktor, der die Verringerung der Reflexionskoeffizienten der Wände im Laufe der Zeit berücksichtigt.

Diese Norm ermöglicht es nämlich, das beste Verhältnis zwischen den Wartungszyklen (Reinigung der Leuchten, Auswechseln der Lichtquellen, Streichen der Wände usw.) und der Überdimensionierung der Lichtquellen (die ebenfalls Kosten verursacht) zu ermitteln, um sicherzustellen, dass die Beleuchtungsstärke nie unter die Planungsvorgaben fällt. Dieser Faktor wird daher stark von den Umgebungsbedingungen des Aufstellungsortes und der Art der Leuchten und ihrer Lichtquellen beeinflusst. In sauberen Umgebungen kann der Wartungsfaktor zwischen 0,8 und 0,9 schwanken, während er in einigen industriellen Umgebungen deutlich auf Werte unter 0,6 sinken kann.

Es ist daher zu bedenken, dass es keinen Sinn macht, einen Wartungsfaktor zu berechnen, der sich nicht auf einen Wartungsplan bezieht, oder andererseits, dass ein gegebener Wartungsfaktor einer definierten Wartungsfrequenz entsprechen muss.

Die daraus resultierende Überdimensionierung der Beleuchtungsanlage, insbesondere in der ersten Betriebszeit, führt zu einer höheren Beleuchtungsstärke als geplant, vor allem aber zu einem höheren Energieverbrauch.

**Abb. 11.**  
Beispiel für das  
allmähliche Abklingen  
der Lichtleistung



(56) ISO/CIE TS 22012:2019 – Licht und Beleuchtung - Bestimmung des Wartungsfaktors - Arbeitsweise

## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

Die ISO/CIE-Norm TS 22012 ersetzt die frühere CIE-Norm 97 aus dem Jahr 2005, die mit dem Aufkommen der LED-Quellen einige Anwendungsschwierigkeiten aufwies.

Bei der Verwendung von Leuchten mit integrierter LED-Quelle ist es nicht möglich, das Leuchtmittel auszutauschen, wie es beispielsweise bei Leuchtstoffröhren üblich ist, sondern die gesamte Leuchte muss ersetzt werden. Folglich muss der Instandhaltungsfaktor diese unterschiedliche Betriebsweise der Anlage berücksichtigen und sich an der Nutzungsdauer der Anlage orientieren. Die Lebensdauer der Kombination Leuchte/LED-Quelle wird gemäß IEC 62722-2-1 als  $L_x B_y$  = Anzahl der Stunden ausgedrückt, was so zu verstehen ist, dass Y% der Leuchten nach einer bestimmten Anzahl von Betriebsstunden noch X% des Lichtstroms liefern.

Wenn wir Y=50% verwenden, wird dieser Begriff zur durchschnittlichen Lebensdauer unserer Beleuchtungsanlage.

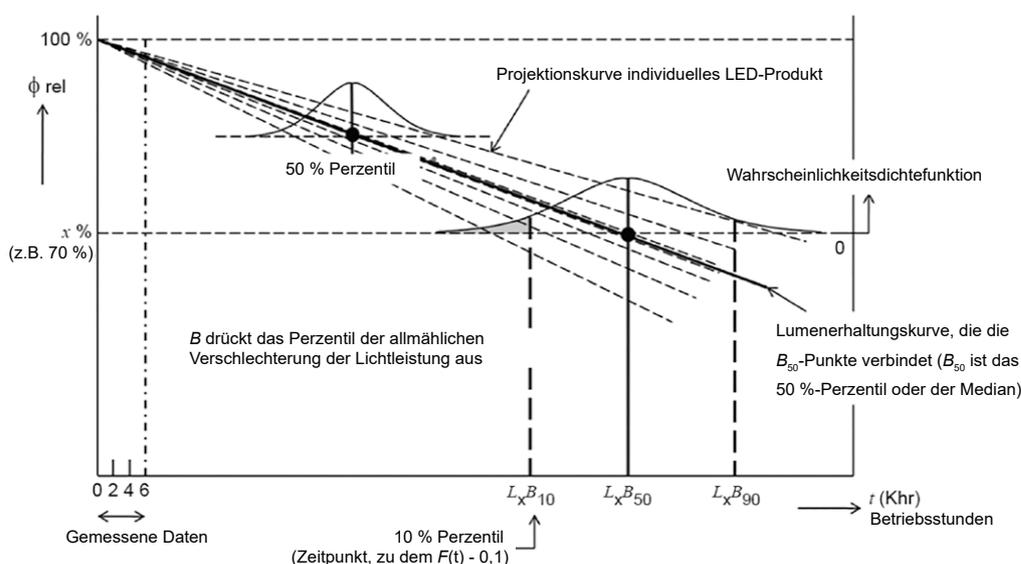


Abb. 12.  
Bestimmung  
Nutzungsdauer von  
LED-Quellen (EN 62717)

Die Zahl  $L_{80} B_{50} = 50.000$  Stunden bedeutet beispielsweise, dass in unserer Anlage nach 50.000 Betriebsstunden 50 % (Y) der Leuchten einen Lichtstrom liefern, der mindestens 80 % (X) des ursprünglichen Lichtstroms entspricht, während die restlichen 50 % einen geringeren Lichtstrom aufweisen.

Die Hersteller geben in der Regel unterschiedliche Werte für die Lebensdauer an, zum Beispiel:

- $L_{80} B_{50} = 100.000$  h
- $L_{90} B_{50} = 50.000$  h
- $L_{80} B_{20} = 85.000$  h

An dieser Stelle muss sich der Planer entscheiden: Entweder er erklärt dem Bauherrn, dass seine neue Beleuchtungsanlage nach 50.000 Betriebsstunden ausgetauscht werden muss, und nimmt bei der Dimensionierung den Faktor  $f_{LF} = 0,9$  an, oder er verwendet die Lebensdauerangaben für eine höhere Stundenzahl, zum Beispiel 100.000 Stunden, und dimensioniert das System unter Berücksichtigung eines Faktors  $f_{LF}$ , der gleich 0,8 sein wird, mit einem nicht unerheblichen Anstieg der anfänglichen Baukosten und einem höheren Energieverbrauch.

Dieser Aspekt verdeutlicht, dass die beträchtliche Lebensdauer der LED-Quellen nur teilweise zu einem effektiven Vorteil bei der Dimensionierung der Beleuchtungsanlage führt, denn die Wartungsfaktoren, die bei diesen Anlagen anzuwenden sind, unterscheiden sich nicht von denen, die bei Anlagen mit herkömmlichen Lichtquellen verwendet wurden.



## A Die Kontrolle der Beleuchtung

### 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

Zur Bewertung des Teilkostenfaktors  $e_{L,c}$ , der diese Energieineffizienz quantifiziert, sei angemerkt, dass dieser nach folgender Formel berechnet wird:

$$e_{L,c} = \frac{1 - \frac{1}{2} F_{cc} (1 - f_m)}{1 - \frac{1}{2} (1 - f_m)}$$

Dieser Parameter hängt im Wesentlichen vom Wartungsfaktor ( $f_m$ ) und der Wirksamkeit eines Anpassungssystems ( $F_{cc}$ ) zum automatischen Ausgleich von Überdimensionierungen ab.

Bei Anlagen mit nicht dimmbaren Leuchten ist es nicht möglich, den Wartungsfaktor wiederherzustellen, daher muss der Faktor  $F_{cc}$  mit 0 angenommen werden. Ist die Anlage dagegen mit dimmbaren Leuchten ausgestattet, die von Lichtsensoren gesteuert werden, die in der Lage sind, eine einigermaßen konstante Beleuchtungsstärke aufrechtzuerhalten, kann der Faktor  $F_{cc}$  Werte im Bereich  $0 < F_{cc} \leq 1$  annehmen.

Es muss gesagt werden, dass es nicht einfach ist, die Effektivität des Dimmersystems zu bestimmen, nicht zuletzt, weil es gleichzeitig mit der Anwesenheits- und Tageslichtsteuerung arbeitet, nachts mehr Gewicht hat als tagsüber usw. Die Norm liefert keine objektiven Kriterien für die Bestimmung der Effektivität des Dimmersystems. Die Norm sieht nämlich keine objektiven Kriterien für die Bewertung der Wirksamkeit des Kontrollsystems vor und erlaubt es uns, in erster Näherung, sofern vorhanden, den Maximalwert anzunehmen ( $F_{cc} = 1$ ).

Auf diese Weise kann  $e_{L,c}$  unter zwei möglichen Bedingungen bestimmt werden: ohne System (oder bei Verwendung nicht dimmbarer Leuchten) und mit einem automatischen Dimmersystem.

$f_m$	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
Ohne Einstellung	1,43	1,38	1,33	1,29	1,25	1,21	1,18	1,14	1,11	1,08	1,05	1,03	1,00
Mit autom. Einstellung	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Tabelle A -3 - Werte  $e_{L,c}$  je nach Instandhaltungsfaktor ( $f_m$ )

“

Die Installation dimmbarer Leuchten ist vor allem in industriellen Umgebungen vorteilhaft, wo der Wartungsfaktor im Allgemeinen sehr niedrig ist, im Gegensatz zu einer weit verbreiteten Planungsgewohnheit, die in dieser Art von Umgebung eine einfache Ein/Aus-Steuerung vorsieht und die Dimmfunktionen für Umgebungen mit anderen Verwendungszwecken, wie z. B. Büros, reserviert.

## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

### Kontrollfaktor Anwesenheit ( $e_{L,O}$ )

Der zweite von der Norm berücksichtigte Energiekostenfaktor ist der der Anwesenheitssteuerung, d.h. die Fähigkeit des Systems, die Beleuchtung in einem Raum nur dann zu aktivieren, wenn sich Personen darin aufhalten.

Der Beitrag der anwesenheitsabhängigen Regelung zur Energieeffizienz wird durch den Faktor  $e_{L,O}$  ausgedrückt, der nach der folgenden Formel berechnet wird:

$$e_{L,O} = \frac{F_o}{(1 - F_A)}$$

Wo:

- $F_o$ : Belegungsfaktor, er stellt die Wirksamkeit eines Kontrollsystems dar Anwesenheitskontrollsystem im Kontext einer spezifischen Umgebung, daher variiert es je nach der Lichtsteuerungstechnik.
- $F_A$ : Der Abwesenheitsfaktor gibt an, inwieweit ein bestimmter Raum, der diskontinuierlich genutzt wird, von einem automatischen Anwesenheitserkennungssystem profitiert.

Der Belegungsfaktor  $F_o$  wird durch die Wirksamkeit des Kontrollsystems ( $F_{oc}$ ) bestimmt, hängt aber auch vom Abwesenheitsfaktor ( $F_A$ ) ab und kann mit einer der Formeln in Tabelle A-4 ermittelt werden.

$0,0 \leq F_A < 0,2$	$0,2 \leq F_A < 0,9$	$0,9 \leq F_A \leq 1,0$
$F_o = 1 - [(1 - F_{oc}) \cdot F_A / 2]$	$F_o = F_{oc} + 0,2 - F_A$	$F_o = [7 - (10 \times F_{oc})] \cdot (F_A - 1)$

Tabelle A -4 - Bestimmung des Faktors  $F_o$

Die Norm berücksichtigt manuelle oder automatische Systeme mit unterschiedlichem Wirkungsgrad für die Anwesenheitskontrolle.

#	System ohne Anwesenheitskontrolle	$F_{oc}$
A	Manuelle Steuerung On/Off	1,00
B	Manuelle Steuerung On/Off + zeitgesteuerte automatische Abschaltung	0,95
#	Systeme mit Anwesenheitskontrolle	$F_{oc}$
C	Automatische Steuerung On / Dimmen	0,95
D	Automatische Steuerung On / Off automatisch	0,90
E	Manuelle Steuerung On / Dimmen	0,90
F	Manuelle Steuerung On / Off automatisch	0,80

Tabelle A -5 - Wirksamkeit der Anwesenheitskontrollsysteme

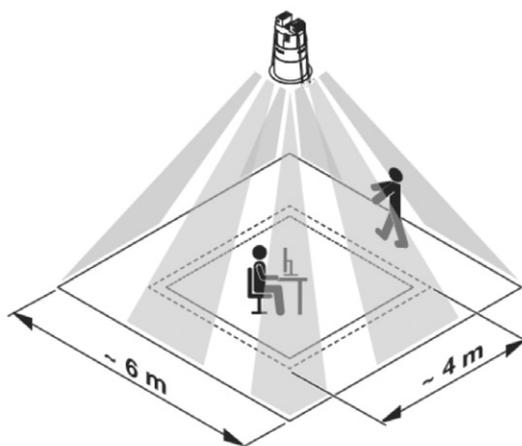


Abb. 13.  
Beispiel für den Erfassungsbereich eines an der Decke montierten Präsenzmelders

## A Die Kontrolle der Beleuchtung

### 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

Tabelle A -6  
Abwesenheitsfaktor  $F_A$   
(EN 15193-1 - Tab. B.6)

Die Werte des Abwesenheitsfaktors  $F_A$  sind in EN 15193-1 angegeben und beruhen auf statistischen Daten, die in Europa in Umgebungen mit typischer Nutzung erhoben wurden.

Durchschnittswert pro Gebäude			Wert pro Raum				
Aktivitäten	$F_A$	Aktivitäten	Umgebung/Standort	$F_A$			
Büros	0,20	Büros	Mobiles Büro für 1 Person	0,40			
			Mobiles Büro für 2-6 Personen	0,30			
			Offener Bereich > 6 Pers./30 m <sup>2</sup>	0,00			
			Offener Bereich > 6 Pers./10 m <sup>2</sup>	0,20			
			Korridor (gedimmt)	0,40			
			Reception – Eingang	0,00			
			Showroom	0,60			
			Toiletten	0,90			
			Aufenthaltsraum	0,50			
			Abstellraum - Garderobe	0,90			
			Technischer Raum	0,98			
			Serverraum	0,50			
			Konferenzsaal	0,50			
			Archiv	0,98			
Schulen	0,20	Schulen	Klasse	0,25			
			Raum für Gruppentätigkeiten	0,30			
			Korridor (gedimmt)	0,60			
			Gemeindesaal	0,50			
			Lesesaal	0,40			
			Sekretariat	0,40			
			Fitnesscenter	0,30			
			Kantine	0,20			
			Lehrersaal	0,40			
			Copy-Shop / Lager	0,40			
			Küche	0,20			
			Bibliothek	0,40			
			Krankenhäuser	0,00	Krankenhäuser	Krankenstationen, Patientenzimmer	0,00
						Untersuchungen / Therapien	0,40
Voroperationssaal	0,40						
Reha-Abteilung	0,00						
OP-Saal	0,00						
Korridor	0,00						
Wartezimmer	0,00						
Eingang / Empfang	0,00						
Wohnzimmer	0,20						
Labor	0,20						
Industrie	0,00	Industrie				Montageabteilung	0,00
						Kleiner Produktionsbereich	0,20
						Lager mit Regalen	0,40
						Offenes Lager	0,20
			Lackierkabine	0,20			
Hotels / Restaurants	0,00	Hotels / Restaurants	Reception / Empfangshalle	0,00			
			Korridor (gedimmt)	0,40			
			Hotelzimmer	0,60			
			Speise- / Frühstückssaal	0,00			
			Küche	0,00			
			Konferenzsaal	0,40			
			Vorratskammer, Lager	0,50			
Einkaufszentren / Geschäfte	0,00	Einkaufszentren / Geschäfte	Verkaufsbereiche	0,00			
			Lager	0,20			
			Kühlzelle	0,60			
		Weitere Bereiche			Wartezimmer	0,00	
					Treppenbereich (gedimmt)	0,20	
					Auditorium, Konzertsaal	0,00	
					Ausstellung, Kongresshalle	0,50	
					Museum	0,00	
					Bibliothek, Lesesaal	0,00	
					Archiv	0,90	
					Bereich für sportliche Tätigkeiten	0,30	
					Privatparkplatz	0,95	
					Öffentlicher Parkplatz	0,80	

## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

“

... Der Abwesenheitsfaktor  $F_A$  ist umso höher, je unregelmäßiger der Raum genutzt wird, so dass das Vorhandensein eines automatischen Systems die Energieeffizienz erhöht.

System ohne Anwesenheitskontrolle	
<b>A</b>	Manuelle Steuerung On/Off
<b>B</b>	Manuelle Steuerung On/Off + zeitgesteuerte automatische Abschaltung
Systeme mit Anwesenheitskontrolle	
<b>C</b>	Automatische Steuerung On / Dimmen
<b>D</b>	Automatische Steuerung On / Off automatisch
<b>E</b>	Manuelle Steuerung On / Dimmen
<b>F</b>	Manuelle Steuerung On / Off automatisch

Tabelle A -8

Tabelle mit Anwesenheitskontrollsystemen

Wie aus den tabellarischen Werten hervorgeht, ist der Abwesenheitsfaktor  $F_A$  umso größer, je mehr der Raum intermittierend genutzt wird, so dass sich das Vorhandensein einer automatischen Anlage positiv auf die Energieeffizienz auswirkt. Ständig belebte Umgebungen, wie z.B. eine Produktionsabteilung oder ein großer offener Raum, profitieren nicht sehr von der Anwesenheitskontrolle.

Es sollte auch bedacht werden, dass ein Anwesenheitskontrollsystem nicht unbedingt aus einem Bewegungs-/Anwesenheitssensor besteht. In einem Hotelzimmer beispielsweise ist die Verwendung von Zugangskontrollsystemen, die die Anwesenheit des Gastes im Zimmer erkennen können, z. B. mit Hilfe eines Badges, ein gültiges Anwesenheitskontrollsystem, das sicherlich effektiver und bequemer ist als ein Sensor.

In Tabelle A -15 sind die Werte des Kostenfaktors  $e_{L,O}$  aufgeführt kalkuliert für die verschiedenen Kontrollsystemtypologien für jeden Wert des Abwesenheitsfaktors.

$F_A$	Kostenfaktor $e_{L,O}$					
	Wirksamkeit des Anwesenheitskontrollsystems $F_{OC}$ (Tab. A.5)					
	A	B	C	D	E	F
<b>0,00</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
<b>0,05</b>	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
<b>0,10</b>	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,10
<b>0,15</b>	1,18	1,17	1,17	1,17	1,17	1,16
<b>0,20</b>	1,25	1,19	1,19	1,13	1,13	1,00
<b>0,25</b>	1,27	1,20	1,20	1,13	1,13	1,00
<b>0,30</b>	1,29	1,21	1,21	1,14	1,14	1,00
<b>0,35</b>	1,31	1,23	1,23	1,15	1,15	1,00
<b>0,40</b>	1,33	1,25	1,25	1,17	1,17	1,00
<b>0,45</b>	1,36	1,27	1,27	1,18	1,18	1,00
<b>0,50</b>	1,40	1,30	1,30	1,20	1,20	1,00
<b>0,55</b>	1,44	1,33	1,33	1,22	1,22	1,00
<b>0,60</b>	1,50	1,38	1,38	1,25	1,25	1,00
<b>0,65</b>	1,57	1,43	1,43	1,29	1,29	1,00
<b>0,70</b>	1,67	1,50	1,50	1,33	1,33	1,00
<b>0,75</b>	1,80	1,60	1,60	1,40	1,40	1,00
<b>0,80</b>	2,00	1,75	1,75	1,50	1,50	1,00
<b>0,85</b>	2,33	2,00	2,00	1,67	1,67	1,00
<b>0,90</b>	3,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,00
<b>0,95</b>	3,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,00
<b>1,00</b>	3,00	2,50	2,50	2,00	2,00	1,00

Tabelle A -7 - Bestimmung des Teilkostenfaktors  $e_{L,O}$

Anhand dieser Tabelle lässt sich nachvollziehen, dass die Installation von Sensoren in Räumen mit einem niedrigen  $F_A$ -Wert keinen nennenswerten Vorteil bringt, während die Verwendung manueller Kontrollen in Räumen mit hohen  $F_A$ -Werten eindeutig ineffizient ist.

Wenn eine Prüfung in einem einzelnen Büro ausgeführt werden soll ( $F_A=0,4$ ), bestimmt die manuelle Steuerung (Typologie A) einen Kostenfaktor  $e_{L,O}$  gleich 1,33. Wird stattdessen ein Sensor mit automatischer Ein- und Ausschaltung (Typ D) verwendet, verringert sich der Faktor auf 1,17. Noch wirksamer wäre eine Lösung, bei der das Licht manuell ein- und automatisch durch den Sensor ausgeschaltet wird (Typ F), wodurch der Faktor  $e_{L,O}$  auf 1,00, den niedrigstmöglichen Wert, reduziert wird.

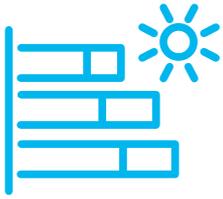
Einige Überlegungen zur anwesenheitsabhängigen Steuerung: Die Norm unterscheidet zwischen Systemen, die manuell eingeschaltet werden (Typen E und F) und solchen, die das System automatisch einschalten, wenn Anwesenheit erkannt wird (Typen C und D).

Diese Unterscheidung ist von echtem Wert, wenn je nach der beabsichtigten Nutzung des Raums das manuelle Schalten effizienter sein kann als das automatische Schalten. In einer Toilette ohne natürliches Licht unterscheidet sich die automatische Schaltung eines Sensors nicht von der manuellen Schaltung des Benutzers, der den Raum ohne Einschalten des Lichts nicht nutzen könnte. Im Hinblick auf das Ausschalten sorgt die Verwendung des Sensors jedoch dafür, dass das Licht nicht vergessen werden kann, wenn es eingeschaltet ist.

“

... Die Installation von Sensoren in Räumen mit einem niedrigen  $F_A$  Wert bringt keinen nennenswerten Vorteil, während die Verwendung von manuellen Kontrollen in Räumen mit hohen  $F_A$  Werten eindeutig ineffizient ist

A



## Tageslicht-Harvesting Relativer Tageslichtfaktor ( $e_{L,D}$ )

Diese dritte und letzte Komponente berücksichtigt die Senkung des Verbrauchs dank der Verfügbarkeit von natürlichem Licht durch den Einsatz von Steuerungs- und Regelungssystemen, den so genannten DRCS (Daylight Responsive Control Systems), die in der Lage sind, die künstliche Beleuchtung in all jenen Bereichen zu deaktivieren oder kontinuierlich zu regeln, in denen sie dank des natürlichen Lichts nicht mehr erforderlich ist.

Die Bestimmung dieses Beitrags ist komplex und vielschichtig, und es ist schwierig, sich auf eine Tabelle mit vordefinierten Werten zu beziehen, da es viele Variablen und Faktoren zu berücksichtigen gibt:

- Standort des Gebäudes (Breitengrad)
- Orientierung des Gebäudes und der einzelnen Räume
- Abmessungen und Geometrie der Öffnungen
- Lage der Öffnungen (vertikale Fenster, Gewölbe oder Kuppeln im Dach, usw.)
- Lichtdurchlässigkeitsfaktor von transparenten Oberflächen von Öffnungen
- Grad der Tageslichtdurchdringung
- Vorhandensein von Beschattungs- und Blendschutzsystemen, Jalousien usw.
- Nutzungszeiten (nachts ist diese Komponente natürlich unwirksam)

Darüber hinaus ist es notwendig, für jeden Raum eine separate Bewertung vorzunehmen, um die verschiedenen Komponenten, die sich selbst bei Räumen im selben Gebäude erheblich verändern, einzeln abwägen zu können.

Der Faktor  $F_D$  (Daylight Dependency Factor) bezieht sich auf zwei Komponenten und wird nach folgender Formel berechnet:

$$F_D = 1 - (F_{D,S} \cdot F_{D,C})$$

Wo:

- $F_{D,S}$  ist definiert als der Tageslichtversorgungsfaktor, ein Faktor, der das natürliche Licht in einer bestimmten Umgebung quantifiziert und qualifiziert.
- $F_{D,C}$  steht für die Wirksamkeit des Steuerungssystems bei der Ausnutzung des natürlichen Lichts (Lichtsteuerungsfaktor).

Der entsprechende Sparfaktor  $e_{L,D}$  wird mit der folgenden Formel bestimmt:

$$e_{L,D} = \frac{A_D(t_{Tag} \cdot (1 - F_{D,S} \cdot F_{D,C}) + t_{Nacht}) + A_{ND}(t_{Tag} + t_{Nacht})}{A_D(t_{Tag} \cdot (1 - F_{D,S} \cdot t_{Nacht}) + A_{ND}(t_{Tag} + t_{Nacht}))}$$

Wo:

- $A_D$ : ist der Bereich des Raumes, der von natürlichem Licht profitiert
- $A_{ND}$ : ist der Bereich, der nicht durch natürliches Licht abgedeckt wird.
- $t_{Day}$  ist der Teil des Betriebs des Systems, der tagsüber stattfindet
- $t_{Night}$  ist der entsprechende Teil in der Nacht.

Auch in diesem Fall hängt der Faktor  $e_{L,D}$  grundsätzlich von zwei Komponenten ab:  $F_{D,S}$  und  $F_{D,C}$ .

Unter der theoretischen Bedingung der maximalen Verfügbarkeit von Tageslicht ( $F_{D,S} \rightarrow 1$ ), wird der Wert  $F_D$  substantiell durch  $F_{D,C}$  bestimmt. Ein niedriges  $F_{D,C}$  stellt einen verminderten Wirkungsgrad, also eine Energieverschwendung dar.

Ansonsten, in Umgebungen mit geringer Verfügbarkeit von natürlichem Licht ( $F_{D,S} \rightarrow 0$ ) wird der Beitrag des Systems natürlich immer niedrig sein. Auch hohe Werte von  $F_{D,C}$ , aufgrund eines ausgeklügelten Regulierungssystem ändern den Faktor  $F_D$  nicht besonders (wir könnten dies in diesem Fall als Technologieverlust bezeichnen).

66

Wenn die mit natürlichem Licht beleuchtete Fläche einen großen Teil der Gesamtfläche des Gebäudes ausmacht, ist der Beitrag der Steuerung entscheidend für die Energieeinsparung.

## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

Im Rahmen dieses Leitfadens sind wir besonders daran interessiert, die Wirksamkeit verschiedener automatischer Steuerungssysteme zu messen, die in Umgebungen mit ausreichender Tageslichtverfügbarkeit unterschiedliche Effizienzwerte liefern können.

Folglich kann die Verfügbarkeit und Wirksamkeit von Tageslicht in einer bestimmten Umgebung in einer ersten Annäherung in vier Stufen quantifiziert werden, die vom Planer empirisch bestimmt werden können.

Richtwerte $F_{D,S}$			
Verfügbarkeit von natürlichem Licht			
kein	niedrig	mittel	hoch
0	0,65	0,80	0,90

Tabelle A -9 - Faktor  $F_{D,S}$

Dieses Kriterium gewährleistet natürlich kein hohes Maß an Genauigkeit und erfordert daher eine korrekte Beurteilung durch den Konstrukteur. Zum Beispiel:

**Hoch:** die Verfügbarkeit, Intensität und Verteilung des natürlichen Lichts ist sicherlich hoch, so dass es möglich ist, den Raum während einer beträchtlichen Anzahl von Stunden pro Tag ohne künstliche Beleuchtung zu nutzen.

**Durchschnittlich:** Die Umgebung wird durch Tageslicht beleuchtet, aber die Menge und Verteilung ist nicht immer ausreichend, so dass ein - wenn auch nur teilweiser - Beitrag von künstlichem Licht erforderlich ist.

**Niedrig:** die natürliche Beleuchtung ist in Bezug auf Menge und Verteilung im Raum praktisch nie ausreichend, so dass immer künstliches Licht erforderlich ist, um ein angemessenes Beleuchtungsniveau zu erhalten.

**Keine:** die Verfügbarkeit von natürlichem Licht ist vernachlässigbar oder fehlt ganz.

Um die Bewertung zu vereinfachen, wird dieser Faktor nur auf Räume angewandt, in denen die natürliche Beleuchtung praktisch die gesamte Fläche einnimmt (also  $A_{ND} = 0$  u  $A_D = A$ ).

In Bezug auf DRCS-Systeme berücksichtigt die Norm die folgenden Steuerungsalgorithmen.

Ref.	Algorithmus
I	Manuelle Steuerung
II	DRCS im On/Off-Modus. Das System schaltet die Beleuchtung automatisch aus, wenn der Sollwert erreicht ist, und schaltet sie wieder ein, wenn die Beleuchtungsstärke niedriger ist.
III	DRCS im On/Off-Modus, der in Stufen arbeitet. Das System schaltet die Beleuchtung in zwei oder mehr Stufen aus, wenn der Sollwert erreicht ist, und schaltet sie in Stufen wieder ein, wenn die Beleuchtungsstärke niedriger ist.
IV	DRCS im On/Off-Modus, der die Beleuchtung automatisch ausschaltet, wenn der Sollwert erreicht ist. Die Reaktivierung des Systems muss manuell vorgenommen werden.
V	DRCS im Dimm-Modus. Stellt den Lichtstrom auf den Mindestwert ein, ohne die Anlage auszuschalten, und schaltet die Anlage automatisch wieder ein, um den Auslegungssollwert zu halten.
VI	DRCS im Dimm-Modus. Sie regelt den Lichtstrom auf den Mindestwert und schaltet die Anlage schließlich ganz ab. Reaktiviert das System automatisch, um die geplante Beleuchtungsstärke beizubehalten.
VII	System, das dem Algorithmus V entspricht, mit dem einzigen Unterschied, dass es das System nicht automatisch reaktiviert, außer nach einem manuellen Befehl.
VIII	System, das dem Algorithmus VI entspricht, mit dem einzigen Unterschied, dass es das System nicht automatisch reaktiviert, außer nach einem manuellen Befehl.

Tabelle A -10 - Typologie DRCS

Es ist wichtig, dass in der Norm auch die manuelle Steuerung mit einem Effizienzwert versehen wurde, denn so kann sie später mit automatischen Systemen verglichen werden.



## A Die Kontrolle der Beleuchtung

### 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

Die Bestimmung von  $F_{D,c}$  kann durch Tabelle A -11 erhalten werden.

Wie aus den Werten in der Tabelle ersichtlich ist, schreibt die Norm der automatischen Dimmung eine höhere Wirksamkeit in direktem Verhältnis zur erforderlichen Beleuchtungsstärke zu ( $E_m$ ). Unter diesem Gesichtspunkt ist das effizienteste System dasjenige, das den Algorithmus (VIII) verwendet, der eine manuelle Aktivierung des Beleuchtungssystems und seine automatische Anpassung an das Tageslicht vorsieht.

Art der Kontrolle		Art des Systems	Faktor $F_{D,c}$								
			Verfügbarkeit von natürlichem Licht								
			niedrig			mittel			hoch		
			Beleuchtung $E_m$								
			300 lx	500 lx	750 lx	300 lx	500 lx	750 lx	300 lx	500 lx	750 lx
<b>Manuell</b>		I	0,50	0,47	0,44	0,55	0,52	0,49	0,60	0,57	0,54
<b>Automatisch</b>	On/Off	II	0,58	0,59	0,59	0,63	0,63	0,62	0,67	0,66	0,65
		III	0,65	0,70	0,73	0,70	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76
		IV	0,65	0,70	0,73	0,70	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76
		V	0,65	0,70	0,73	0,70	0,73	0,75	0,73	0,75	0,76
	Dimmen	VI	0,71	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79	0,81	0,81	0,81
		VII	0,72	0,77	0,80	0,77	0,80	0,83	0,80	0,83	0,84
		VIII	0,78	0,81	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,89	0,89

Tabelle A -11 - Bestimmung des Faktors  $F_{D,c}$

Schließlich muss die Anzahl der Tagesstunden, in denen der Raum genutzt wird, im Vergleich zur Anzahl der Nachtstunden berücksichtigt werden. Auch hier kann zur Vereinfachung der Berechnung ein Verhältnis zwischen den Tagesstunden und der Gesamtnutzungszeit ermittelt werden.

Tabelle A-12 zeigt die durchschnittlichen Betriebsdaten für einige Gebäudetypen, die sich durch ziemlich genau definierte Stundenprofile auszeichnen. In jedem Fall kann der Konstrukteur andere Daten verwenden, die dem tatsächlichen Fall entsprechen. Es genügt, das Verhältnis zwischen der Anzahl der Tagesstunden und der Gesamtzahl der Stunden zu ermitteln.

Mit diesen Daten ist es dann möglich, den Kostenfaktor  $e_{L,D}$  für alle Kombinationen von verschiedenen DRCS-Systemen in den verschiedenen Kombinationen der Tageslichtverfügbarkeit zu berechnen.

Art des Gebäudes	Jährlicher Betrieb (Stunden)			
	$t_{\text{Tag}}$	$t_{\text{Nacht}}$	$t_{\text{Ges.}}$	$t_{\text{Tag}}/t_{\text{Ges.}}$
Wohngebäude	1820	1680	3500	0,52
Büros	2250	250	2500	0,90
Schulen	1800	200	2000	0,90
Krankenhäuser	3000	2000	5000	0,6
Hotels	3000	2000	5000	0,6
Restaurants	1250	1250	2500	0,5
Sportzentren	2000	2000	4000	0,5
Einkaufszentren	3000	2000	5000	0,6
Herstellungswerke	2500	1500	4000	0,62

Tabelle A -12 - Jährliche Betriebszeiten Tag und Nacht (EN 15193-1 - Tab. B.1)

2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

Natürliches Licht	F <sub>D,s</sub>	t <sub>Tag</sub> / t <sub>Ges.</sub>	Kostenfaktor e <sub>L,D</sub>								
			F <sub>D,c</sub>								
			0,5	0,55	0,6	0,65	0,70	0,75	0,8	0,85	0,9
niedrig	0,65	0,5	<b>1,24</b>	<b>1,22</b>	<b>1,19</b>	<b>1,17</b>	<b>1,14</b>	<b>1,12</b>	<b>1,10</b>	<b>1,07</b>	<b>1,05</b>
		0,6	<b>1,32</b>	<b>1,29</b>	<b>1,26</b>	<b>1,22</b>	<b>1,19</b>	<b>1,16</b>	<b>1,13</b>	<b>1,10</b>	<b>1,06</b>
		0,7	<b>1,42</b>	<b>1,38</b>	<b>1,33</b>	<b>1,29</b>	<b>1,25</b>	<b>1,21</b>	<b>1,17</b>	<b>1,13</b>	<b>1,08</b>
		0,8	<b>1,54</b>	<b>1,49</b>	<b>1,43</b>	<b>1,38</b>	<b>1,33</b>	<b>1,27</b>	<b>1,22</b>	<b>1,16</b>	<b>1,11</b>
		0,9	<b>1,70</b>	<b>1,63</b>	<b>1,56</b>	<b>1,49</b>	<b>1,42</b>	<b>1,35</b>	<b>1,28</b>	<b>1,21</b>	<b>1,14</b>
		1,0	<b>1,93</b>	<b>1,84</b>	<b>1,74</b>	<b>1,65</b>	<b>1,56</b>	<b>1,46</b>	<b>1,37</b>	<b>1,28</b>	<b>1,19</b>
mittel	0,80	0,5	<b>1,33</b>	<b>1,30</b>	<b>1,27</b>	<b>1,23</b>	<b>1,20</b>	<b>1,17</b>	<b>1,13</b>	<b>1,10</b>	<b>1,07</b>
		0,6	<b>1,46</b>	<b>1,42</b>	<b>1,37</b>	<b>1,32</b>	<b>1,28</b>	<b>1,23</b>	<b>1,18</b>	<b>1,14</b>	<b>1,09</b>
		0,7	<b>1,64</b>	<b>1,57</b>	<b>1,51</b>	<b>1,45</b>	<b>1,38</b>	<b>1,32</b>	<b>1,25</b>	<b>1,19</b>	<b>1,13</b>
		0,8	<b>1,89</b>	<b>1,80</b>	<b>1,71</b>	<b>1,62</b>	<b>1,53</b>	<b>1,44</b>	<b>1,36</b>	<b>1,27</b>	<b>1,18</b>
		0,9	<b>2,29</b>	<b>2,16</b>	<b>2,03</b>	<b>1,90</b>	<b>1,77</b>	<b>1,64</b>	<b>1,51</b>	<b>1,39</b>	<b>1,26</b>
		1,0	<b>3,00</b>	<b>2,80</b>	<b>2,60</b>	<b>2,40</b>	<b>2,20</b>	<b>2,00</b>	<b>1,80</b>	<b>1,60</b>	<b>1,40</b>
hoch	0,90	0,5	<b>1,41</b>	<b>1,37</b>	<b>1,33</b>	<b>1,29</b>	<b>1,25</b>	<b>1,20</b>	<b>1,16</b>	<b>1,12</b>	<b>1,08</b>
		0,6	<b>1,59</b>	<b>1,53</b>	<b>1,47</b>	<b>1,41</b>	<b>1,35</b>	<b>1,29</b>	<b>1,23</b>	<b>1,18</b>	<b>1,12</b>
		0,7	<b>1,85</b>	<b>1,77</b>	<b>1,68</b>	<b>1,60</b>	<b>1,51</b>	<b>1,43</b>	<b>1,34</b>	<b>1,26</b>	<b>1,17</b>
		0,8	<b>2,29</b>	<b>2,16</b>	<b>2,03</b>	<b>1,90</b>	<b>1,77</b>	<b>1,64</b>	<b>1,51</b>	<b>1,39</b>	<b>1,26</b>
		0,9	<b>3,13</b>	<b>2,92</b>	<b>2,71</b>	<b>2,49</b>	<b>2,28</b>	<b>2,07</b>	<b>1,85</b>	<b>1,64</b>	<b>1,43</b>
		1,0	<b>5,50</b>	<b>5,05</b>	<b>4,60</b>	<b>4,15</b>	<b>3,70</b>	<b>3,25</b>	<b>2,80</b>	<b>2,35</b>	<b>1,90</b>

Tabelle A -13 - Bestimmung des Faktors e<sub>L,D</sub>



## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

### Schlussfolgerungen

Die Energieeffizienz, die sich aus der Einführung von Beleuchtungsregelungs- und -steuerungssystemen ergibt, wird auf der Grundlage der drei Kostenfaktoren  $e_L$  ausgedrückt, die in den vorangegangenen Kapiteln ermittelt wurden.

Der Wert jedes Faktors gibt uns einen Hinweis auf das Gewicht der einzelnen Komponenten in Bezug auf die Energieeffizienz, und die Multiplikation drückt die Gesamteffizienz aus.

Dieser Ansatz ermöglicht es, in jeder Situation zu beurteilen, wie wichtig die einzelnen Komponenten sind, oder, wie in einigen Fällen, wie unwichtig sie sind, so dass der Einsatz von Kontrolltechnologien unnötig ist.

Für die Berechnung der drei Komponenten werden folgende Daten benötigt:

- $f_m$ : Instandhaltungsfaktor
- $E_m$ : Beleuchtungsstärke
- Verhältnis von Tagesbetrieb zu Gesamtnutzungsstunden des Raums
- Eine empirische Schätzung des Grades der Verfügbarkeit von natürlichem Licht

Die übrigen Elemente können aus den in den jeweiligen Kapiteln vorgeschlagenen Tabellen ermittelt werden.

Einige Beispiele für die Berechnung von Energiekostenfaktoren für zwei verschiedene Arbeitsumgebungen:

### Fall 1

#### Einzelbüro



	Ausgangssituation (manuell)	Mit Kontrollsystem
Konstante Beleuchtung		
- Instandhaltungsfaktor $f_m$		0,8
Kostenfaktor $e_{L,C}$ :	<b>1,11</b>	<b>1</b>
Anwesenheitskontrolle		
- Abwesenheitsfaktor $F_A$ (Tabelle A -6)		0,40
- Kontrollart (Tabelle A -5)	A (manuelle Steuerung)	D (Autosensor on/ off)
Kostenfaktor $e_{L,O}$ :	<b>1,33</b>	<b>1,17</b>
Tageslichtnutzung		
- Beleuchtung		500
- Verfügbarkeit von Tageslicht		hoch
- Verhältnis Tageslichtstunden/ Gesamtstunden		0,90
- Steuerart (Tabelle A -10)	I (Manuell $F_{DC}=0,57$ )	VI ( $F_{DC}=0,81$ )
Kostenfaktor $e_{L,D}$ :	<b>2,92</b>	<b>1,85</b>
Faktor Gesamtkosten:	<b>4,31</b>	<b>2,16</b>

Bei der gleichen Leuchte, die im Raum verwendet wird, führt die automatische Steuerung im Vergleich zur manuellen Steuerung zu einer Verbrauchsreduzierung von etwa 50 %. Der höhere Wirkungsgrad ist auf die Tageslichtnutzung und in geringerem Maße auf die Anwesenheitssteuerung und die Rückgewinnung des Wartungsfaktors zurückzuführen.

## 2. Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen

### Fall 2

#### Produktionsabteilung



A

	Ausgangssituation (manuell)	Mit Kontrollsystem
Konstante Beleuchtung		
- Instandhaltungsfaktor $f_m$		0,7
Kostenfaktor $e_{L,C}$ :	<b>1,18</b>	1
Anwesenheitskontrolle		
- Abwesenheitsfaktor $F_A$ (Tabelle A -6)		0
- Kontrollart (Tabelle A -5)	A (manuelle Steuerung)	A (manuelle Steuerung)
Kostenfaktor $e_{L,O}$ :	<b>1</b>	1
Tageslichtnutzung		
- Beleuchtung		300
- Verfügbarkeit von Tageslicht		mittel
- Verhältnis Tageslichtstunden/ Gesamtstunden		0,62
- Steuerart (Tabelle A -10)	I (Manuell $F_{D,C}=0,55$ )	VI ( $F_{D,C}=0,77$ )
Kostenfaktor $e_{L,D}$ :	<b>1,42</b>	<b>1,23</b>
Faktor Gesamtkosten:	<b>1,68</b>	<b>1,23</b>

Das Kontrollsystem führt zu einer Senkung des Verbrauchs um 26%, was sowohl auf die Wiederherstellung des Wartungsfaktors als auch auf die Nutzung des natürlichen Lichts zurückzuführen ist.

# 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

A



### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

#### Die digitale Installation

Auch bei den Anlagen findet dieser Wandel statt, der im Vergleich zu den Gebäuden lange dauert und sich daher nur langsam ausbreitet, sich aber dennoch ständig weiterentwickelt.

Auch bei den Anlagen findet dieser Wandel statt, der im Vergleich zu den Gebäuden lange dauert und sich daher nur langsam ausbreitet, sich aber dennoch ständig weiterentwickelt. Begriffe wie „Smart Building“ oder „Intelligentes Gebäude“ sind mittlerweile in aller Munde, und bei der Beschreibung der Funktionen und Automatismen, die sie kennzeichnen, besteht die Gefahr, dass das grundlegende Konzept, das diesen Lösungen zugrunde liegt, in den Hintergrund gerät, nämlich dass es sich um Gebäude handelt, die mit digitalen Installationen ausgestattet sind, Systeme, deren Betrieb nicht von der Verbindung der Geräte abhängt, aus denen sie bestehen, sondern von der Tatsache, dass sie Nachrichten über ein physisches Kommunikationsmittel (z.B. eine verdrehte Leitung) austauschen. Das heißt, in diesen Gebäuden wurde das normale Funktionieren der Systeme in Daten und Informationen umgewandelt. Heute sind wir uns des Wertes von Informationen bewusst, Daten sind die Grundlage der gegenwärtigen und zukünftigen Wirtschaft, und digitale Gebäude erzeugen eine enorme Menge an Daten, die analysiert und ausgewertet werden können oder besser gesagt müssen, da sie alles enthalten, was man braucht, um das tatsächliche Verhalten und die Leistung eines Gebäudes zu kennen.

Im Vergleich zu anderen Sektoren hat das Baugewerbe seine eigenen Regeln und Anforderungen, die oft sehr unterschiedlich sind und auf einigen grundlegenden Anforderungen basieren, wie z.B.:

- a) Interoperabilität zwischen Komponenten verschiedener Hersteller;
- b) Zeitliche Interoperabilität, d.h. die Fähigkeit, die vollständige Kompatibilität der verwendeten Geräte im Laufe der Zeit aufrechtzuerhalten;
- c) Professionelle, umfassende, zuverlässige und skalierbare Kontrolle;
- d) Integration, Kontrolle und/oder Kontrolle durch andere Systeme.

Eingriffe in Gebäudeinstallationen sind kostspielig, daher ist es notwendig, zu Technologien überzugehen, die den Werterhalt im Laufe der Zeit gewährleisten. Die digitale Welt entwickelt sich in einem schwindelerregenden Tempo, während Gebäude, die einmal gebaut wurden, jahrzehntlang ihren Zweck erfüllen.

#### Systeme HBES und BACS

Digitale Installationen sind seit langem gesetzlich geregelt, sowohl in Bezug auf die Konstruktion und Installation, in diesem Fall HBES (Home and Building Electronic Systems), als auch in Bezug auf die implementierten Funktionen und Steuerungsalgorithmen, in diesem Fall BACS (Building Automation and Control Systems).

Diese Anlageninfrastrukturen, insbesondere wenn sie verkabelt sind, durchdringen die elektrische Energieverteilung und müssen daher ein angemessenes Isolationsniveau gewährleisten und einen ausreichenden Schutz gegen direkte und indirekte Kontakte sicherstellen. Darüber hinaus ist einer der wichtigsten Aspekte dieser Anwendungen ihre Fähigkeit, sich mit anderen Infrastrukturen zu vernetzen und mit ihnen zu kommunizieren, z.B. im Zusammenhang mit intelligenten Stromnetzen, der autonomen Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen oder bei der Verwaltung von Energieflüssen zu oder von Ladestationen für Elektrofahrzeuge oder sogar im Bereich des Smart Home, um den konsistenten Betrieb von intelligenten Haushaltsgeräten sicherzustellen.

Diese Normen legen die Kommunikationsschnittstellen fest, um eine ordnungsgemäße Integration zwischen Systemen zu gewährleisten.

Unter den wichtigsten Normen in diesem Bereich sind die folgenden zu nennen:

- EN 50491 (Reihe) - Allgemeine Anforderungen an elektronische Systeme für Haus und Gebäude (HBES) und Gebäudeautomations- und -steuerungssysteme (BACS)
- EN 50090 (Reihe) - Haus- und Gebäudeautomationssysteme (HBES)



Bei der Wahl eines Gebäudeautomationssystems müssen in erster Linie Aspekte der funktionalen Konkretheit, der Effizienz und der Skalierbarkeit im Vordergrund stehen, die auf offenen und interoperablen Lösungen beruhen und somit von den aktuellen, aber auch und vor allem von den zukünftigen Technologien gesteuert werden können.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung



## KNX - Der weltweite Standard für die Gebäudesteuerung

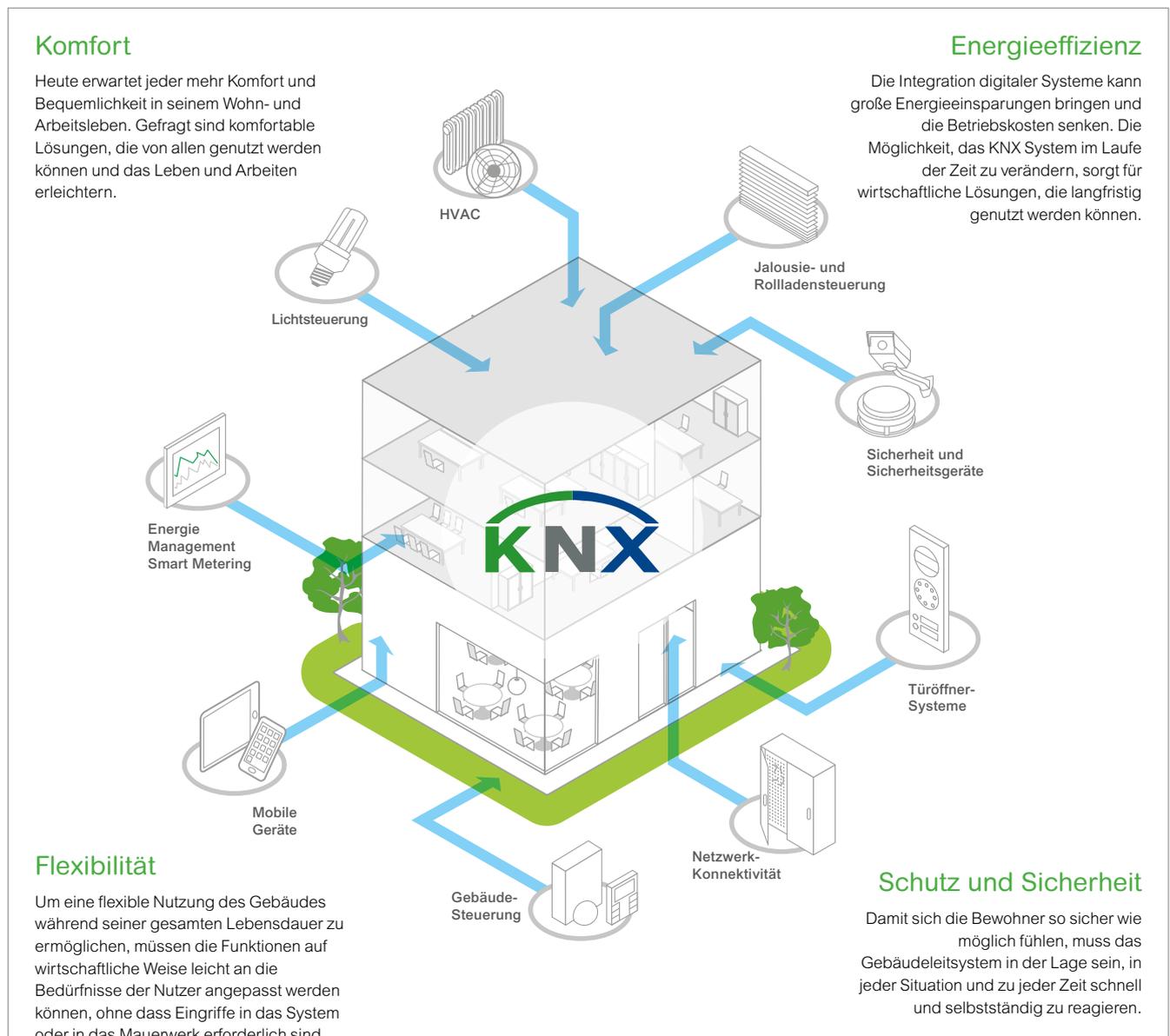
1999 wurde die KNX Association in Brüssel gegründet, um eine Technologieplattform für die Gebäudesteuerung durch Vereinheitlichung der damals verfügbaren Protokolle zu entwickeln.

In kurzer Zeit fand das Projekt die Zustimmung und Unterstützung der wichtigsten Hersteller des Sektors und ist heute sicherlich der am weitesten verbreitete technologische Standard:<sup>57</sup>

- 500 Hersteller mit 44 verschiedenen Nationalitäten
- 504 Ausbildungszentren in 72 Ländern<sup>58</sup>
- 161 wissenschaftliche Partner, die meisten von ihnen Universitäten und Forschungszentren aus 36 verschiedenen Ländern.
- 96.000 KNX Partner<sup>59</sup> in 171 Ländern.

Derzeit sind mehrere zehntausend zertifizierte KNX Produkte verfügbar, die in einer Datenbank auf der Website [www.knx.org](http://www.knx.org) aufgeführt sind. Die Konformität der einzelnen Geräte mit dem Standard wird durch ein Produktzertifizierungsverfahren gewährleistet, das direkt von der KNX Association mit Unterstützung einer Reihe von akkreditierten Prüflabors überwacht wird.

A



(57) Aktuelle Daten im Januar 2021.

(58) In Deutschland ist Schneider Electric ein von der KNX Association akkreditiertes Schulungszentrum und bietet landesweit zertifizierte Schulungen an.

(59) Ein KNX Partner ist eine Person, die den 5-tägigen KNX Grundkurs besucht und die Abschlussprüfung bestanden hat.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

Integration IoT 1.0	<b>Web Services</b> (OBIX, OPC UA, BACnet/WS)			
Konfigurationsmodi	SYSTEM-MODUS	ETS INSIDE	EINFACHER MODUS - LTE	
Runtime	ERWEITERTES PROTOKOLL		STANDARD-PROTOKOLL	
Eindeutiger Kern				
Gemeinsame Adressierung				
Physische Mittel	PL	RF	TP	IP

Abb. 14. Eigenschaften der KNX-Technologie

A



Die hauptsächlichsten Eigenschaften dieser Technologie beinhalten:

- Offenes (nicht-proprietäres) Protokoll;
- Skalierbarkeit, die Infrastruktur und die Geräte sind für Anwendungen in kleinen Wohngebäuden, aber auch für die Steuerung großer Strukturen geeignet;
- Technologie, die in internationalen Normen umgesetzt wird;
- Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller;
- Interoperabilität im Laufe der Zeit, neue und neuere Geräte können ohne Kompatibilitätsprobleme in bestehende Installationen integriert werden
- Funktionalitätsorientierte Technik für das Gebäude
- Verteilte Intelligenzarchitektur zur Gewährleistung der Systemzuverlässigkeit ohne Abhängigkeit von einem zentralen Element
- Unterstützung für verschiedene physikalische Kommunikationsmedien: Twisted Pair (TP), Radiofrequenz (RF), Powerline-Kommunikation (PL), TCP/IP-Netzwerke
- Mehrere Konfigurationsmodi (System Mode, Easy Mode, LTE Logical Tag Extended, ETS Inside)
- Ein Konfigurationswerkzeug (ETS-Software) für alle zertifizierten KNX-Geräte
- Unterstützung für Protokollsicherheit (KNX IP Secure, KNX Data Secure)
- Kontinuierliche Weiterentwicklung der Technologie (Web Services, IoT, ETS Inside, Kanäle/Funktionen, erweiterte Konfiguration usw.).



Ein besonders wichtiger Aspekt der KNX Technologie ist die native Unterstützung verschiedener Kommunikationsmedien, von der traditionellen verdrehten Zweidrahtleitung bis hin zu drahtlosen Lösungen, wobei die gleiche Architektur, der gleiche Adressraum und der gleiche Konfigurationsmodus beibehalten werden. Dies ermöglicht die Schaffung gemischter Installationen, bei denen die Vorteile verschiedener Technologien genutzt werden können, ohne dass das Kommunikationsprotokoll geändert werden muss.

In Deutschland gibt es eine nationale Vertretung der KNX Association mit Sitz in Frankfurt, der die wichtigsten deutschen Akteure im Bereich der Haus- und Gebäudeautomation angehören

Die Associazione KNX Deutschland fördert die Nutzung der KNX Technologie für die Gebäudesteuerung auf nationaler Ebene mit Konferenzen und Schulungen und ist auch auf wichtigen Messen vertreten. Darüber hinaus ist die Benutzergruppe KNX Professionals Deutschland ein Zusammenschluss von KNX Fachleuten, Systemintegratoren und Installateuren.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## KNX Netzwerkarchitektur TP1-256

Ein KNX-System besteht aus KNX-Geräten, die an Kabelsegmente (verdrillte Zweidrahtleitung) angeschlossen sind, über die sie mit Strom versorgt werden und gleichzeitig im asynchronen seriellen Modus mit 9.600 bit/s kommunizieren. Das elementare Segment wird als KNX-Linie bezeichnet, an die bis zu 256 Geräte angeschlossen werden können<sup>60</sup>.

Jede Linie ist mit einem KNX Netzteil (PSU) ausgestattet, das eine Spannung von 30 V<sub>DC</sub> erzeugt, die den Signalträger darstellt und gleichzeitig die einzelnen KNX Geräte mit Strom versorgt, deren Stromverbrauch im Durchschnitt etwa 10 mA beträgt<sup>61</sup>.



Abb. 15.  
KNX TP1-256 Linie

Zu den grundlegenden Anforderungen an eine KNX Linie gehören:

- Verbindungen mit unterschiedlichen Topologien (Stern, Baum, in/out) sind zulässig, aber es ist nicht erlaubt, Kabelabschnitte zu schlaufen;
- Das Netzteil kann an jeder beliebigen Stelle des Stromkreises eingefügt werden, vorzugsweise in der Nähe von eng beieinander liegenden Gerätegruppen (z.B. in Schalttafeln). Es sollte auch berücksichtigt werden, dass jedes Gerät nicht weiter als 350 m von der Stromversorgung entfernt sein sollte.
- Die Gesamtsumme aller Verbindungen, aus denen die KNX-Linie besteht, darf 1000 m nicht überschreiten, und zwei Geräte sollten nicht mehr als 700 m voneinander entfernt sein.
- Es können bis zu 2 KNX-Netzgeräte an dieselbe Linie angeschlossen werden. Die Netzteile müssen identisch sein, und der Mindestabstand zwischen ihnen muss mit dem Hersteller abgestimmt werden.

Einer KNX-Linie wird zwangsläufig eine Subnetzadresse (SNA) zugewiesen bestehend aus 2 Ziffern mit 4 bit ( $2^4=16 \rightarrow$  somit von 0 bis 15), dove:

- Die erste Ziffer bezeichnet die Bereichsadresse
- Die zweite Ziffer gibt die Leitungsadresse an

Folglich hat jedes KNX-Gerät, das an eine Linie angeschlossen ist, eine KNX-Adresse, die aus der Subnetzadresse gefolgt von der Geräteadresse besteht, die mit 1 Byte (8 Bits) bis 255 ausgedrückt wird. Jedes KNX-Gerät muss seine eigene individuelle Adresse haben und natürlich können keine zwei Geräte die gleiche Adresse haben.

Zum Beispiel haben Geräte, die an Leitung 1.1 (Bereich 1, Leitung 1) angeschlossen sind, als individuelle Adresse 1.1.1, 1.1.2 usw.

“

Bei der Planung der Topologie von KNX-Netzwerken muss die richtige Lösung gefunden werden, um die Struktur der Anlage an die architektonischen Gegebenheiten anzupassen.

(60) Der KNX-Standard sieht zwei verschiedene Topologielösungen vor, die vom Typ des Busankopplers (BCU) abhängen. An die BCU TP1-64 können maximal 64 Geräte angeschlossen werden, und um den gesamten Adressraum zu nutzen, müssen Erweiterungen mit Hilfe von Repeatern vorgenommen werden. Wenn Geräte mit BCU TP1-256 verwendet werden, können bis zu 256 Geräte in einem Segment angeschlossen werden. Natürlich muss der Gesamtstromverbrauch aller über den Bus versorgten KNX-Geräte überprüft werden und darf den Nennstrom des/der Netzgeräte(s) in der Linie nicht überschreiten.

(61) KNX-Linien sind SELV-Stromkreise (bei korrekter Installation durch den Installateur) und erfordern daher keine zusätzlichen Schutzmaßnahmen gegen direkte und indirekte Kontakte.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

Mehrere KNX Linien, bis maximal 15 m, können dann über Linienkoppler zu einer Stammlinie zusammengeschaltet werden und bilden eine „KNX Area“. Die Rückleitung hat immer die Linienadresse 0 und ist gleichzeitig eine KNX-Linie, an die bis zu 256 Geräte angeschlossen werden können.

Die KNX-Koppler gewährleisten die Weiterleitung von Nachrichten in den verschiedenen Segmenten der Anlage und ermöglichen die Kommunikation zwischen allen installierten Geräten. KNX-Koppler erhalten immer die Einzeladresse 0.

Als Anhaltspunkt kann ein KNX-Bereich etwa  $16 \times 256 = 4096$  KNX-Geräte enthalten.

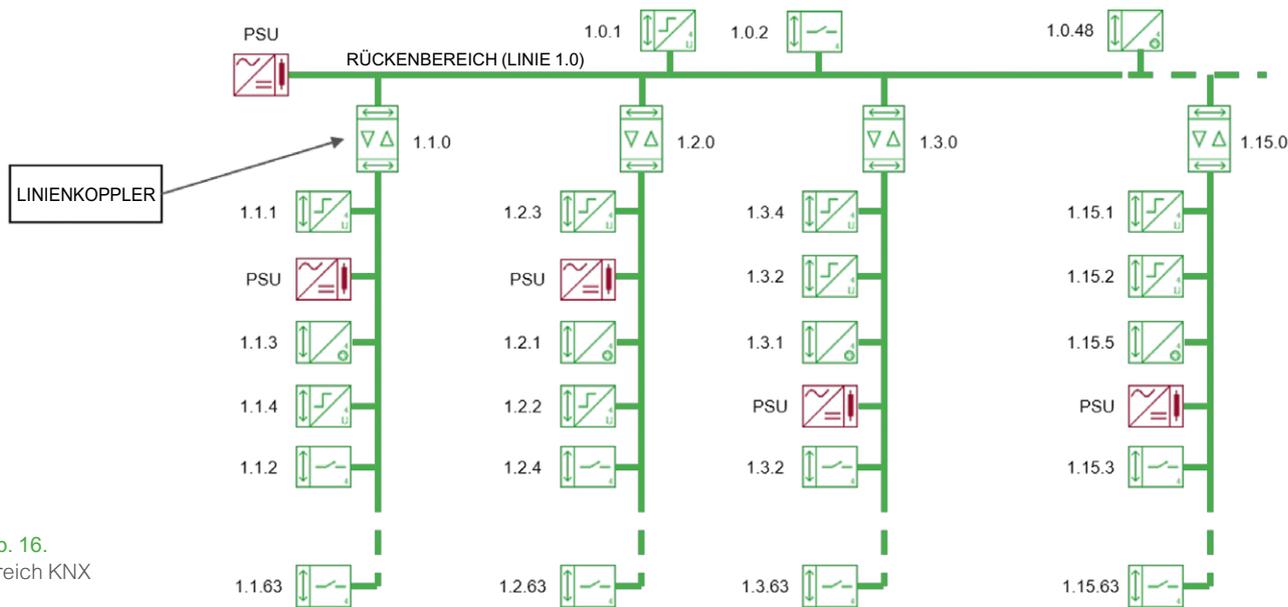


Abb. 16. Bereich KNX

Mehrere KNX Bereiche, bis zu maximal 15<sup>62</sup> können über Bereichskoppler zu einem Hauptstrang zusammengeschaltet werden, so dass theoretisch eine Gesamtzahl von 65.536 Geräten erreicht werden kann. Wenn man bedenkt, dass jedes KNX/DALI-Gateway in Wirklichkeit ein einziges KNX-Gerät ist, das bis zu 64 Leuchten steuern kann, kann man sich vorstellen, wie eine einzige KNX-Linie eine Installation mit mehreren Dutzend Sensoren und Schaltern und Hunderten oder Tausenden von Leuchten verwalten kann.

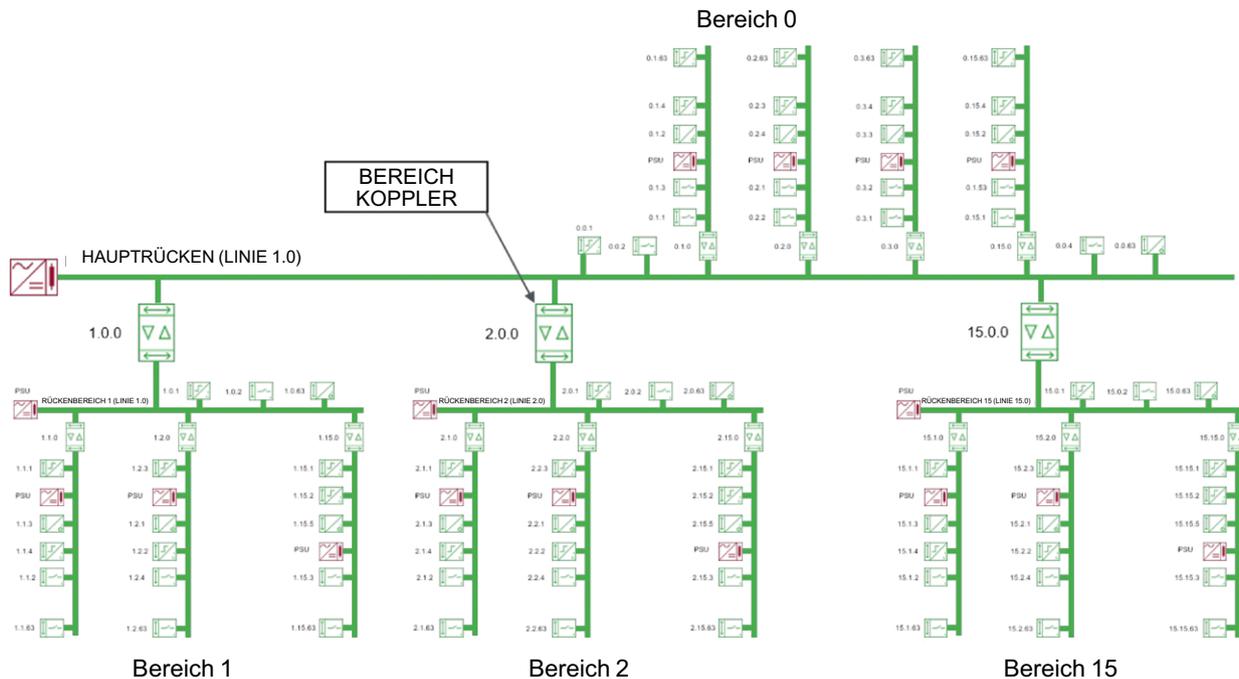


Abb. 17. Network KNX

(62) In der Realität können bis zu 16 KNX Bereiche realisiert werden, indem zusätzliche 15 Linien mit dem Hauptsystem verbunden werden, um den Bereich 0 zu bilden (siehe. Abb. 17)

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

Einer der Faktoren, der am meisten zur Beliebtheit von KNX Systemen beigetragen hat, ist die Interoperabilität, die diese Technologie bietet, sogar zwischen Geräten verschiedener Hersteller. Ein Thermostat von Hersteller A kann durchaus einen Ventiltrieb von Hersteller B steuern. Diese Leistung wird nicht nur durch die Verwendung des gleichen Kommunikationsprotokolls durch die beiden Geräte garantiert, sondern auch durch die Tatsache, dass der KNX-Standard im Detail die garantierte Mindestfunktionalität für beide Geräte, Sensor und Aktor, definiert und auch festlegt, wie die Daten, die diese Geräte austauschen, verschlüsselt werden. Ein Temperaturwert wird daher immer auf die gleiche Weise kodiert, unabhängig davon, ob er von einem tiefen L-Sensor oder einem Raumthermostat erzeugt wird.

Diese Standardisierung der Informationen ermöglicht es den Lichtsensoren, jede Art von Beleuchtungsaktoren, Schaltaktoren, analogen Dimmern und natürlich auch KNX/DALI-Gateways zu steuern, die zwar komplexer sind, aber dennoch dieser Standardisierung entsprechen.



Dieser Ansatz hat die Entwicklung einer beträchtlichen Anzahl von Geräten und Lösungen für alle Anwendungen, sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich, ermöglicht und die Hersteller dazu angeregt, immer vollständiger und leistungsfähiger Geräte zu entwickeln, die in der Lage sind, komplexe und zuverlässige Steuerungslösungen zu realisieren. Und diese Innovation ist ein Faktor für das stetige Wachstum des Marktes. Ein zweiter Aspekt, nämlich die Wahrung der Zeitkompatibilität, bietet einen weiteren grundlegenden Vorteil. Die für die Beleuchtungssteuerung verwendeten Sensoren sind heute wesentlich leistungsfähiger als die früher auf dem Markt befindlichen Geräte und verfügen über vielseitigere Steuerungsalgorithmen und Betriebsparameter, die den Einsatz für spezielle Anwendungen ermöglichen. In KNX-Anlagen ist es möglich, vorhandene Geräte durch neue Versionen zu ersetzen, die den Betrieb der Anlage verbessern, ohne dass die übrige Installation verändert werden muss. Das bedeutet auch, dass wir die Sensoren oder Aktoren, die wir heute verwenden, in Zukunft, vielleicht sogar in einigen Räumen, durch neue Modelle ersetzen können, die in den nächsten Jahren das Licht der Welt erblicken und Funktionen bieten werden, die heute noch nicht verfügbar sind. So wird sichergestellt, dass sich die Anfangsinvestition lohnt. Der Aufbau der digitalen Kommunikationsinfrastruktur im Gebäude stellt einen Mehrwert dar, der im Laufe der Zeit erhalten bleibt.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung



Abb. 18.  
Logo DiiA

## DALI - Digital adressierbare Beleuchtungsschnittstelle

Die DALI-Technologie bringt die Digitalisierung in die Welt der Beleuchtung, indem sie einem einfachen Gerät wie einer Leuchte zusätzliche Funktionen verleiht.

Neben der Kontrolle ist es möglich, detaillierte Informationen über den Betriebszustand, das Vorhandensein von Störungen oder Anomalien auszutauschen. Die Leuchten werden zu „konfigurierbaren“ Geräten in dem Sinne, dass sie eine Reihe von Parametern anzeigen, die vom Systemintegrator so eingestellt werden können, dass sie sich in der gewünschten Weise verhalten (z.B. Mindest- und Höchstwerte des Lichtstroms, Geschwindigkeit der Durchflussregelung, Kurve oder Trend der Durchflussänderung usw.).

Diese Technologie wurde zunächst im ZVEI<sup>63</sup> entwickelt, wo die Arbeitsgruppe DALI-AG gegründet wurde, bevor sie 2017 in die DiiA - Digital Illumination Interface Alliance übergang, der heute die führenden Hersteller von Beleuchtungskomponenten angehören.

Ab September 2020 wird der DiiA-Verband den Namen „DALI Alliance“ für die gesamte Kommunikation und Förderung der DALI-Technologie auf dem Markt annehmen

## Standard IEC 62386

Die DALI-Technologie wurde auch als Regulierungsstandard übernommen. Die erste Ausgabe der Norm IEC 62386 – *Digital Addressable Lighting Interface* wurde ab 2009 veröffentlicht, obwohl die ersten Spezifikationen für elektronische Vorschaltgeräte für Leuchtstoffröhren aus dem Jahr 2001 stammen.<sup>64</sup>

Die Bestandteile dieser Technologie sind in Artikel 4.1 der ersten Ausgabe der Norm zusammengefasst, wobei Aspekte und Merkmale wie die folgenden hervorgehoben werden:

- Offener normativer Standard;
- Interoperabilität zwischen Geräten verschiedener Hersteller;
- Spezifische Technologie für die Beleuchtungswelt, die so konzipiert ist, dass sie gesteuert werden kann und unterhalb der Ebene der Gebäudemanagementsysteme liegt.

2014 begann die Veröffentlichung der zweiten Ausgabe, die allgemein als DALI 2 bekannt ist und eine bedeutende technische Weiterentwicklung des DALI-Standards darstellt:

- Zunächst einmal gewährleistet die neue Version volle Kompatibilität mit bestehenden Leuchten, die nach der ersten Ausgabe der Norm gebaut wurden.
- Die „Multimaster“-Architektur wird eingeführt, die es ermöglicht, mehrere Master-Geräte, die gleichzeitig Nachrichten senden können, in ein DALI-System einzubinden.
- Es werden Funktionsstandards für Steuergeräte (Drucktasten, Sensoren usw.) festgelegt.
- Die Liste der DALI-Befehle wurde um einige neue Funktionen erweitert (z.B. Extended Fade Time);
- Die von den Leuchten implementierte Funktionalität wird durch die Definition neuer und innovativer Gerätetypen weiter ausgebaut.



### IEC 62386-101 – Art. 4.1

#### Zweck

Die Normung der Steuerschnittstelle für die Steuerung elektronischer Lichtversorgungsgeräte durch digitale Signale ermöglicht die Herstellung der Interoperabilität mit Systemen verschiedener Hersteller zwischen dem elektronischen Versorgungsgerät und den Lichtsteuergeräten unterhalb der Ebene der Gebäudeleittechnik.

(63) ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.- Deutscher Verband der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie.

(64) Anlage E zur Norm EN60929

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

In den folgenden Kapiteln werden wir sehen, wie diese Entwicklung den Weg zu neuen funktionalen Architekturen öffnet, die bisher nicht möglich waren und die Vielseitigkeit dieser Technologie erhöhen.

Die Norm IEC 62386 ist in mehrere Teile unterteilt:

**Teil 101:** Grundlegende Anforderungen: Diese enthalten die allgemeinen Spezifikationen, die allen Geräten gemeinsam sind, die Definition der physikalischen Schicht mit den Spannungswerten, die Kodierung der Informationen usw. Dieser Teil wird ergänzt durch **Teil 104**, der die Verwendung anderer Kommunikationsmedien als Twisted Pair (z. B. Funkfrequenz, Bluetooth oder IP-Netzwerke) behandelt, und durch **Teil 105**, der die Möglichkeit einführt, die Firmware eines DALI-Geräts zu aktualisieren.

**Teil 102:** Sie enthält die allgemeinen Anforderungen an Lichtquellen-Steuergeräte, d.h. Vorschaltgeräte, Driver usw., und definiert den Satz von Befehlen und Anweisungen, die an eine Leuchte gesendet werden können.

**Teil 103:** Dieser mit Version 2 der Norm eingeführte Teil enthält die Anforderungen und Spezifikationen, die allen Befehls- und Steuerungsgeräten, d.h. Tastern und Sensoren, gemeinsam sind, und definiert die Funktionalität des Anwendungscontrollers sowie einen neuen Nachrichtentyp, der von dieser Gerätekategorie verwendet wird.

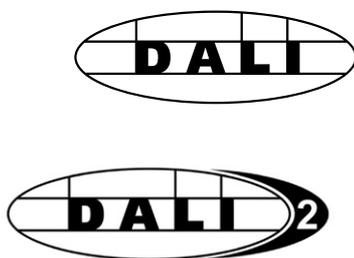
<b>250</b> Integrierte Stromspeisung	<b>251</b> Speicherbankerweiterungen	<b>252</b> Energiebericht	<b>253</b> Diagnostik & Instandhaltung				
<b>224</b> Integrierte Lichtquelle	<b>225</b> Farbe Tc	<b>226</b> Farbe x,y					
<b>220</b> Zentraler Notfall	<b>221</b> Laden Entladen	<b>222</b> Thermalleuchteninformation	<b>223</b> Lichtausgleich über die Zeit				
<b>216</b> Lade-Referenz	<b>217</b> Thermischer Schutz der Ausrüstung	<b>218</b> Dimm-Kurven	<b>219</b> Leistungsmessung				
<b>209</b> Farbsteuerung				<b>333</b> Manuell Konfig.	<b>3xx</b> Weitere Geräte		
<b>202</b> Notfall (Ed. 1)							
<b>206</b> 1-10V Konv.	<b>207</b> LED	<b>208</b> Schalten		<b>305</b> Farb-Sensor	<b>306</b> Remote-Schnittstelle	<b>307</b> Relative Eingabegeräte	<b>332</b> Feedback
<b>201</b> Fluoreszierend	<b>203</b> HID	<b>204</b> Halogen	<b>205</b> Glühbirne	<b>301</b> Knöpfe drücken	<b>302</b> Absolutes Inputgerät	<b>303</b> Anwesenheitssensor	<b>304</b> Licht-Sensor
<b>102 (Ed. 2)</b> KONTROLLGETRIEBE				<b>103</b> STEUERGERÄTE			
<b>105 - FIRMWARE UPDATE</b>							
<b>104 - DRAHTLOSE GERÄTE</b>							
<b>Teil 101 (Ed. 2) - GRUNDSYSTEM</b>							

**Abb. 19.** Aufbau der Norm IEC 62386 (grau hinterlegte Teile sind noch nicht veröffentlicht)

Die Norm wird durch weitere Teile vervollständigt, die besondere Vorschriften enthalten, die für bestimmte Arten von Geräten gelten oder sich auf bestimmte Funktionen beziehen, die, wie wir weiter unten sehen werden, als Gerätetyp definiert werden.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## DALI-Produktzertifizierung



Geräte, die nach der ersten Ausgabe der DALI-Norm hergestellt wurden, unterliegen einer Art Selbstzertifizierung durch den Hersteller selbst. Die Norm enthielt zwar Test- und Überprüfungsverfahren, aber eine Überprüfung durch Dritte war nicht vorgesehen. Dies führte im Laufe der Zeit zu einigen Kompatibilitätsproblemen, wenn das Gerät vielleicht nicht den gesamten Befehlssatz unterstützte.

Mit der Veröffentlichung der zweiten Ausgabe der Norm und insbesondere mit der Übertragung der Verwaltung an den Verein DiiA unterliegen die DALI-2-Produkte einer Produktkonformitätszertifizierung, die die Überprüfung der Prüfergebnisse durch DiiA einschließt und die Nutzung externer akkreditierter Labors ermöglicht. Dieses Verfahren gewährleistet die vollständige Konformität der Geräte, ist aber mit einem längeren und komplexeren Zertifizierungsprozess verbunden. Geräte, die den Zertifizierungsprozess bestanden haben, können mit dem neuen DALI-2-Logo gekennzeichnet werden und werden in eine Datenbank zertifizierter Produkte aufgenommen, die auf der Website des Verbandes ([www.digitalilluminationinterface.org](http://www.digitalilluminationinterface.org)) eingesehen werden kann.



## Architekturen DALI

Ein DALI-System hat eine funktionale Architektur, die auf dem Master/Slave-Kommunikationsparadigma basiert. Nur ein Gerät, der Master, kann eine Kommunikation auf dem Bus initiieren. Die Slave-Geräte empfangen und führen die vom Master gesendeten Befehle aus und können, falls vorgesehen, auf eine Anfrage des Masters mit einer Nachricht antworten, die im Allgemeinen einen Zustand des Slave-Geräts angibt. Ein Slave-Gerät kann unter keinen Umständen selbständig eine Kommunikation einleiten.

Die vom Master übersendeten Nachrichten werden **Forward Frame** (FF) genannt und bestehen aus 2 byte (16 bit). Die Antwortnachrichten, die ein Slave-Gerät auf Anfrage senden kann, werden **Backward Frame** (BF) genannt und bestehen nur aus einem Byte (8 Bit).

Diese Architektur (siehe Abb. 20) ist die Grundlage für die erste Version der Norm IEC 62386 und ist der Modus, der den Betrieb aller DALI-Systeme charakterisiert.

Das System muss außerdem mit einer DALI-Stromversorgung ausgestattet sein, die in der Lage ist, die angeschlossenen Geräte mit Strom zu versorgen und die für die Signalcodierung verwendete Gleichspannung (ca. 16 V<sub>DC</sub>) zu erzeugen. Die Stromversorgung kann ein spezielles Gerät sein oder in ein Gerät, wie z.B. eine Master-Steuerung, integriert sein.

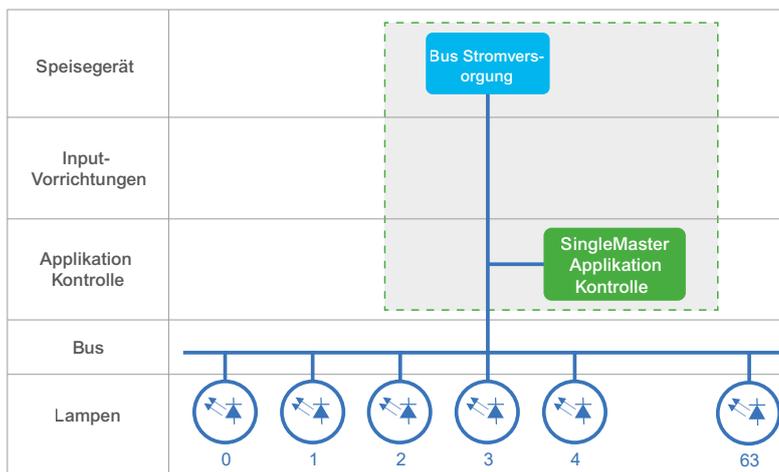


Abb. 20. Traditionelle DALI – Architektur

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

A

An ein DALI-System können bis zu 64 Slave-Geräte angeschlossen werden, was natürlich die Leuchten sind. Die Grenze von 64 Leuchten wird durch den vom Protokoll bereitgestellten Adressraum bestimmt, der, da er aus 6 Bits besteht, nur  $2^6 = 64$  Adressen (von Adresse 0 bis 63) erlaubt.

Ursprünglich gab es keine Unterstützung für Steuergeräte wie Sensoren oder Taster, die, falls vorhanden, direkt mit dem Master-Gerät kommunizieren, ohne an den DALI-Bus angeschlossen zu sein, oder an den Bus angeschlossen werden können, aber proprietäre Lösungen verwenden, die einige Hersteller zur Verwaltung der Kommunikation entwickelt haben<sup>65</sup>.

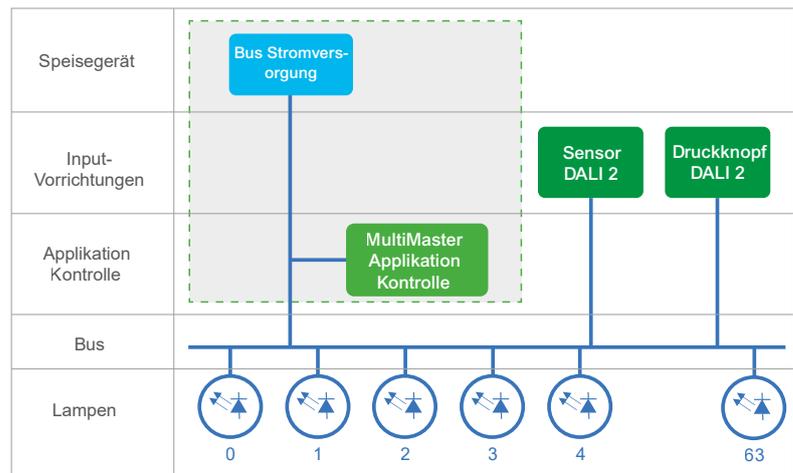


Abb. 21.  
DALI2 – Architektur

Die zweite Version der IEC 62386 standardisiert die Verwendung von Steuergeräten (*control devices*), durch die Einführung einiger wichtiger Änderungen am DALI-Protokoll:

1. Die Funktion des Kreises *Multi master transmitter* übersendet Steuerungen an den Bus DALI und vermeidet Kollisionen;
2. Die Funktion *Application controller* muss außer verschiedenen Aufgaben die Kommunikation zwischen Druckknöpfen/Sensoren und Beleuchtungsgeräten verwalten;
3. die Merkmale der von den Befehlsgeräten (FF) gesendeten Nachricht, die aus 3 Byte (24 Bit) besteht.
4. Der Kommunikationsfluss ist so gestaltet, dass eine Taste nicht direkt mit den Leuchten kommunizieren kann, sondern ihre Nachricht an den *Application Controller* gesendet werden muss, der sie dann an die Slave-Geräte weiterleitet.

“

Die zweite Version der IEC 62386 standardisiert die Verwendung von Steuergeräten und führt den Betrieb des Multi-Master-Senderkreises ein, der in der Lage ist, Befehle ohne Kollisionen auf dem DALI-Bus zu senden.

(65) In einem Master/Slave-System muss sich das Master-Gerät, das als einziges zur Kommunikation auf dem Bus berechtigt ist, nicht darum kümmern, zu prüfen, ob der Bus durch andere Nachrichten belegt ist. Sollen mehrere Geräte die Kommunikation aufnehmen können (Multi-Master), müssen sie den Bus überprüfen, bevor sie mit dem Senden beginnen, um Kollisionen durch das gleichzeitige Senden mehrerer Nachrichten zu vermeiden.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

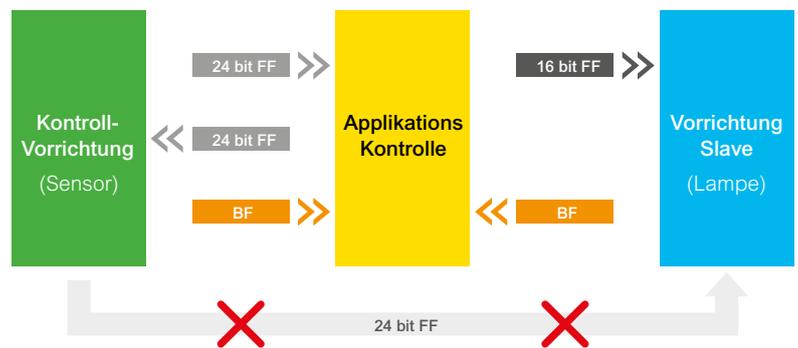


Abb. 22.  
Fluss der Nachrichten in einem DALI 2 – System

Diese Weiterentwicklung des DALI-Protokolls stellt eine bedeutende Veränderung dar, die das Potenzial dieser Technologie erheblich erweitert.

Die zweite Version der Norm vermeidet auch Kompatibilitätsprobleme zwischen neuen DALI-Geräten und solchen, die nach der ersten Version gebaut wurden, obwohl zu beachten ist, dass die beiden Architekturen nicht kompatibel sind.

	DALI 1 Single Master System	DALI 2 Single Master System	DALI 2 Multi Master System
Leuchten DALI 1	● (1)	● (4)	●
Kontrollvorrichtungen DALI 1	● (1)	● (5)	✗
Leuchten DALI 2	● (2)	●	●
Single Master Controller DALI 2	● (3)	●	✗
Multi Master Controller DALI 2	● (3)	●	●
Netzgerät DALI 1	●	●	✗
Netzgerät DALI 2	●	●	●

- (1) Mögliche Probleme aufgrund der unterschiedlichen Signalzeiten
- (2) Mögliche Probleme durch unterschiedliches Signal-Timing oder bei Verwendung von Speicherbänken.
- (3) Das System verhält sich als V2 Single Master (es werden jedoch nur V1-Befehle verwendet)
- (4) Mögliche Probleme aufgrund der unterschiedlichen Signalzeiten. V2-Befehle werden ignoriert.
- (5) Das System verhält sich wie V1.

Tabelle A -14 - Kompatibilitätsgrenzen der DALI-Architekturen

In jedem Fall ist die Kompatibilität mit bestehenden Leuchten, die der ersten Version des Standards entsprechen, gewährleistet und sie können von den neuen DALI2-Sensoren gesteuert werden.

#### Adressen DALI, Gruppen und Szenen

Während der Erstkonfiguration erkennt der Application Controller die am DALI-Bus angeschlossenen Leuchten und weist jeder von ihnen eine individuelle Adresse (Short Address) zwischen 0 und 63 zu. Sobald die Adresse zugewiesen ist, kann der Anwendungscontroller mit jeder Leuchte kommunizieren, sowohl für die Konfiguration als auch, was noch wichtiger ist, für die Steuerung im normalen Betrieb des Beleuchtungssystems.

Ein Aspekt, der das DALI-Protokoll von Anfang an sehr nützlich gemacht hat, ist die Möglichkeit, Leuchten in Gruppen zu organisieren, die gemeinsam gesteuert werden können. So können beispielsweise Leuchten innerhalb eines Raumes gruppiert und mit einem einzigen Befehl gesteuert werden.

In einem DALI-Segment können bis zu 16 verschiedene Gruppen definiert werden und jede Leuchte kann mehreren DALI-Gruppen gleichzeitig angehören.

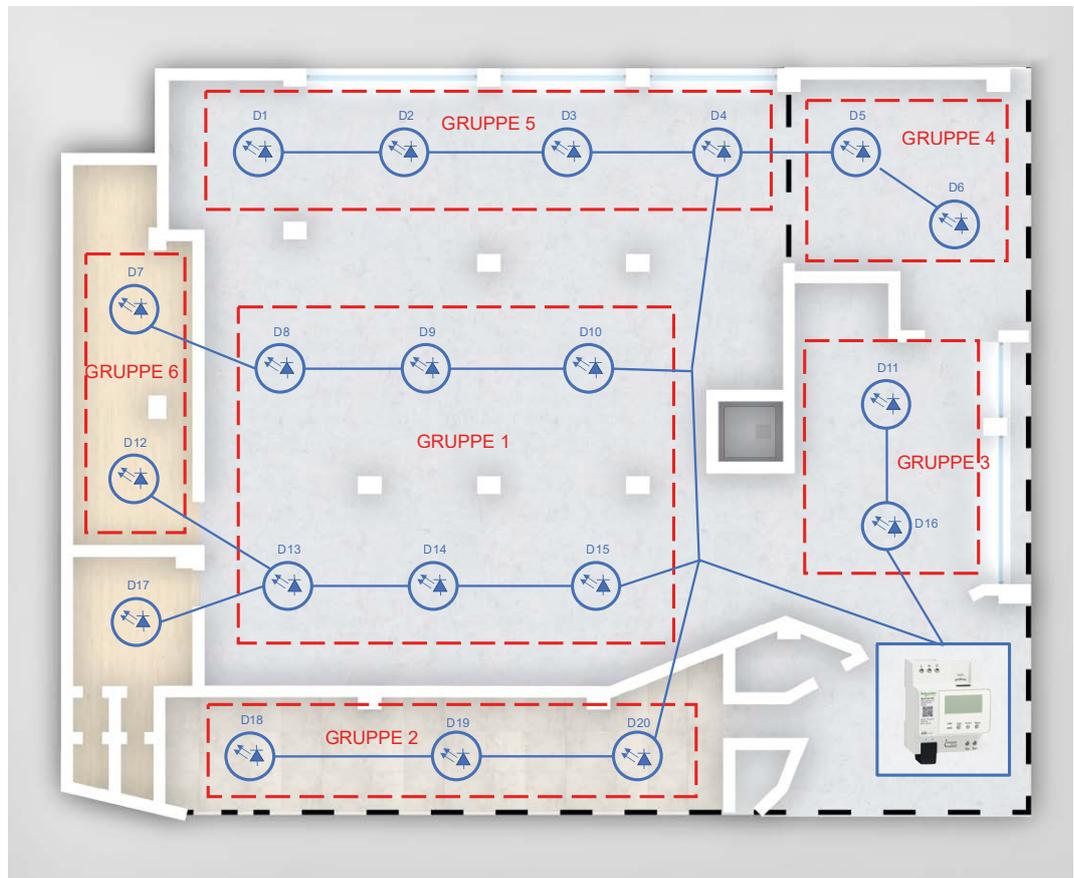


Abb. 23.  
DALI – Architektur mit  
Gruppenunterteilung

Neben der Steuerung über Gruppen kann jede Leuchte Teil einer oder mehrerer Lichtszenen (maximal 16) sein.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Steuerung einer Lichtquelle folgendermaßen erfolgen kann

- Einzelner Befehl, der an die Kurzadresse eines Geräts gesendet wird;
- Gruppenkommando
- Aufrufen eines Szenarios

Die Organisation der Kontrollgruppen und -szenarios kann jederzeit geändert werden, so dass der Betrieb des Systems an architektonische oder Layout-Änderungen angepasst werden kann, die während der Nutzung eines Gebäudes unweigerlich auftreten. Diese Änderungen erfordern keinen physischen Zugang zu den Leuchten, sondern werden über die Software verwaltet.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## DALI-Steuerungen

Das DALI Protoll verwendet Nachrichten von 2 Bytes (16 Bits), wobei das erste Byte (Adressbyte) verwendet wird, um die Nachricht an eine oder mehrere Leuchten zu adressieren, während das zweite Byte (Datenbyte) typischerweise einen Befehl enthält, eine Aktion, die das Master-Gerät von den Leuchten durchführen lassen will.

Seit der ersten Ausgabe der Norm unterstützen die DALI-Leuchten eine Reihe von rund 200 Befehlen, die nach Typen geordnet und wie in der Tabelle dargestellt fortlaufend nummeriert sind.

# Befehl	Funktion
Von 0 bis 31	Steuerung des Leuchtenlichtstroms
32 bis 143	Konfiguration
144 bis 223	Status-Informationen
224 bis 255	Befehle im Zusammenhang mit Anwendungserweiterungen (Gerätetyp)
256 bis 276	Besondere Befehle

In der ersten Gruppe finden wir die verschiedenen Befehle, mit denen der Lichtstrom im normalen Systembetrieb gesteuert werden kann, darunter die Befehle Ein, Aus (On/Off) und Dimmen.

Mit den Konfigurationsbefehlen können Sie die Leuchtenparameter einstellen, z.B.:

- Mindestpegel
- Maximalpegel
- Niveau der Systemausfälle
- Einschaltpegel
- Überblendzeit und Überblendrate

So ist es möglich, die maximale und minimale Leistung der Leuchte zu verändern sowie den Leuchtenstatus bei einem Ausfall des DALI-Busses einzustellen (Standard 100%). Die Geschwindigkeit, mit der die Leuchte den gewünschten Lichtstrom erreicht, kann ebenfalls über die Parameter Fade Time und Fade Rate verändert werden. Mit diesen Einstellungen kann der Betrieb des Systems angepasst werden, ohne dass spezifische Steuerbefehle erforderlich sind. So können z.B. in einem Produktionsbereich Leuchten, die sich in Durchgangsbereichen befinden, in denen eine niedrigere Beleuchtungsstärke erforderlich ist, auf einen anderen Parameter für die maximale Beleuchtungsstärke (z.B. 70%) eingestellt werden und weiterhin zusammen mit allen anderen Leuchten gesteuert werden, ohne dass zwei Gruppen gebildet werden müssen, die getrennt gesteuert werden.

Die Statusinformationen (Befehle 144 bis 223) ermöglichen es, eine Leuchte abzufragen und Informationen über einen bestimmten Wert zu erhalten, z.B. steht für jeden der einstellbaren Parameter der entsprechende Abfragebefehl zur Verfügung, um den aktuellen Wert zu erfahren. In dieser Kategorie finden wir auch die Befehle zur Abfrage des Status des Drivers und damit spezifische Informationen über das Vorhandensein von Störungen oder Betriebsanomalien.

Die Befehle 224 bis 255 sind Anwendungserweiterungsbefehle und werden im Abschnitt „Erweiterte Anwendungsbefehle“ ausführlich beschrieben.

Die letzte Kategorie von Befehlen, die zwischen 256 und 276 liegen, enthält eine Reihe spezieller Befehle, die in den ersten Phasen der Systemkonfiguration verwendet werden, zum Beispiel um jeder Leuchte eine individuelle Adresse zuzuweisen.

## DALI Interner Gerätespeicher

Alle DALI-Vorschaltgeräte und LED-Driver sind mit einem internen Speicher ausgestattet, der aus 256 Bänken zu je 256 kb besteht. Die Norm IEC 62386 definiert und bindet den Inhalt der ersten beiden: Bank 0, die dem Hersteller des Drivers zur Verfügung steht, um Informationen zur Produktidentifikation einzugeben, und Bank 1, die für den Leuchtenhersteller bestimmt ist, um Informationen zur Leuchtenidentifikation einzugeben.

Einige Speicherbänke (von 200 bis 255) sind für bestimmte Anwendungen reserviert,<sup>66</sup> während die anderen von der fahrzeugeigenen Software als temporärer oder permanenter Speicher frei genutzt werden können.

Auf den Speicher einer DALI-Leuchte kann mit dem Befehl 197 Read Memory Location unter Angabe der Banknummer und der zu lesenden Adresse leicht zugegriffen werden, obwohl eine Zuordnung der gespeicherten Informationen erforderlich ist, um die Bedeutung des zu lesenden Wertes zu kennen.

Bank	0x00	0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	.....	0xFF
<b>Bank 0</b>	00000000	10011100	01101101	00001100	11111111	00111001	....	00001100
<b>Bank 1</b>	10011100	01101101	00001100	11111111	10011100	01101101		10011100
<b>Bank 2</b>	10011100	01101101	10011100	01101101	00001100	11111111		01101101
<b>Bank 3</b>	01101101	10011100	01101101	00001100	11111111	10011100		00001100
....	....	....	....	....	....	....	....	....
<b>Bank 255</b>	10011100	01101101	00001100	11111111	10011100	01101101	....	11111111

Tabelle A - 15 - Speicherbanken in einem DALI-Vorschaltgerät

Die Möglichkeit, im Speicher jeder Leuchte Informationen und Daten über die Leuchte selbst oder ihren Betrieb zu speichern, öffnet die Tür zu neuen Anwendungen, die durch die Analyse dieser Daten ein weiterentwickeltes und effizientes Management von Beleuchtungssystemen ermöglichen.

(66) In Kapitel A-3 Gerätetypen wird gezeigt, wie einige dieser Speicherbänke im Gerätetyp DT51 und DT52 verwendet wurden.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

#### Gerätetypen<sup>67</sup>

Die DALI-Technologie wurde ursprünglich entwickelt, um die Steuerung des Lichtstroms von Leuchtstofflampen zu definieren. Nach und nach werden in der Norm auch andere Geräte und verschiedene Arten von Lichtquellen erfasst, die zwangsläufig funktionelle Unterschiede aufweisen, die die Festlegung spezifischer Befehle erforderlich machen. Diese Funktions- oder Anwendungserweiterungen werden als „Gerätetyp“ definiert, und für jeden von ihnen wird ein spezieller Teil der Norm IEC 62386 veröffentlicht. So wurde zum Beispiel Teil 207 der Norm für LED-Lichtquellen (DT6) veröffentlicht.

Die DALI-Norm deckt nicht nur die Besonderheiten der verschiedenen Arten von Lichtquellen ab, sondern hat die Spezifikation auch auf funktionale Aspekte der Beleuchtung ausgedehnt, wie z.B. die Farbsteuerung (DT8) oder die Notlichtsteuerung (DT1).

Gerätetyp	Gerät/Anwendung	Standard
DT0	Leuchtstofflampen	IEC 62386-201
DT1	Notfallbeleuchtung	IEC 62386-202
DT2	Entladungsleuchten	IEC 62386-203
DT3	Niedervolt-Halogenleuchten	IEC 62386-204
DT4	Versorgungsspannungsregler für Glühlampen	IEC 62386-205
DT5	Umwandlung von digitalem Signal in Gleichspannung	IEC 62386-206
DT6	LED Module	IEC 62386-207
DT7	Schaltfunktion	IEC 62386-208
DT8	Farbsteuerung	IEC 62386-209
DT9	Sequenz	IEC 62386-210
DT15	Lastreferenzierung	IEC 62386-216
DT16	Thermischer Getriebeschutz	IEC 62386-217
DT17	Auswahl der Dimmkurve	IEC 62386-218
DT19	Zentral versorgter DC-Notbetrieb	IEC 62386-220
DT20	Reaktion auf die Nachfrage	IEC 62386-221
DT21	Thermischer Leuchtenschutz	IEC 62386-222
<b>DT22</b>	<b>Lichtleistungskompensation über die Lebensdauer (Entwurf)</b>	IEC 62386-223
DT23	Integrierte Lichtquelle	IEC 62386-224
DT24	<b>Farbe Tc (Draft)</b>	IEC 62386-225
DT25	<b>Farbe x,y (Entwurf)</b>	IEC 62386-226

Tabelle A -16 - Gerätetyp im normativen Bereich definiert

Die Eigenschaften einiger häufig verwendeter Gerätetypen werden in den folgenden Kapiteln ausführlicher behandelt.

(67) Die von einigen der neuesten zugelassenen Gerätetypen bereitgestellten Funktionen waren und sind bereits als zusätzliche Funktionen verfügbar (die in der ersten Ausgabe des DALI-Standards nicht vorgesehen waren), die einige Hersteller in der Vergangenheit in ihre Produkte eingebaut haben. Diese neuen Gerätetypen, die als Erweiterungen des DALI2-Standards veröffentlicht werden, unterliegen dem Zertifizierungsprozess, der in einigen Fällen bei DiA noch definiert werden muss. Daher ist es verständlich, dass diese DT heute noch nicht offiziell verfügbar sind, da sie noch nicht zertifizierbar sind. In diesen Fällen ist es möglich, den Hersteller des Drivers zu fragen, ob die zusätzliche Funktionalität derjenigen der Norm entspricht.

#### Erweiterte Befehle der Anwendung

Die DALI-Befehle zwischen 224 und 255 (32 Befehle) werden als Application Extended Commands bezeichnet und sind, wie der Name schon sagt, Erweiterungen für bestimmte Anwendungen. Jeder Gerätetyp (DT) hat seine eigenen erweiterten Anwendungsbefehle, die typischerweise spezifische Funktionen für eine bestimmte Anwendung implementieren oder sich beispielsweise auf einen bestimmten Typ von Lichtquelle beziehen.

Um die Application Extended Commands zu verwenden, sendet die Steuerung zunächst den Befehl 272 (Aktivieren Gerätetyp Nr.), gefolgt von einem Application Extended Command. Der Befehl 272 ist ein Broadcast-Befehl, d.h. er wird an alle Geräte gesendet, die, sofern sie dieses DT unterstützen, bereit sind, einen Befehl zu empfangen. Der zweite Befehl wird an ein einzelnes Gerät oder an eine Gruppe gesendet, so dass er nur von denjenigen ausgeführt wird, die Sie wollen, und das Gerät führt den Befehl aus, der Teil des mit Befehl 272 aufgerufenen DT ist.

Nehmen wir ein Beispiel: In einem Gebäude gibt es 40 Leuchten, von denen 4 mit RGB-LED-Quellen ausgestattet sind, die somit den Gerätetyp 8 (DT8) verwenden.

Um die Farbe einer dieser 4 RGB-Leuchten zu ändern, muss zunächst der Befehl 272 mit dem Wert 8 (Aktivieren Gerätetyp 8) gesendet werden, ein Broadcast-Befehl, der an alle Leuchten gesendet wird, aber nur von den vier RGB-Leuchten interpretiert und ausgeführt wird, die für den Empfang eines Application Extended Command für das Farbmanagement vorbereitet sind.

Dann wird ein Befehl wie 235 (Set Temporary RGB Dim Level) gesendet, der die Steuerinformationen enthält, aber diese zweite Nachricht ist nur an eine Leuchte mit ihrer Kurzadresse gerichtet.

Dieser Modus ermöglicht also das Zusammenspiel mit Anlagen, in denen es Leuchten mit unterschiedlichen Funktionen gibt, wobei zu berücksichtigen ist, dass eine DALI-Leuchte mehrere Gerätetypen gleichzeitig unterstützen kann.

## 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## DT1 - Unabhängige Notbeleuchtung



DT1

Der im Juni 2009 veröffentlichte Teil 202 der Norm IEC 62386 ist der erste Gerätetyp, der sich nicht auf eine bestimmte Lichtquelle, sondern auf eine Anwendung bezieht, die durch ihre spezifische Funktionalität gekennzeichnet ist. In diesem Fall bezieht sich das DT1 auf Notleuchten mit autonomen Batterien.

Leuchten, die mit DT1-Treibern ausgestattet sind, können daher spezifische Befehle für diese Art von System ausführen (z.B. den Betriebsmodus von Normalmodus auf Ruhemodus ändern (cmd. 224) oder Inhibit Mode (cmd. 225), usw.). Funktionsprüfungen durchführen (cmd. 227) oder Autonomieprüfungen (cmd.228). Ebenso sind diese Leuchten in der Lage, bei zyklischer Abfrage mit den entsprechenden Befehlen alle Informationen über den korrekten Betriebszustand, das Vorhandensein von Fehlern und das Ergebnis von Tests zu übermitteln.

A

IEC 62386 - Teil 202 - Autonome Notbeleuchtung (Gerätetyp 1)			
#	Anwendung Erweiterter Befehl	#	Anwendung Erweiterter Befehl
224	REST-Modus	240	Identifizierung starten
225	INHIBIT-Modus	241	Abfrage der Batterieladung
226	WIEDEREINSCHALTEN/RÜCKSETZEN DER SPERRE	242	Abfrage Testzeitpunkt
227	Start Funktionstest	243	Abfrage Dauer Testergebnis
228	Start Dauer Test	244	Abfrage Leuchte Notzeit
229	Stopp-Test	245	Abfrage Leuchte Gesamtbetriebszeit
230	Flag Funktionstest beendet zurücksetzen	246	Abfrage der Notfallstufe
231	Rücksetzen Dauer Test beendet Flag	247	Abfrage Notfall Mindestniveau
232	Leuchtenzeit zurücksetzen	248	Notruf Maximalpegel abfragen
233	DTR als Notfallpegel speichern	249	Nenndauer abfragen
234	Testverzögerungszeit speichern (HB)	250	Abfrage Notbetrieb
235	Testverzögerungszeit speichern (LB)	251	Merkmale abfragen
236	Funktionsprüfungsintervall speichern	252	Fehlerstatus abfragen
237	Speichern Dauer Testintervall	253	Notfallstatus abfragen
238	Speichern Zeitüberschreitung der Testausführung	254	Ausgewählte DTR-Funktion ausführen
239	Verlängerungszeit speichern	255	Abfrage der erweiterten Versionsnummer

Es sei darauf hingewiesen, dass diese Leuchten denselben Kommunikationsbus verwenden, der auch für die Steuerung der normalen Beleuchtung verwendet wird, und keinen eigenen Anschluss benötigen, was die Verkabelung des Gebäudes erheblich vereinfacht.

In Kapitel B.5 werden die verschiedenen Aspekte der Implementierung von Notbeleuchtungssystemen mit DALI-Technologie im Detail diskutiert.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## DT19 - Leuchten für zentrale Notfallsysteme



DT19

In zentralisierten Notbeleuchtungssystemen besteht die Leuchte aus einer Standardleuchte, die gemäß EN60598-2-22 gebaut ist und von einem Sicherheitsstromkreis gespeist wird.

Der Retter ist für alle Funktionen des Systems verantwortlich, einschließlich der Funktions- und Autonomieprüfungen, bei denen die Leuchten eingeschaltet bleiben müssen. Bei einem Stromausfall müssen alle an das Notfallsystem angeschlossenen Leuchten eingeschaltet werden. Es stellt sich dann das Problem, mit diesen Leuchten zu kommunizieren, damit sie wissen, dass der Strom, den sie erhalten, von den Batterien und nicht vom Netz kommt, bzw. dass ein Systemtest durchgeführt wird.

Leuchten, die mit DALI DT19-Vorschaltgeräten ausgestattet sind, sind in der Lage, diesen Betrieb zu gewährleisten, da sie diese verwenden:

- Umschalten der Stromversorgung von Wechselstrom (Normalzustand) auf Gleichstrom (batteriebetriebenes System), oder
- Spannungsverlust an den Klemmen des DALI-Busanschlusses

als Unterscheidungsmerkmal für den Betriebszustand des Systems.

Der erste Fall wird natürlich verwendet, wenn der Retter in Gleichstrom schaltet, und der zweite Fall, wenn es aufgrund der Tatsache, dass die Stromversorgung immer in Wechselstrom erfolgt, keine Möglichkeit gibt, den Betriebszustand des Systems zu erkennen.

Die erweiterten Anwendungsbefehle für diesen speziellen Gerätetyp (DT19) enthalten Anweisungen zur Konfiguration der Leuchte und zur Einstellung des zu verwendenden Betriebszustandserkennungsmodus (Cmd 225-226). Es ist auch möglich, eine Lichtleistung einzustellen, die die Leuchte im Notfall (Cmd 224) oder bei Tests (Cmd 227) verwenden muss.

Wie immer gibt es Befehle, um die Leuchte abzufragen und ihre Konfiguration zu überprüfen (Cmd 250÷254)

**IEC 62386 - Teil 220 - Zentral versorgter Notbetrieb (Gerätetyp 19)**

#	Anwendung Erweiterter Befehl	#	Anwendung Erweiterter Befehl
224	Notfallstufe einstellen	240	Reserviert
225	Notfallbedingung einstellen: Versorgung	241	Reserviert
226	Notfallbedingung einstellen: Bus	242	Reserviert
227	Test Notfallstufe	243	Reserviert
228	Sperren der Notfallparameter	244	Reserviert
229	Reserviert	245	Reserviert
230	Reserviert	246	Reserviert
231	Reserviert	247	Reserviert
232	Reserviert	248	Reserviert
233	Reserviert	249	Reserviert
234	Reserviert	250	Abfrage der Notfallstufe
235	Reserviert	251	Abfrage der Notfallbedingung: Versorgung
236	Reserviert	252	Abfrage der Notfallbedingung: Bus
237	Reserviert	253	Abfrage Physikalisches Notfallminimum
238	Reserviert	254	Notfallstatus abfragen
239	Reserviert	255	Abfrage der erweiterten Versionsnummer

Die DT19 DALI-Leuchten können während des normalen Betriebs durch Ein-/Aus- oder Durchflusssteuerungsbefehle gesteuert werden und lassen sich in die normale Beleuchtung integrieren, wenn es das Design erfordert. Im Falle eines Stromausfalls oder eines Systemtests führen sie keine normalen DALI-Befehle mehr aus und schalten auf die konfigurierte Helligkeitsstufe.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung



#### DT6 - LED

Der Geräte-Typ 6 enthält spezielle Steuerungen für Leuchten, die mit LED-Lichtquellen ausgestattet sind. Insbesondere wird die Änderung der Dimmkurve von logarithmisch (Standard) auf linear unterstützt, sowie die Möglichkeit, bei Leuchten mit austauschbarem Leuchtmittel eine andere Leuchtenleistung als die vom Hersteller eingestellte mit der Funktion „Referenzsystemleistung“ zu erkennen.

Leuchten mit Drivern, die DT6 (IEC 62386-207 - Ed. 2.0 - 2018) unterstützen, unterstützen die folgenden zusätzlichen Kontrollen:

#### IEC 62386 – Part 207 – LED Modules (Device Type 6)

#	Anwendung Erweiterter Befehl	#	Anwendung Erweiterter Befehl
224	Referenzsystem Leistung	240	Merkmale abfragen
225	Reserviert	241	Abfrage des Fehlerstatus
226	Reserviert	242	Reserviert
227	Dimmkurve auswählen	243	Reserviert
228	Schnelle Überblendzeit einstellen	244	Lastverringern abfragen
229	Reserviert	245	Anstieg der Abfragelast
230	Reserviert	246	Reserviert
231	Reserviert	247	Abfrage der thermischen Abschaltung
232	Reserviert	248	Thermische Überlast abfragen
233	Reserviert	249	Abfrage Referenz Running
234	Reserviert	250	Abfrage Referenzmessung fehlgeschlagen
235	Reserviert	251	Reserviert
236	Reserviert	252	Reserviert
237	Abfrage des Regelgetriebetyps	253	Abfrage der schnellen Überblendzeit
238	Abfrage der Dimmkurve	254	Abfrage Min. Schnelle Überblendzeit
239	Reserviert	255	Abfrage der erweiterten Versionsnummer

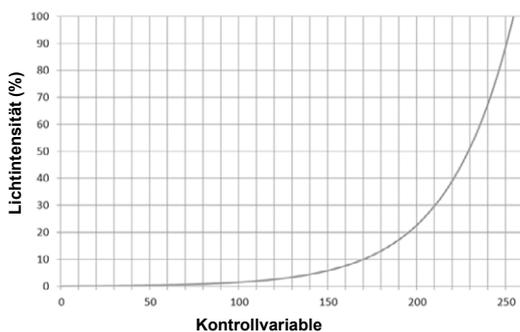


Abb. 24. Logarithmische Dimmkurve

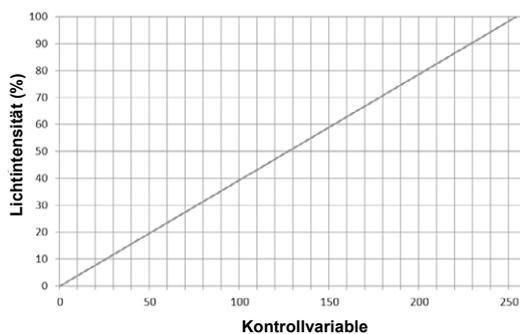


Abb. 25. Lineare Dimmkurve

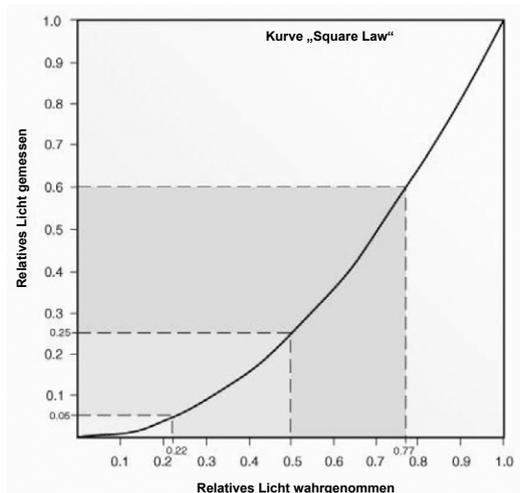


Abb. 26. Quadratische Gesetzeskurve

Es ist auch möglich, thermische Schutzfunktionen für den Driver und/oder die Lichtquelle zu implementieren, um den Lichtstrom zu begrenzen (thermische Überlastung) oder die Leuchte abzuschalten (thermische Abschaltung).

Im DALI-Protokoll wird standardmäßig eine logarithmische Dimmkurve verwendet. Das liegt daran, dass unsere Augen die Intensitätsänderung nicht linear wahrnehmen (siehe Abb. 26) und die traditionellen Lichtquellen ebenfalls ein nicht lineares Muster aufwiesen.

Bei der manuellen Steuerung des Flusses, z.B. mit einem Drehknopf, wird eine logarithmische Veränderung als eine im Wesentlichen lineare Anpassung wahrgenommen, was die Steuerung für den Benutzer bequem macht.

Wenn die Steuerung des Lichtstroms durch einen Sensor erfolgt, kann die Verwendung einer logarithmischen Kurve zu einer fehlerhaften Funktion des Systems führen. Bei einem logarithmischen Verlauf nimmt die Auflösung des Dimmbefehls immer mehr ab, und bei kleinen prozentualen Schwankungen treten erhebliche Flussschwankungen auf, die das System instabil machen. Ähnlich verhält es sich mit der Verringerung des Dimmwertes, die in einen Bereich führt, in dem die Flussreduzierung sehr langsam und unnötig genau ist.

In Umgebungen, in denen LED-Lichtquellen verwendet werden und die Dimmung automatisch erfolgt, gewährleistet die Möglichkeit, die Dimmkurve zu ändern, einen korrekten und effektiven Betrieb.



### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung



A

## DT8 - Farbkontrolle

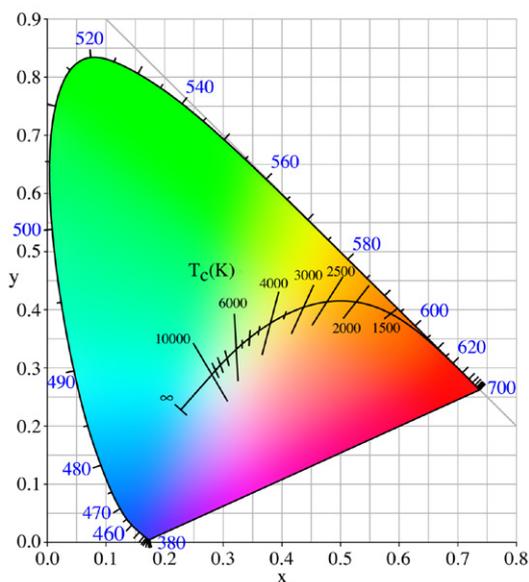
Die modernen Beleuchtungsanlagen von heute erfordern auch die Fähigkeit, die chromatischen Komponenten der Lichtemission zu bearbeiten, sowohl für dekorative Anwendungen als auch vor allem für die Umsetzung von Lösungen im Bereich des Human Centric Lighting.

Leuchten, die mit Driver ausgestattet sind, die den Gerätetyp 8 (DT8) unterstützen, können Befehle zur Farbkorrektur des von der Lichtquelle ausgestrahlten Lichts empfangen und ausführen.

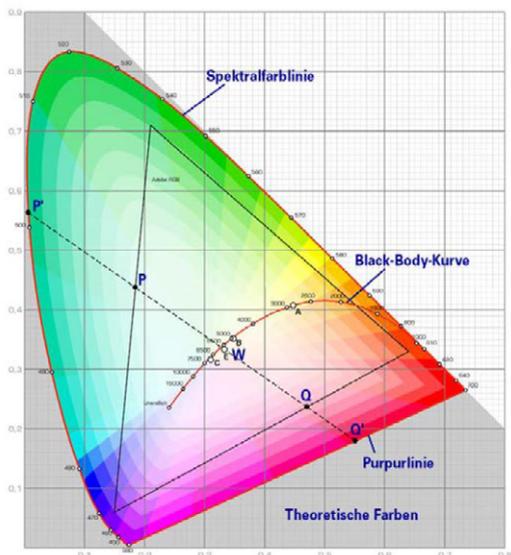
Die Spezifikation umfasst die Unterstützung von vier verschiedenen Modi der Farbsteuerung, genannt „Farbtyp“<sup>(68)</sup>:

- a) Koordinate x,y
- b) Tc Korrelierte Farbtemperatur
- c) RGBWAF
- d) Primär N

Die Befehle zur Farbsteuerung kommen zu den allgemeinen Befehlen zur Steuerung des von der Leuchte erzeugten Lichtstroms hinzu, der somit weiterhin in der Intensität (und auch in der Farbe) einstellbar ist.



IEC 62386 – Teil 209 - Farbsteuerung (Gerätetyp 8)			
#	Anwendung Erweiterter Befehl	#	Anwendung Erweiterter Befehl
224	Temporäre x-Koordinate setzen	240	Laden TY Primär N
225	Temporäre y-Koordinate setzen	241	xy-Koordinate speichern Primär N
226	aktivieren	242	Farbtemperatur speichern Tc-Grenzwert
227	x-Koordinate Step Up	243	Getriebemerkmal/Status speichern
228	x-Koordinate Step Down	244	Reserviert
229	y-Koordinate Step Up	245	Farbe dem verknüpften Kanal zuweisen
230	y-Koordinate Step Down	246	Automatische Kalibrierung starten
231	Temporäre Farbtemperatur Tc einstellen	247	Getriebefunktion/Status abfragen
232	Farbtemperatur Tc Schrittkühler	248	Abfrage Farbstatus
233	Farbtemperatur Tc Schritt wärmer	249	Abfrage der Farbtypmerkmale
234	Temporäre primäre N-Dimmstufe einstellen	250	Abfrage Farbwert
235	Temporäre RGB-Dimmstufe einstellen	251	Abfrage der RGBWAF-Steuerung
236	Temporäre WAF-Dimmstufe einstellen	252	Abfrage der zugewiesenen Farbe
237	Temporäre RGBWAF-Steuerung einstellen	253	Reserviert
238	Bericht kopieren nach Temporär	254	Reserviert
239	Reserviert	255	Abfrage der erweiterten Versionsnummer



Bei Verwendung des Farbtyps x,y wird die Farbauswahl durch Koordinaten ausgedrückt, die sich auf das CIE-Farbdigramm beziehen. Beide Achsen haben einen Variationsbereich zwischen 0,0 und 1,0.

Es ist zu bedenken, dass die derzeitige LED-Technologie keine vollständige lineare Anpassung ermöglicht, so dass einige Wellenlängen nicht wirklich reproduzierbar sind.

(68) Die DT8-Treiber implementieren alle von der IEC 62386 Teil 209 geforderten Farbtypen, aber es sollte beachtet werden, dass LED-Module wahrscheinlich nicht auf unterschiedliche Weise angesteuert werden können. Zum Beispiel kann ein Tunable White Modul kein farbiges Licht erzeugen, so dass es keinen Sinn macht, ColourType x,y oder RGB zu haben. Folglich werden die verschiedenen Farbsteuerungsmodi des DT8 nach und nach auf bestimmte Gerätetypen übertragen. Zum Beispiel wird der Farbtyp Tc (Farbtemperatur) auf den Gerätetyp DT24 übertragen

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

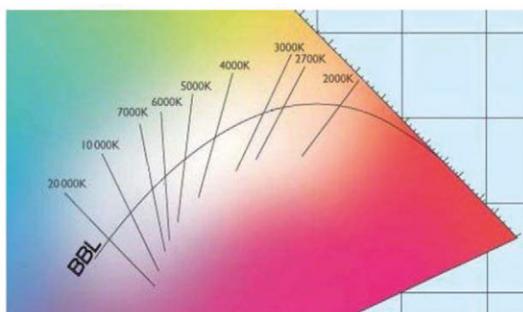
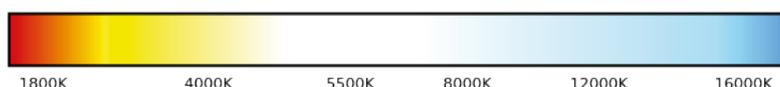


Abb. 27. BBL - Black Body Line

Eine andere Möglichkeit zur Steuerung der Farbabgabe besteht darin, die Farbtemperatur der Lichtquelle zu variieren, um unterschiedliche Weißlichtbedingungen zu simulieren (Tunable White). In diesem Fall gehören die Farben zu der Reihe von Werten, die entlang der Kurve der korrelierten Farbtemperaturen in Bezug auf den schwarzen Körper (Black Body Line) liegen.

Die derzeit auf dem Markt erhältlichen LED-Module ermöglichen die Veränderung des Farbspektrums entlang der Linie, die die korrelierten Farbtemperaturen definiert, indem die Emission von Kaltlicht-LEDs mit Warmlicht-LEDs gemischt wird, wodurch ein Regelbereich erreicht wird, der im Allgemeinen zwischen 2000 °K und 8000 °K liegt.

Der Dimmwert wird auf 2 Bytes (65534 Werte) kodiert, und zur Vereinfachung der Kodierung wird die korrelierte Farbtemperatur in Mirek ausgedrückt, so dass sich ein theoretischer Dimmbereich zwischen 15,26 °K und 1.000.000 °K ergibt.



$$\text{Mirek} = 1.000.000/T_c$$

$$4000 \text{ °K} = 1.000.000/4000 = 250 \text{ Mirek}$$

Der Leuchtenhersteller muss den Driver DT8 korrekt konfigurieren, indem er die vom LED-Modul unterstützten maximalen und minimalen Farbtemperaturwerte eingibt, um eine einheitliche Steuerung zu gewährleisten.

ColourType RGB(WAF) ermöglicht die unabhängige Steuerung einzelner Rot-, Grün- und Blaukanäle, wie sie üblicherweise in der additiven Synthese verwendet werden. Der DALI-Standard ermöglicht die koordinierte Steuerung von 6 Kanälen, zu denen neben dem traditionellen RGB auch Weiß (W), Amber (A) und eine freie Farbe nach Wahl des Benutzers (F) gehören<sup>69</sup>.

Mit diesem ColourType, der typischerweise in der dekorativen Beleuchtung innerhalb und außerhalb von Gebäuden eingesetzt wird, können Module mit mehrfarbigen LEDs gesteuert werden.

<sup>(69)</sup> Das DALI-Protokoll ist nicht für den Einsatz in der Theater- oder allgemeinen Unterhaltungsbeleuchtung vorgesehen. Die Reaktionszeiten des Systems sind für die Anforderungen dieser Anwendungen, die schnelle Änderungen erfordern, nicht ausreichend. Für diese Anwendungen wird in der Regel das DMX-Protokoll verwendet, das zwar auf völlig anderen Voraussetzungen beruht, aber dennoch ein adäquates Ergebnis liefern kann.



DT20

## DT20 - Demand Response (Lastabwurf)

Eine der ersten bedeutenden Entwicklungen beim Betrieb intelligenter Stromverteilungsnetze ist die Einführung der Funktion „Demand/Response“, eine Form der aktiven Beteiligung der Energieverbraucher an der Begrenzung von Verbrauchsspitzen, die im Verteilungsnetz auftreten und zu instabilen Bedingungen führen können.

In Deutschland wird dieser Dienst von der Bundesnetzagentur (Regulierungsbehörde für Energie, Netze und Umwelt) geregelt und ermöglicht es den Nutzern, einen wirtschaftlichen Anreiz für eine geplante Reduzierung des Energieverbrauchs (Response) zu erhalten, die sich auf eine Anfrage (Demand) des Netzbetreibers stützt.

Um eine möglichst breite Beteiligung an dieser Dienstleistung zu ermöglichen, kann der einzelne Nutzer, der in der Lage ist, den Verbrauch auch nur um einige Kilowatt zu senken, über einen so genannten „Aggregator“ teilnehmen, der in der Regel von dem gewerblichen Vermittler gebildet wird, mit dem der Energieliefervertrag geschlossen wurde.

Konkret geht es darum, die eigene Anlage so zu konfigurieren, dass sie automatisch auf eine über den Zähler des Verteilers eingehende Aufforderung zur Verbrauchsreduzierung reagiert. Damit diese Funktion implementiert werden kann, muss der Benutzer festlegen, welche Benutzer ihren Energieverbrauch vorübergehend einschränken können, indem er einen automatischen Dienst konfiguriert. Zu den zu berücksichtigenden Nutzern gehören natürlich auch die Beleuchtungsanlagen. Dieser DALI-Gerätetyp ermöglicht es dem Benutzer zu konfigurieren, wie das Beleuchtungssystem auf die Forderung nach einer Verbrauchsreduzierung reagieren soll, und zu entscheiden, wie stark der Verbrauch reduziert werden soll, wobei bis zu 3 verschiedene Reduzierungsstufen eingestellt werden können.

Die in der folgenden Tabelle dargestellten Application Extended Commands der DALI DT20-Leuchten ermöglichen die Aktivierung der Reduzierung (Cmd 224) und die Konfiguration jeder einzelnen Leuchte, indem jeder Reduzierungsstufe ein anderer Dimmwert zugewiesen wird.

IEC 62308 - Teil 221 - Lastabwurf (Gerätetyp 20)			
#	Anwendung Erweiterter Befehl	#	Anwendung Erweiterter Befehl
224	Lastabwurfbedingung einstellen (DTR0)	240	Reserviert
225	Reduktionsfaktor 1 einstellen (DTR0)	241	Reserviert
226	Reduktionsfaktor 2 einstellen (DTR0)	242	Reserviert
227	Reduktionsfaktor 3 einstellen (DTR0)	243	Reserviert
228	Reserviert	244	Reserviert
229	Reserviert	245	Reserviert
230	Reserviert	246	Reserviert
231	Reserviert	247	Reserviert
232	Reserviert	248	Reserviert
233	Reserviert	249	Abfrage der Lastabwurfbedingungen
234	Reserviert	250	Abfrage Reduktionsfaktor 1
235	Reserviert	251	Abfrage Reduktionsfaktor 2
236	Reserviert	252	Abfrage Reduktionsfaktor 3
237	Reserviert	253	Abfrage Aktueller Faktor
238	Reserviert	254	Abfrage Lastabwurf einblenden läuft
239	Reserviert	255	Abfrage der erweiterten Versionsnummer

Der Befehl 224 kann also 4 Werte annehmen:

0 = Keine Reduzierung;

2 = Senkung auf Stufe 2

1 = Senkung auf Stufe 1

3 = Senkung auf Stufe 3

Der Aktivierungsbefehl wird vom DALI Application Controller gesendet, der den Status jeder Leuchte auch mit den Abfragebefehlen (Cmd 249÷254) überprüfen kann.

Die Konfiguration dieser Funktion ermöglicht es dem Benutzer, die Leuchten auszuwählen, die für Demand Response verwendet werden sollen, wobei z.B. Leuchten an Fluchtwegen oder in Umgebungen mit hohen Beleuchtungsanforderungen vermieden werden.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## DT50 - Erweiterte Produktinformation



Standard DALI hat immer festgelegt, dass die Speicherbank 1 vom Leuchtenhersteller für die Eingabe von Produktidentifikationsinformationen verwendet wird. Diese begrenzten Informationen waren nur von praktischem Nutzen für den Hersteller und kaum für den Endverbraucher, da sie lediglich das Produkt identifizierten.

Durch die vollständige Verwendung von Bank 1 sind umfassendere Informationen über die Eigenschaften der Leuchte enthalten und können daher vom Benutzer der Anlage für eine effiziente Verwaltung der gesamten Anlage verwendet werden.

Offensichtlich ändert dieser DT die Funktionalität des Drivers in keiner Weise, sondern legt lediglich die Verwendung des Speichers in einer einzigartigen Weise fest und sieht daher keine spezifischen Application Extended Commands vor.

Weitere Informationen über den DT50:

- Woche und Jahr der Herstellung der Leuchte.
- Nominale Eingangsleistung
- Leistungsaufnahme bei minimalem Steuerpegel
- Leistungsaufnahme bei maximaler Kontrollstufe
- Nennversorgungsspannung (Mindest- und Höchstwert)
- Nennlichtstrom (lm)
- CRI - Farbwiedergabefaktor
- CCT Korrelierte Farbtemperatur (°K)
- Art der Lichtverteilung nach IES 901.11
- Farbe der Leuchte
- Handelsname / Name der Leuchte

Diese Daten vervollständigen die Identifizierung der Leuchte und enthalten Informationen über ihre photometrischen Eigenschaften.

Adresse	Beschreibung	Adresse	Beschreibung	Adresse	Beschreibung
0x00	Letzte zugängliche Speicheradresse	0x10	OEM Identifikationsnummer Byte 7 (LSB)	0x20	CRI (Bereich 0-100)
0x01	Funktionsanzeige(vom Hersteller definiert)	0x11	Inhalt Format ID (MSB)	0x21	CCT [K] (MSB)
0x02	Bank 1 Sperrung Info	0x12	Inhalt Format ID (LSB)	0x22	CCT [K] (LSB)
0x03	OEM GTIN byte 0 (MSB)	0x13	Baujahr der Lampe	0x23	Art der Lichtverteilung(IES 901.11)
0x04	OEM GTIN byte 1	0x14	Lampenbauwoche	0x24	Farbe der Leuchte(24 bytes ASCII string)
0x05	OEM GTIN byte 2	0x15	Aufgenomme Leistung [W] (MSB)	...	
0x06	OEM GTIN byte 3	0x16	Aufgenomme Leistung [W] (LSB)	0x3B	
0x07	OEM GTIN byte 4	0x17	Aufgenommene Leistung bei Mindestniveau [W] (MSB)	0x3C	Identifikation Gerät (60 by ASCII string)
0x08	OEM GTIN byte 5 (LSB)	0x18	Aufgenomme Leistung bei Mindestniveau [W] (LSB)	...	
0x09	OEM Identifikationsnummer Byte 0 (MSB)	0x19	Mind.-Nennspannung [V] (MSB)	0x77	
0x0A	OEM Identifikationsnummer byte 1	0x1A	Mind.-Nennspannung [V] (LSB)	0x78	Für zukünftige Nutzungen vorbehalten
0x0B	OEM Identifikationsnummer byte 2	0x1B	Max. Nennspannung. [V] (MSB)	...	
0x0C	OEM Identifikationsnummer byte 3	0x1C	Max. Nennspannung. [V] (LSB)	...	
0x0D	OEM Identifikationsnummer byte 4	0x1D	Lumen Nenn-Output [lm] (MSB)	0xFE	
0x0E	OEM Identifikationsnummer byte 5	0x1E	Lumen Nenn-Output [lm]	0xFF	Nicht verwendet
0x0F	OEM Identifikationsnummer byte 6	0x1F	Lumen Nenn-Output [lm] (LSB)		

Abb. 28. Karte der Speicherbank 1 (in rot die erweiterten Infos laut DT50)

Der Einsatz von Leuchten, die in der Lage sind, ihre funktionalen Eigenschaften zu beschreiben, eignet sich für fortschrittliche Facility-Management-Anwendungen und stellt eine wichtige Verbindung zu BIM-Lösungen in den Phasen nach der Planung und dem Bau der Anlage dar.





## DT51 - Energieberichterstattung

Ein LED-DALI-Driver ist fest mit der Stromversorgung und dem Steuerkreis des LED-Moduls verbunden, dessen Ansteuerspannung und/oder Strom er steuert. Diese Schaltung ist verständlicherweise in der Lage, den Verbrauch der Leuchte zu erfassen, es geht nur darum, diese Mengen zu verwalten und vor allem zu speichern und dem Benutzer zur Verfügung zu stellen.

Der Gerätetyp 51 definiert und regelt die Verwendung der Speicherbänke 202, 203 und 204, um die Informationen in Bezug auf zu machen:

- Wirkenergie (Wh)
- Wirkleistung (W)
- Scheinenergie (VAh)
- Scheinleistung (VA)
- Wirkleistung in der Last (Wh)
- Wirkleistung in der Last (W)

Der Genauigkeitsgrad dieser Mengen muss vom Hersteller des Drivers angegeben werden und ist bei der Verwaltung dieser Informationen unbedingt zu berücksichtigen.

Die Verwendung von Leuchten mit DT51 macht die Implementierung von Verbrauchsüberwachungssystemen überflüssig. Jede Leuchte kann ihren persönlichen Verbrauch in Form von Leistung und Energie angeben, und es ist auch möglich, den tatsächlichen Verbrauch der Hilfssteuerkreise als Differenz zwischen der gesamten Wirkenergie und der Wirkenergie in der Last zu bestimmen.

Die Verfügbarkeit von Informationen über den Energieverbrauch jeder einzelnen Leuchte ermöglicht tiefgreifende Analysen, z. B. über:

- Verbrauch in Bezug auf bestimmte Leuchtentypen;
- Verbrauch in Bezug auf bestimmte Zonen oder Umgebungen;
- Energieverbrauch bezogen auf bestimmte Zeiträume.

Außerdem ist zu bedenken, dass bei Energiemanagementsystemen für Gebäude der Verbrauch eines Anlagenteils, z. B. der Beleuchtung, im Allgemeinen nicht für eine eingehende Analyse der Effizienz ausreicht. Der erfasste Verbrauch ist an sich ein Ergebnis, eine Folge, die durch das Verhalten dieses Systems bestimmt wird. Liegen dagegen neben dem Verbrauch auch Informationen über den Vorgang vor, der ihn verursacht hat, lassen sich Ineffizienzen feststellen. Diese Informationen sind allgemein verfügbar und stellen die von allen Steuergeräten, Tasten, Sensoren usw. erzeugten Meldungen (Daten) dar, deren Analyse in Verbindung mit dem Energieverbrauch ein genaues Verständnis der Funktionsweise unseres Systems ermöglicht.

## 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## DT52 - Diagnostik und Wartung



DT52

Driver, die diesen Gerätetyp unterstützen, sind in der Lage, detaillierte Diagnose- und Wartungsinformationen über die gesamte Leuchte und ihre Komponenten zu liefern. Die Verwendung von Speicherbänken wird hier definiert:

- Bank 205: Wartung und Diagnose des Drivers
- Bank 206: Wartung und Diagnose von Lichtquellen
- Bank 207: Instandhaltung der Beleuchtungskörper

Zu den zur Verfügung gestellten Daten gehören:

- Betriebsstunden des Drivers
- Anzahl der Zündungen
- Wert der Spannung und Frequenz der Versorgung
- Leistungsfaktor
- Fehlerzustand des Drivers und Anzahl der Fehler
- Zustand der Absenkung oder Überschreitung der Versorgungsspannungsgrenzen (und Zählung der Anzahl der Ereignisse)
- Temperatur des Drivers
- Überhitzungsbedingungen für den Driver
- Betriebsstunden der Lichtquelle
- Spannungs- und Stromwerte an der Lichtquelle
- Fehlerbedingungen der Lichtquelle (z. B. offener Stromkreis, Kurzschluss usw.)
- Temperatur der Lichtquelle
- Überhitzungsbedingungen der Lichtquelle
- Nenndaten der Leuchte (durchschnittliche Lebensdauer, Referenztemperaturen usw.).

Die Verwendung von Leuchten, die das DT52 unterstützen, ermöglicht die Implementierung von hochentwickelten Wartungs- und Diagnosesystemen, die durch zyklische Abfrage der einzelnen Treiber alle möglichen Fehlfunktionen sowie Informationen über die Nutzung der Anlage anzeigen und aufzeichnen können. So ermöglicht beispielsweise eine eingehende Analyse der internen Temperaturen des Drivers und des LED-Moduls zusammen mit Informationen über die Temperatur der Installationsumgebung eine Korrektur der Lebenserwartung eines Systems oder die frühzeitige Erkennung suboptimaler Betriebsbedingungen.

Die eingeführten Funktionalitäten mit den Gerätetypen DT50, DT51, DT52 und zusätzliche Installationsoptionen wurden von DiiA in einer Produktkategorie namens D4i, gekennzeichnet durch ein unverwechselbares Logo.



A

#### Auswahl einer DALI-Leuchte

Ursprünglich wurde die DALI-Technologie nur dann eingesetzt, wenn man den Strom der Leuchten regulieren wollte (Dimmen). In der Praxis wurden zwei oder drei Steuerelemente des gesamten Protokolls verwendet, so dass eine mit einem beliebigen DALI-Vorschaltgerät ausgestattete Leuchte im Grunde genommen für diesen Zweck geeignet war.

Die Situation hat sich inzwischen grundlegend geändert, vor allem weil die DALI-Technologie nicht nur zum Dimmen von Leuchten, sondern vor allem zur Realisierung digitaler Beleuchtungsanlagen eingesetzt wird.

In diesen Anlagen sind alle Leuchten DALI, unabhängig von der Betriebsart, in der sie gesteuert werden, also natürlich auch diejenigen, die im Normalbetrieb im Ein/Aus-Modus arbeiten. Dies ermöglicht die Überwachung des korrekten Betriebs und die Meldung von Fehlern bei allen Beleuchtungskomponenten. Darüber hinaus werden für die Umsetzung bestimmter Funktionen Leuchten benötigt, die bestimmte DTs unterstützen, wiederum unabhängig davon, wie sie dann gesteuert werden.

Dieser andere Ansatz bei der Planung von Beleuchtungsanlagen führt zu einer erheblichen Veränderung der technischen und kommerziellen Dynamik:

- Es reicht nicht mehr aus, wenn ein Hersteller angibt, dass eine bestimmte Leuchte in einer DALI-Version erhältlich ist, denn diese Information ist inzwischen unvollständig und allgemein gehalten.
- In ähnlicher Weise muss der Konstrukteur beurteilen, welche Funktionalitäten in das System aufgenommen werden sollen, und folglich eine Spezifikation erstellen, die vollständige Spezifikationen enthält, einschließlich der für die Implementierung dieser Funktionalitäten erforderlichen DTs.

Daher ist es heute erforderlich, dass die Produktdokumentation (und damit auch die Konstruktionspezifikationen) vollständig und präzise ist und für jedes Gerät Folgendes enthält

- Protokollversion (DALI oder DALI2);
- Unterstützter Gerätetyp;
- Bei Steuergeräten wie Application Controllern oder Sensoren zusätzlich zur Protokollversion auch, wenn das Gerät mit einer Multi-Master- oder Single-Master-Schaltung ausgestattet ist.
- Die Liste der DALI-Befehle, die möglicherweise nicht unterstützt werden, z.B. aufgrund einer bestimmten Treiber/LED-Modul-Kombination, die ihre Verwendung verhindert.

Ein weiterer Aspekt, der zunehmend an Bedeutung gewinnen wird, ist die korrekte Zusammenstellung der Speicherbänke in jeder Leuchte. Wie im Abschnitt über den DT50 beschrieben, sind Bank 0 und Bank 1 für den Hersteller des Treibers bzw. den Hersteller der Leuchte reserviert. Die korrekte Zusammenstellung dieser Datenbanken ermöglicht es, Informationen wie den Typ und das Modell der Leuchte zu lesen und so Überwachungs- und Kontrollsysteme zu implementieren, die nützliche Informationen liefern können, zum Beispiel beim Austausch einer defekten Leuchte.

“

Es reicht nicht mehr aus, wenn ein Hersteller angibt, dass eine bestimmte Leuchte in einer DALI-Version erhältlich ist, denn diese Information ist inzwischen unvollständig und allgemein gehalten.

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

## Beleuchtungssteuerungssysteme (LCS)

Anhang K der EN 15193-2 enthält eine beschreibende Liste von technischen Lösungen für die Lichtsteuerung:

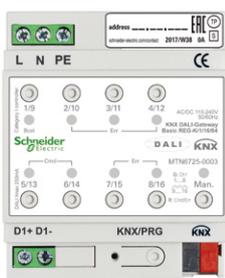
- a) **Eigenständige Lichtsteuerungssysteme:** sind Systeme, bei denen jede einzelne Leuchte mit Sensoren und einem Steuerungsalgorithmus ausgestattet ist, der den autonomen Betrieb der Leuchte ermöglicht.
- b) **Verknüpfte Lichtsteuerungssysteme:** in diesem Fall sind die Leuchten über ein Kommunikationsnetz miteinander verbunden und können einzeln oder in Gruppen Steuersignale von Sensoren und anderen Geräten empfangen. Dies ist zum Beispiel bei Systemen der Fall, die vollständig auf der DALI-Technologie basieren.
- c) **Integrierte Gebäudekontrollsysteme:** Diese Systeme sind in eine Gebäudeautomationsinfrastruktur integriert, die auch für die Steuerung und Regelung anderer Systeme wie Klimaanlage, Heizung und Lüftung (HVAC), Warmwasserbereitung (DHW), Beschattungssysteme und die Steuerung von Öffnungen, Fenstern, Jalousien usw. zuständig ist. Die Funktionen der Präsenz- und Lichtsensoren werden von den verschiedenen Teilsystemen gemeinsam genutzt, was nicht nur eine hohe Energie-, sondern auch eine hohe Funktionsleistung gewährleistet.

Der Designer muss zwischen diesen drei verschiedenen Lösungen wählen, wobei er alle Elemente berücksichtigen muss, die sie charakterisieren. Im Allgemeinen haben eigenständige Systeme niedrige Anfangskosten und müssen kaum konfiguriert werden. Andererseits können sie in großen Umgebungen oder in Fällen, in denen mehrere Leuchten funktionell gruppiert werden müssen, Regelungsprobleme verursachen. Es ist bekannt, dass die Abwesenheit von Konfigurationen dadurch erreicht wird, dass Standardfunktionen in der Leuchte vorinstalliert sind. Dies ist sicherlich von Vorteil, wenn diese grundlegenden Logiken vollständig mit der erforderlichen Funktionalität und den Merkmalen der Umgebung übereinstimmen, kann jedoch zu Problemen führen, wenn es erforderlich ist, den Betrieb anzupassen oder zu individualisieren.

In diesen Fällen ist die zweite Art der Steuerung in der Lage, diese Probleme zu lösen, da sie die Möglichkeit bietet, miteinander verbundene Geräte zu konfigurieren und effiziente funktionelle Lösungen zu schaffen. In diesen Anlagen ist die Kommunikationsinfrastruktur, unabhängig davon, ob sie drahtgebunden oder drahtlos ist, eigentlich nur für die Beleuchtung bestimmt. Für andere Teilsysteme ist die Implementierung weiterer unterschiedlicher Kontrollsysteme erforderlich.

Die unter c) genannten integrierten Systeme stellen die umfassendste und effizienteste professionelle Lösung dar. Eine einzige Kommunikationsinfrastruktur für alle Teilsysteme des Gebäudes in Verbindung mit einer breiten Palette von Konfigurationen gewährleistet, dass für jedes Gebäude maßgeschneiderte Lösungen realisiert werden können. Die anfänglich scheinbar höheren Kosten dieser Anwendungen werden schnell wieder aufgefangen, wenn das System später andere Anwendungen steuert, so dass integrierte Systeme im Allgemeinen auch kostengünstig sind.

Es sollte nicht vergessen werden, dass die Verpflichtung zur Einführung von Kontroll- und Regulierungssystemen, laut Dekret 26/06/2015 (siehe Kapitel A-2 Seite 19), sich nicht nur auf die Beleuchtung, sondern auch und vor allem auf Heizungs- und Klimaanlage bezieht. Die Tatsache, dass diese Art von Systemen von anderen als den für die Beleuchtung zuständigen Stellen geplant wird, sollte nicht dazu führen, dass unterschiedliche und inkompatible Steuerungstechnologien, d.h. nicht integrierte Systeme, gewählt werden, die zweifellos mehr kosten, aber vor allem einen koordinierten und effizienten Betrieb verhindern.



## Kontrollsysteme KNX/DALI

Lichtsteuerungssysteme, die auf der KNX/DALI-Technologie basieren, gehören zur dritten Gruppe und sind voll integrierte Lösungen im Gebäude. Diese Systeme nutzen das enorme Steuerungspotenzial der DALI-Technologie für Leuchten und stellen gleichzeitig sicher, dass Steuerungsinformationen mit jedem anderen KNX-basierten Subsystem ausgetauscht werden können. So können KNX-Sensoren beispielsweise gleichzeitig eine Gruppe von Leuchten, Gebläsekonvektoren und Jalousien in einem Raum steuern. Ein einziges Gerät steuert effektiv alle Anlageninfrastrukturen. Mit einer einzigen Steuerung kann also die Beleuchtung ausgeschaltet, die Klimaanlage auf Sparflamme gestellt und die Jalousien und Rollläden als Sonnenschutz eingestellt werden.

Die funktionale Integration dieser beiden Technologien ist in der Norm ebenfalls ausdrücklich vorgesehen. KNX<sup>70</sup> Dies gewährleistet die vollständige Interoperabilität zwischen den verschiedenen Lösungen auf dem Markt.

(70) Standard KNX – Kap. 7.20.3 - Anwendungsbeschreibungen - Beleuchtung - DALI-Schnittstellen

## A Die Kontrolle der Beleuchtung

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung



A

Abb. 29.  
Gateway DALI 2 Pro  
SpaceLogic KNX  
Multimaster

## Das Gateway KNX/DALI

Der Zweck eines Gateways besteht darin, zwei technologische Plattformen miteinander zu verbinden, indem es der einen Partei Funktionen zur Verfügung stellt, die auf der anderen vorhanden sind. In diesem Fall macht das Gateway ein DALI-Segment bestehend aus bis zu 64 Leuchten von der KNX-Seite aus steuerbar.

Auf der KNX-Seite ist es möglich, Leuchtensteuerungsbefehle zu senden, die das Gateway in die entsprechenden DALI-Befehle umsetzt. Das Gateway unterstützt auch alle Erstkonfigurationsaufgaben für DALI-Leuchten, ohne dass weitere Tools erforderlich sind.

Einige Gateways unterstützen anwendungserweiterte Befehle, die sich auf bestimmte DALI-Gerätetypen beziehen, z.B. ist es möglich, Farben (DALI DT8-Leuchten) zu steuern oder mit autonomen Notleuchten (DALI DT1) zu kommunizieren, wie in Kap. B.5 in diesem Leitfaden beschrieben.

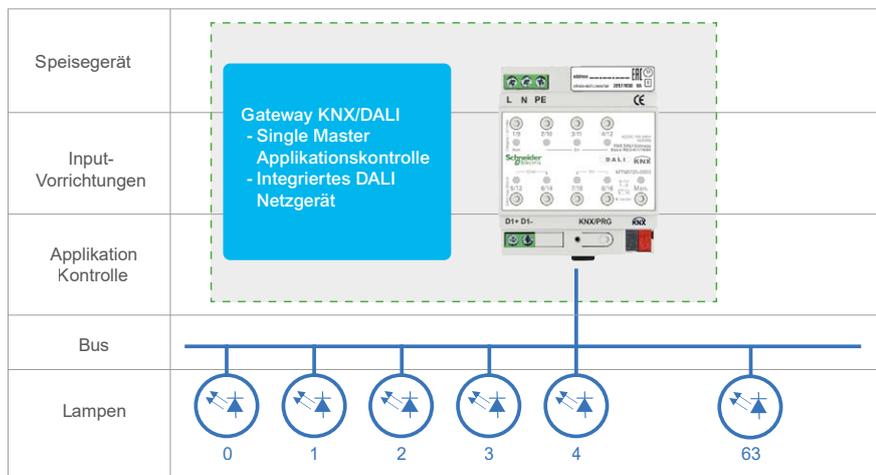
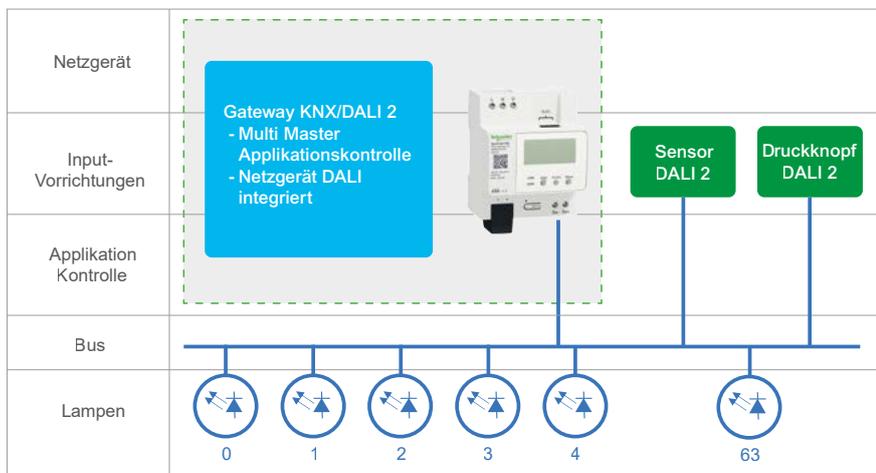


Abb. 30.  
DALI - Architektur  
in einem System KNX/  
DALI

Die daraus resultierende Architektur besteht aus einem einzigen Master Application Controller, der ein DALI-Netzgerät enthält. Diese Konfiguration erlaubt nicht die Installation von DALI-Sensoren oder -Schaltern, kann aber DALI- und DALI2-Leuchten steuern.

Neue Generationen von KNX/DALI-Gateways unterstützen komplexere Funktionsarchitekturen. Es sind jetzt Modelle erhältlich, die der Version 2 des DALI-Standards entsprechen und einen Multi-Master-Anwendungscontroller implementieren. Diese Gateways sind daher in der Lage, mit DALI-Sensoren und -Schaltern zu koexistieren und zu interagieren.



Die Hauptfunktionen der Gateway KNX/DALI schließen Folgendes ein:

- Befehle zur Konfiguration der Beleuchtungsparameter
- Gruppierung von Leuchten in DALI-Gruppen
- Definition der funktionalen Szenarien
- Abfrage des Betriebszustands von Leuchten

### 3. KNX und DALI: die Technologien für die digitale Beleuchtung

#### Vorteile der KNX/DALI-Architektur

DALI ist nachweislich eine Technologie, die speziell für die professionelle Beleuchtungssteuerung entwickelt wurde. Sie umfasst ein umfangreiches Set von Steuerungen und Parametern sowie spezifische Funktionen, die den Anforderungen jeder Anwendung gerecht werden. Das DALI-Protokoll enthält jedoch keine Spezifikationen für die Weiterleitung von Nachrichten durch separate DALI-Segmente. Das bedeutet, dass es nicht möglich ist, dass ein DALI-Sensor Befehle an eine Leuchte sendet, die an ein anderes Segment angeschlossen ist als das, an das der Sensor angeschlossen ist. Im Gegensatz zu KNX, wo Koppler Nachrichten weiterleiten können, gibt es in DALI-Systemen keine Router oder andere Geräte, die diese Funktionalität implementieren können<sup>71</sup>.

Wenn die Beleuchtungsanlage aus mehr als 64 Leuchten besteht, müssen daher mehrere DALI-Segmente implementiert werden. Wenn Sie dann mit Lampen interagieren wollen, die an verschiedene Segmente angeschlossen sind, sind zwei Lösungen möglich:

- Verwenden Sie proprietäre Systeme, die die Kommunikation zwischen den verschiedenen Anwendungscontrollern nutzen und in der Regel auf IP-Netze basieren.
- Verwenden Sie offene Gebäudesteuerungsplattformen wie KNX oder BACnet, die über Gateways Gruppierungen von Leuchten bereitstellen können, die an verschiedene DALI

Beleuchtungssysteme, die auf KNX/DALI-Architekturen basieren, bieten daher einige wichtige Vorteile:

- a) KNX-Sensoren sind in der Regel so konzipiert, dass sie neben der Beleuchtung auch mehrere andere Verbraucher gleichzeitig steuern können, um eine kohärente und integrierte Steuerung der Räume zu gewährleisten.
- b) In einem Raum steuern manuelle Bedienstellen in der Regel verschiedene Verbraucher, z.B. Beleuchtung und Jalousien/Beschattung. Wenn ein DALI-Schalter für die Beleuchtung verwendet wird, kann es zu Problemen bei der Koexistenz verschiedener Systeme in derselben Dose kommen<sup>72</sup>, ebenso wie zu möglichen Schwierigkeiten bei der ästhetischen Koordinierung der Geräte. Es kann daher notwendig sein, diese Befehle auch auf der Installationsebene zu trennen;
- c) DALI-Segmente haben viel restriktivere Beschränkungen in Bezug auf die maximal Buslänge als KNX. Die Erweiterung von DALI-Linien muss daher sorgfältig überlegt werden, insbesondere wenn neben Leuchten auch Schalter und Sensoren installiert werden. Ebenso muss bei der Verwendung von Tastern oder Sensoren die Stromaufnahme und damit die Dimensionierung der DALI-Stromversorgung überprüft werden<sup>73</sup>.
- d) Ein DALI-Segment kann bis zu 64 Leuchten steuern (dieser Wert sinkt weiter bei Hochleistungsleuchten, die mehrere Driver in einer Leuchte haben können). Oft werden mehrere DALI-Segmente benötigt, um eine Reihe von funktional verbundenen Räumen zu steuern, und daher müssen die Leuchten auf die Segmente aufgeteilt werden. Dies stellt keine Einschränkung bei der Verwendung von KNX-Sensoren dar.
- e) Heutzutage müssen Sensoren bestimmte Informationen zur Überwachung und Analyse der Nutzung des Gebäudes und einzelner Räume weitergeben (Gebäudeanalyse). Es ist wichtig, dass diese Informationen auf einer offenen Kommunikationsplattform zusammen mit den von anderen Geräten/Sensoren gelieferten Informationen zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus können KNX Sensoren so konfiguriert werden, dass sie neben den für die Beleuchtungssteuerung erforderlichen Daten auch spezifische Daten für die Analyse erzeugen.
- f) Die Integration mit KNX ermöglicht die Einbindung der Beleuchtungsanlage in einen größeren Funktionszusammenhang, der z.B. Tiefensensoren, Systeme zur gleichzeitigen Steuerung von Dimmvorgängen und Beschattungsanlagen auf Basis des aktuellen Sonnenstandes umfassen kann.

(71) KNX-Linien haben eine Subnetzadresse, die sie für das Nachrichtenrouting qualifiziert.

DALI-Segmente werden in keiner Weise adressiert, wohl aber die einzelnen daran angeschlossenen Geräte.

(72) Im Gegensatz zu KNX ist DALI kein SELV-System.

(73) In einem DALI-Segment ist der Strom auf 250 mA begrenzt. Jedes Vorschaltgerät/Driver kann bis zu 2 mA aufnehmen, so dass in einem System mit 64 Leuchten davon ausgegangen werden muss, dass 128 mA von den Leuchten verbraucht werden. Damit verbleiben etwa 120 mA für die Versorgung verschiedener Geräte wie Sensoren und Tasten, sofern diese nicht über eine externe Stromversorgung verfügen.

# B



## Inhalt **B**

<b>1. Konstruktionskriterien für das integrierte Beleuchtungssystem</b>	<b>66</b>
Entwurf der Anwendung	67
<b>2. Projekt des DALI - Networks</b>	<b>69</b>
Allgemeine Aspekte	70
Verkabelung des Bus DALI	71
<b>3. Konstruktion der Sensoren</b>	<b>73</b>
Allgemeine Aspekte	74
Wahl des Kontrollalgorithmus	75
Dimensionierung des Sensornetzes	80
Bemessung für die Anwesenheitskontrolle	80
Dimensionierung für das Daylight Harvesting	82
Funktionale Integration von Sensoren	84
Manuelle Steuerung	85
<b>4. Projekt des KNX - Networks</b>	<b>86</b>
Topologie der Netze KNX	87
Die Verkabelung/physikalischen Mittel der Kommunikation	88
Kontrollfunktionen	90
<b>5. Notbeleuchtung</b>	<b>91</b>
Einführung	92
Leuchten für die Notbeleuchtung	93
Automatische Prüfsysteme (ATS)	94
KNX/DALI-Notbeleuchtungssysteme	95
Architekturen für die Notbeleuchtung	97
Überwachung des Notbeleuchtungssystem	100
Vorteile der KNX/DALI-Architektur	104
<b>6. Konfiguration KNX/DALI</b>	<b>105</b>
Die wichtigsten Stufen der Konfiguration	106
Kalibrierung von Helligkeitssensoren	108
<b>7. Überwachung und Integration des Systems</b>	<b>109</b>
Einführung	110
Funktionelle Parameter	110
Wartung des Systems	111
Messwesen & Gebäudeanalytik	112
<b>8. Projektverfahren</b>	<b>114</b>
Einführung	115
Dokumentation des Projekts	121





# 1. Konstruktionskriterien für das integrierte Beleuchtungssystem

## Entwurf der Anwendung.

Im Zusammenhang mit der Beleuchtungsstudie beurteilt und definiert der Planer, welche Funktionen das System unterstützen soll, zum Beispiel<sup>74</sup>:

1. Anwendungen, die Farbe verwenden, wie z.B. tunable white Lösungen zur Farbtemperaturkorrektur oder dekorative Beleuchtungskörper, die Sie über RGB-Kanäle steuern möchten.
2. Notbeleuchtung (sowohl zentral als auch freistehend), die in die DALI-Infrastruktur integriert oder mit einem separaten, unabhängigen System implementiert ist;
3. Welche Wartungs- und/oder Diagnoseinformationen sollen für das zukünftige Anlagenmanagement zur Verfügung stehen;
4. Überwachung des Verbrauchs durch herkömmliche Zähler, die in der Stromverteilung angebracht sind, oder durch Informationen, die direkt von den Leuchten geliefert werden;

Diese Wahlmöglichkeiten, die sich zwangsläufig auf verschiedene DALI-Gerätetypen beziehen, ermöglichen die Erstellung der technischen Spezifikationen für die Leuchten, die, wie wir gesehen haben, nicht mehr nur durch die photometrischen Komponenten (Lichtquelle, Optik, Lichtstrom usw.), sondern auch durch die unterstützten Funktionen definiert werden.

Ebenso müssen die KNX/DALI-Gateways in der Lage sein, die speziellen Befehle in Bezug auf den im Projekt gewählten Gerätetyp zu unterstützen.

In dieser Phase ist es auch wichtig, die Architektur des DALI-Systems zu definieren, insbesondere muss entschieden werden, ob das System auf einem Single Master Application Controller (traditionelle DALI-Architektur) basieren soll, bei dem es möglich ist, nur ein Steuergerät (d.h. KNX/DALI-Gateway) zu verwenden. (z.B.: Gateway KNX/DALI), oder ein System mit Multi Master Steuergeräten (DALI 2).

Die Dimensionierung des LCS-Systems erfolgt in wenigen einfachen Schritten:

1	Definition des Lichtdesigns
2	Dimensionierung des DALI-Netzwerks auf der Grundlage der Anzahl und Art der Leuchten im Gebäude
3	Auswahl von Steuerungsalgorithmen für jeden Raum
4	Wahl des Sensortyps, der geeignet ist, die für den gewählten Algorithmus erforderliche Funktionalität zu gewährleisten
5	Dimensionierung des KNX-Netzwerks, das die Verbindung aller DALI-Gateways und Befehls- und Steuergeräte untereinander ermöglicht
6	Definition der Spezifikationen für das Überwachungs- und intelligente Messsystem

(74) Norm CEN/TS 17165:2019 - Licht und Beleuchtung - Planungsprozess für Beleuchtungsanlagen.

### 1. Konstruktionskriterien für das integrierte Beleuchtungssystem

Dieser Ansatz kann systematisch angewendet werden, sowohl für kleine Anlagen mit einigen Dutzend Leuchten als auch für große Gebäude, in denen das System Tausende von Leuchten steuern muss.

Bevor man sich mit den verschiedenen Aspekten des LCS-Designs befasst, muss man sich auch damit befassen, wie sich die elektrische Installation, die die Energie verteilt, radikal verändert, wenn eine digitale Installation eingeführt wird.

In herkömmlichen Systemen werden unabhängig vom Anwendungskontext Schutzeinrichtungen gegen Überströme und indirekte Kontakte (Fehlerstromschutzeinrichtungen) in das elektrische Verteilungssystem eingeführt, und die Anzahl und Schaltungskonfiguration dieser Einrichtungen wird im Allgemeinen so gewählt, dass ein korrekter Schutz der Stromkreise gewährleistet ist, aber auch Teile des Systems „kontrolliert“ werden können. Schütze, Fernschalter, Stromschienen für die Beleuchtung mit mehreren separaten Polen werden verwendet, um die Leuchten in mehrere Zündungen zu gruppieren, und diese Aufteilung hat natürlich auch Auswirkungen auf die Anzahl der Verteilerkabel. Diese Systemarchitektur erlaubt u. a. nur eine Ein/Aus-Steuerung der Leuchten.

In einer KNX/DALI-Installation wird es immer möglich sein, mit jeder einzelnen Leuchte zu kommunizieren oder sie in eine oder mehrere Steuergruppen zu integrieren, so dass es keinen Sinn macht, die Schaltkreise zur Steuerung der Leuchten aufzuteilen, denn das bedeutet nur mehr Geräte und damit mehr Platz in der Schalttafel und eine größere Ausdehnung der Anschlüsse und damit insgesamt höhere Kosten.

Bei der Planung einer KNX/DALI-Installation wird eine drastische Vereinfachung der Schaltkreise im Hinblick auf die Energieverteilung erreicht. Der Planer muss die Leuchten in getrennte Stromkreise aufteilen, und zwar ausschließlich zu dem Zweck, die Last richtig auszugleichen und sicherzustellen, dass ein elektrischer Fehler nicht zu unannehmbaren Störungen führt, insbesondere wenn es sich um Räume handelt, in denen eine große Menschenmenge zu erwarten ist<sup>(75)</sup>. Probleme im Zusammenhang mit möglichen Fehlern im Bussteuerteil werden im Kapitel B.6, zur Systemkonfiguration näher behandelt.

“

Bei der Planung einer KNX/DALI-Installation wird eine drastische Vereinfachung der Schaltkreise im Hinblick auf die Energieverteilung erreicht.

(75) In einigen Umgebungen schreibt die Norm CEI 64-8 vor, dass Leuchten an mindestens 2 separate Stromkreise angeschlossen werden müssen.

# 2. Projekt des DALI - Networks



B

### 2. Projekt des DALI - Networks

#### Allgemeine Aspekte

Dies beginnt bei der Beleuchtungsplanung des Gebäudes und der Planung der Notbeleuchtungsanlage, die sich am Fluchtwegsystem gemäß EN 1838 orientiert.

Alle Leuchten müssen an ein DALI-Segment angeschlossen werden, das unabhängig von der Anwendung die Informationen für die Steuerung und Kontrolle überträgt.

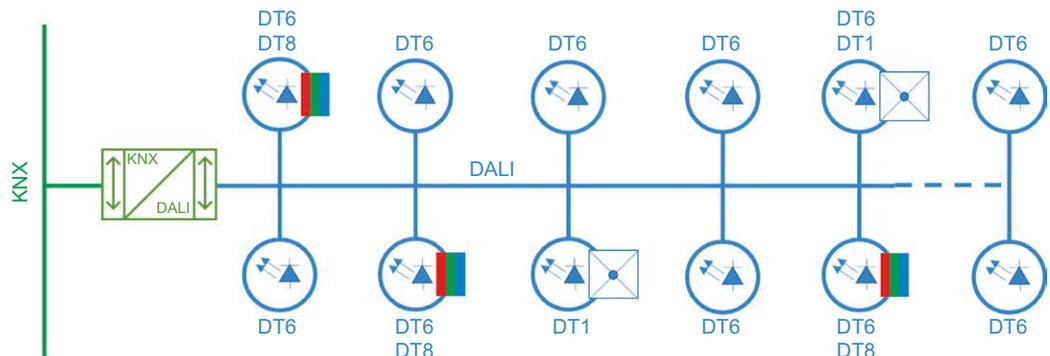


Abb. 35.  
Segment DALI

Wie wir gesehen haben, besteht ein DALI-Segment aus bis zu 64 Leuchten, die an denselben DALI-Bus angeschlossen sind. Bei einer größeren Anzahl von Leuchten ist es notwendig, zusätzliche DALI-Segmente zu implementieren, die jeweils von einem KNX/DALI-Gateway ausgehen.

Während der Konfigurationsphase des Systems erhält jede Leuchte ihre eigene DALI-Adresse (Kurzadresse), die aus einer Zahl zwischen 1 und 64 besteht<sup>76</sup>. Wie in Kapitel B.6 zu sehen sein wird, erfolgt die Vergabe der Kurzadresse nach einem Zufallsverfahren, wobei die Leuchten zunächst in keiner bestimmten Reihenfolge adressiert werden. Im Allgemeinen ermöglicht die für die Konfiguration verwendete Anwendung, dass die Leuchten zu einem späteren Zeitpunkt in einer bestimmten Reihenfolge, z. B. gemäß den Konstruktionszeichnungen, neu ausgerichtet werden können.

#### Systemarchitektur

Der Schaltungsentwurf eines DALI-Segments muss ohne Rücksicht auf die spätere funktionale Gruppierung der Leuchten konzipiert werden. Es ist sicherlich effizienter, die Anschlüsse so zu organisieren, dass die vorhandenen oder neuen Stromverteilungskanäle ausgenutzt werden, auch weil diese Art der Verkabelung der Organisation des Stromnetzes folgt.

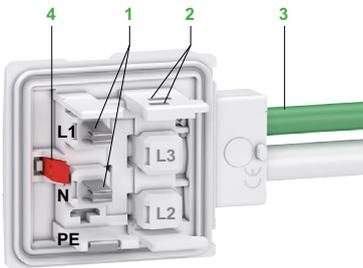
Jüngste Entwicklungen in der Norm IEC 62386 ermöglichen es auch, DALI-Nachrichten auf anderen physikalischen Medien als der traditionellen verdrehten Zweidrahtleitung zu übertragen. Insbesondere Teil 104 der Norm enthält technische Spezifikationen für die DALI-Implementierung mit Powerline-Kommunikation (PLC) oder mit drahtlosen Systemen, die Protokolle wie Bluetooth oder andere RF-Systeme verwenden, die Mesh-Netzwerke implementieren können.

Diese Entwicklung wird auch die Implementierung von gemischten DALI-Systemen ermöglichen, bei denen Leuchten an die herkömmliche Verkabelung angeschlossen sind und andere drahtlos kommunizieren können, wobei die Unterstützung des DALI-Protokolls erhalten bleibt. So können beispielsweise drahtlose Lösungen zur Aufrüstung bestehender Anlagen verwendet werden, bei denen die Verlegung einer Kabelverbindung kompliziert und kostspielig sein kann, und diese Teile der Anlage können mit den anderen integriert werden, um eine vollständige funktionale Interoperabilität zu gewährleisten.

(76) Es ist zu beachten, dass das Adressierungssystem die Ziffern zwischen 0 und 63 verwendet, so dass die erste Leuchte die Adresse 0 hat.

## 2. Projekt des DALI - Networks

### Verkabelung des Bus DALI

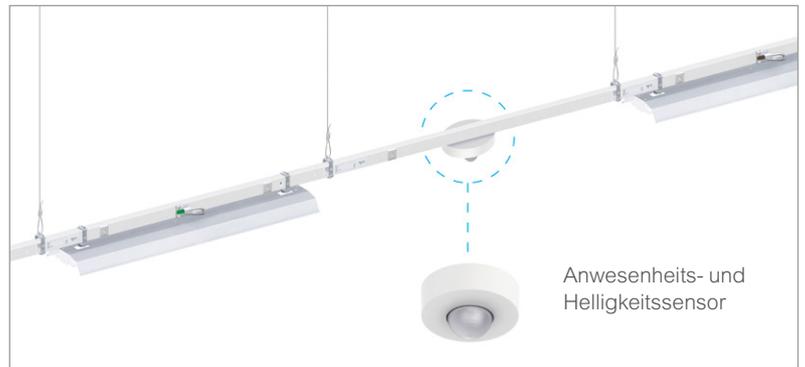


1. Kontakte der Leistungskabel
2. Kontakte des KNX-Bus
3. Kabel KNX-Bus
4. Verschluss



KNX-Busleitung im Sammelschienenkanal und am Anschlussstecker

Bei KNX/DALI-Installationen verbindet der Kommunikationsbus eigentlich nur die Leuchten, nicht zuletzt, weil bei dieser Art von Installation keine DALI 2-Sensoren oder -Schalter verwendet werden<sup>77</sup>. Dieser Aspekt führt dazu, dass Lösungen bevorzugt werden, die den DALI-Bus in die Hauptstromanschlüsse integrieren, anstatt eine separate Verteilung mit einem eigenen Kabel vorzunehmen (eine Lösung, die vielleicht für einige Teile des Anschlusses noch genutzt werden kann). Die gut etablierte Integration zwischen KNX und DALI hat zur Einführung eines neuen Canalis-Schienenverteilersystems von Schneider Electric geführt, das beide Kommunikationsbusse umfasst, so dass DALI-Lampen und KNX-Sensoren an das gleiche Verteilersystem angeschlossen werden können. Hier ist eine mögliche Anwendung:

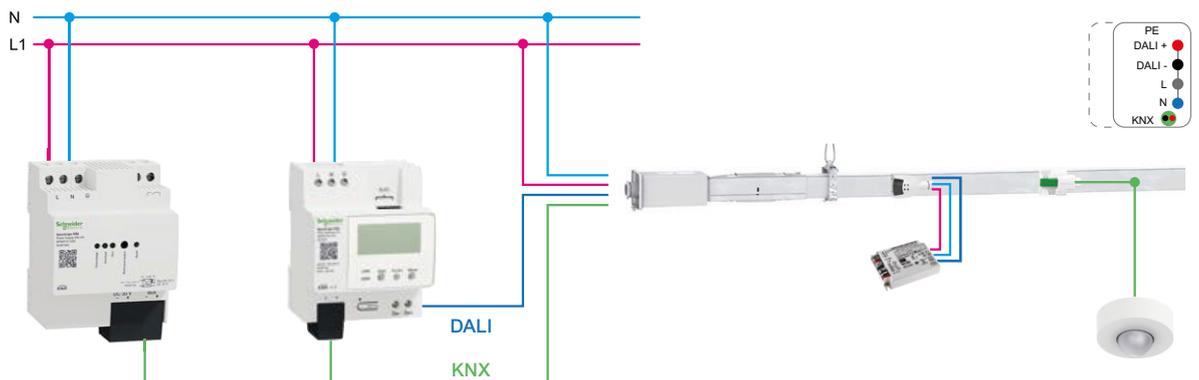


Der KNX Präsenz- und Konstantlichtsensor High Bay (für große Höhen) wird auf dem Stromschienenkanal zwischen zwei DALI-LED-Deckenleuchten installiert.

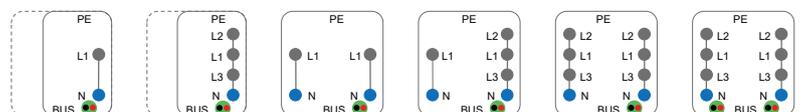
Wenn wir die Verdrahtung in dieser spezifischen Lösung im Detail analysieren wollen, sehen wir in der folgenden Abbildung, wie die Stromschienenschiene beide Kommunikationsbusse hat, was eine integrierte Verteilung ermöglicht, sehr nützlich für die Realisierung von KNX DALI Beleuchtungssystemen.

Abb. 36.

Verdrahtungsschema mit CANALIS Beleuchtungsschiene mit geschirmtem internen Bus und speziellen Anschlüssen für DALI und KNX



In diesen Konfigurationen befindet sich ein KNX-zertifiziertes Kabel im Sammelschienenkanal sowie ein spezielles Paar DALI-Kommunikations- und Stromkabel.



(77) Das neue Gateway MTN6725-0101 ermöglicht die Realisierung von Multi-Master-Architekturen und gewährleistet die Kommunikation auch mit DALI2-Sensoren und -Schaltern (Teile 303, 304)

## B Schneider Electric KNX/DALI Beleuchtungskontrollsystem

### 2. Projekt des DALI - Networks

So ist es möglich, die DALI-Verbindung z.B. mit 5-adrigen mehradrigen Kabeln oder Lichtstromschienen mit interner Kommunikationsschleife zu verteilen.

Abb. 37.  
Stromverteilung und DALI-Bus in einem mehradrigen Kabel



Neben der Vereinfachung der Verdrahtung hat die Verwendung eines einzigen Kabels auch den Vorteil, dass nicht zwei Löcher in die Leuchte gebohrt werden müssen, mit dem dazugehörigen Zubehör (z.B. Kabelverschraubung, etc.).

Alternativ kann auch ein spezielles verdrehtes Kabel verwendet werden, z.B. ein zweiadriges Kabel mit 2x1,5 mm<sup>2</sup> Durchmesser<sup>78</sup>.

Unabhängig von der Art der Verbindung ist darauf zu achten, dass zwischen zwei DALI-Geräten ein Spannungsabfall von 2 V nicht überschritten wird, wobei der maximale Strom des Netzteils (250 mA) zu berücksichtigen ist.

Sektion (mm <sup>2</sup> )	Grenzlänge des DALI-Anschlusses (m) für Kupferkabel		
	25 °C	50 °C	75 °C
0,14	31	28	26
0,50	112	102	93
0,75	168	153	140
1,00	224	204	187
1,50	300	300	281
2,00	300	300	300
2,50	300	300	300

Für Querschnitte von mehr als 1,5 mm<sup>2</sup> empfiehlt die IEC 62386-101, die Länge von 300 Metern nicht zu überschreiten.

Tabelle B -1 - Begrenzung der Länge der DALI-Verbindung

DALI ist im Gegensatz zu KNX-Systemen kein SELV-System, obwohl einige Komponenten (z. B. Treiber) gemäß den technischen Spezifikationen für Schutzkleinspannungssysteme gebaut werden können.) Dies bedeutet, dass die Komponenten des Systems gegen direkten/indirekten Kontakt mit den in der Norm vorgesehenen traditionellen Lösungen (z. B. doppelte Isolierung, Erdung usw.) geschützt werden müssen.

Dies muss bei der Verwendung von Sensoren oder Tastern berücksichtigt werden, wenn sie mit Komponenten anderer Systeme im gleichen Gehäuse koexistieren sollen.

“

DALI ist im Gegensatz zu KNX-Systemen kein SELV-System, was bedeutet, dass die Komponenten des Systems gegen direktes/indirektes Berühren mit den herkömmlichen, in der Norm vorgesehenen Lösungen (z. B. doppelte Isolierung, Erdung usw.) geschützt werden müssen.

(78) Da für den DALI-Busanschluss unterschiedliche Lösungen verwendet werden können, enthält die IEC 62386 keine Kabelspezifikationen.

# 3

## • Konstruktion der Sensoren

B

### 3. Konstruktion der Sensoren

#### Allgemeine Aspekte

Die Entwicklung von Sensoren in LCS-Systemen führt dazu, dass wir uns eingehender mit allen Aspekten befassen, die mit Steuerung und Regelung der Beleuchtung verbunden sind. Unter „Sensoren“ versteht man in diesem Zusammenhang jedes Eingabegerät, das durch die Erfassung eines Ereignisses oder einer physikalischen Größe einen Befehl an die Leuchten, d.h. an einen Aktor, in diesem Fall das KNX/DALI-Gateway, ermittelt und ausgibt. Das heißt, wir betrachten als Sensoren zum Beispiel manuelle Tasten oder Smartphone-Anwendungen, die eine Benutzerinteraktion erfordern, oder Geräte, die automatisch funktionieren, wie Uhren und Timer, und dann die eigentlichen Sensoren, wie die für Anwesenheit, Helligkeit usw., die in diesem Kapitel ausführlich behandelt werden.

In diesem Anwendungskontext ist es klar, dass das KNX/DALI-Gateway sich im Wesentlichen passiv verhält, indem es Befehle von den Sensoren empfängt und sie, abhängig von den konfigurierten Parametern, in DALI-Befehle an die Leuchten umwandelt. Folglich muss berücksichtigt werden, dass die Steuerlogik des Beleuchtungssystems größtenteils in den Sensoren enthalten ist. Die Aktoren und die zugehörigen Leuchten sind nicht an der Festlegung der Funktionsweise beteiligt, sondern führen lediglich die an sie gesendeten Befehle aus.

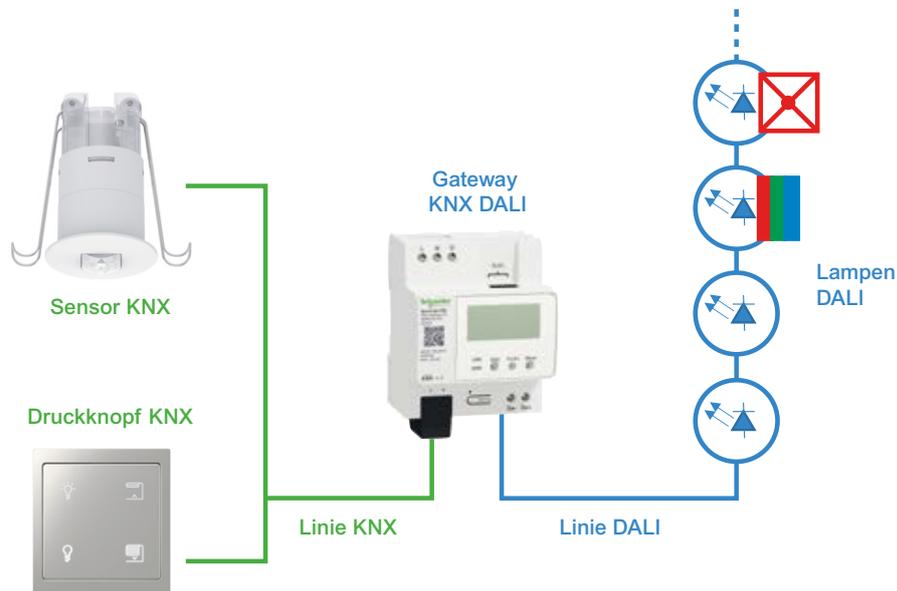


Abb. 38.  
KNX-Sensoren  
angeschlossen an eine  
DALI-Linie über ein  
KNX-DALI-Gateway

In jedem Raum oder jeder Zone eines Gebäudes muss daher die Betriebsart aus den vom System unterstützten und/oder von den Vorschriften vorgeschriebenen Betriebsarten gewählt werden.

EN 15193-1 enthält eine allgemeine Klassifizierung der Beleuchtungssteuerungsarten auf der Grundlage der wichtigsten Funktionselemente:

#### 1) Manuelle Kontrolle

- Steuerung On/Off
- Steuerung On/Off und Regulierung (Dimmen)

#### 2) Automatische Kontrolle

- Steuerung On/Off mit Timer
- Kontrolle durch Anwesenheitssensor
  - Aktivierung bei Anwesenheitserkennung
  - Manuelles Ein- und Ausschalten bei Abwesenheit
- Steuerung durch Lichtsensor
  - Konstante Beleuchtungssteuerung
    - Tageslichtnutzung

### 3. Konstruktion der Sensoren

Natürlich kann ein System auch mit kombinierten Sensoren aufgebaut werden, die gleichzeitig eine Anwesenheits- und eine Helligkeitssteuerung realisieren können. Darüber hinaus entsprechen jedem dieser Modi unterschiedliche Leistungen in Bezug auf die Energieeffizienz. Darüber hinaus entspricht jeder dieser Modi einer unterschiedlichen Leistung in Bezug auf die Energieeffizienz.

In einer Produktionsabteilung zum Beispiel, die notwendigerweise zu festen Zeiten arbeitet und die Anwesenheit von Bedienern entlang der Produktionslinien erfordert, macht es keinen Sinn, ein Anwesenheitskontrollsystem zu implementieren. Die werkseitige Zeitschaltuhr ist an sich ein „Präsenzmelder“.

Andererseits kann es in derselben Einrichtung Bereiche geben, zu denen das Personal nur gelegentlich Zugang hat und in denen keine Zeitvorschriften gelten. Dies ist bei Warenlagern, Wartungsbereichen usw. der Fall. In diesen Umgebungen ist eine zeitgesteuerte Schaltung wahrscheinlich ineffizient.

In diesen Umgebungen ist das zeitgesteuerte Schalten wahrscheinlich ineffizient, und daher kann die Platzierung einiger An-/Abwesenheitssensoren die Energieeffizienz erheblich verbessern.

Wenn das System auf natürliches Licht eingestellt werden soll, müssen zunächst die Qualität und die Intensität des natürlichen Lichts geprüft werden, die in stärkerem Maße von der Ausrichtung des Gebäudes, der Art und der Größe der Öffnungen und nicht zuletzt von der Beleuchtungsstärke abhängen, die für die im Inneren stattfindende Tätigkeit erforderlich ist, wobei das mögliche Vorhandensein von Verdunkelungsanlagen oder Vorhängen zu berücksichtigen ist, die das Angebot an natürlichem Licht erheblich verändern können.

Diese Bewertungen müssen in erster Linie die Beleuchtungsaspekte betreffen, d. h. die Eignung des natürlichen Lichts unter dem Gesichtspunkt der Blendungsbegrenzung und der Gleichmäßigkeit muss überprüft werden, und das Systemsteuerungssystem darf die Qualität des Beleuchtungskomforts der Anlage in keiner Weise beeinträchtigen.



### Wahl des Kontrollalgorithmus

In Anbetracht der Tatsache, dass Beleuchtungssysteme eine Vielzahl von Umgebungen und Anwendungen abdecken, ist es schwierig und einschränkend, die Steuerungs- und Regelungskriterien auf eine einfache, begrenzte Liste von Optionen zu reduzieren, auch weil KNX Sensoren eine beträchtliche Anzahl von Parametern haben, die es ermöglichen, sie auf die Bedürfnisse jeder Anwendung abzustimmen und manchmal sogar die Energieeffizienz im Vergleich zu Standardmodellen zu verbessern.

Daher kann es effektiver sein, eine beschreibende Methodik für den Regelungsalgorithmus zu definieren, die es dem Konstrukteur ermöglicht, genau vorzuschreiben, wie sich das System verhalten muss, und dem Systemintegrator eine konkrete und vollständige Angabe zu seiner Konfiguration zu liefern.

Die Art und Weise, wie die Beleuchtung in einem bestimmten Kontext gesteuert wird, kann auf der Grundlage von drei Elementen bewertet und definiert werden:



Durch die Kombination dieser drei Komponenten wird ein bestimmter Algorithmus konfiguriert, der von Zeit zu Zeit ein bestimmtes Niveau an funktionellem Komfort, vor allem aber eine kalkulierbare Energieleistung gewährleisten kann.

### 3. Konstruktion der Sensoren

Beginnen wir mit der Aktivierung des Systems. Die folgende Tabelle zeigt eine Liste der möglichen Modi:

ANLAGENAKTIVIERUNG		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>M</b>	Manuell	Z.B. Druckknopf, Schalter, Smartphone
<b>S<sub>PD</sub></b>	Sensor (Anwesenheitserfassung)	der Sensor aktiviert das System, indem er die Anwesenheit von Personen erkennt
<b>S<sub>PHY</sub></b>	Sensor für physikalische Größen	z.B. Dämmerungssensor
<b>T<sub>SC</sub></b>	Uhr (Scheduler)	z.B. Timer mit täglicher oder wöchentlicher Programmierung
<b>T<sub>AL</sub></b>	Prädiktiver Algorithmus	Algorithmus, der selbständig bestimmen kann, wann das System aktiviert werden muss

Einmal aktiviert, kann das System nach verschiedenen Kriterien gesteuert werden:

STEUERUNG UND REGELUNG (LICHTSTROM)		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>K</b>	Konstante	Der Lichtstrom wird in keiner Weise verändert
<b>K<sub>CLO</sub></b>	Konstante mit Funktion CLO	Der Lichtstrom wird so geregelt, dass er konstant bleibt, wobei der Rückgang der Lichtquelle durch die im Leuchentreiber integrierte CLO-Funktion (Constant Lumen Output) kompensiert wird.
<b>D<sub>M</sub></b>	Manuell eingestellt (gedimmt)	Z.B. Taste, Schieberegler, Smartphone
<b>D<sub>DH</sub></b>	Automatisch an das Tageslicht angepasst (Daylight Harvesting)	Erfordert einen Umgebungslichtsensor
<b>S<sub>DH</sub></b>	Automatische Umschaltung je nach Tageslicht	Umgebungslichtsensor, der im Schaltmodus arbeitet
<b>LC<sub>PD</sub></b>	Änderung des Sollwerts oder des Flussniveaus aufgrund der Anwesenheit von Personen	Ein Raum, in dem die Beleuchtungsstärke (oder der Lichtstrom) in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Personen verändert wird. Das System liefert zum Beispiel routinemäßig eine Beleuchtungsstärke von 500 lx, die auf 250 lx reduziert wird, wenn kein Personal anwesend ist.
<b>LC<sub>TSC</sub></b>	Änderung des Sollwerts oder der Durchflussmenge auf der Grundlage eines Zeitprogramms	Wie bei der vorigen Variante, aber der Wechsellvorgang wird durch einen Zeitgeber gesteuert. So wird beispielsweise die Außenbeleuchtung in der Nacht gegenüber dem Nennwert reduziert.

Es sollte auch berücksichtigt werden, dass das System während seines Betriebs nicht nur in Bezug auf den Lichtstrom, sondern beispielsweise auch in Bezug auf das Farberscheinungsbild gesteuert werden kann, so dass zusätzliche Dimmkriterien definiert werden müssen (natürlich haben diese im Allgemeinen keine nennenswerten Auswirkungen unter energetischen Gesichtspunkten).

STEUERUNG UND REGELUNG (FARBSTEUERUNG)		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>C<sub>TC</sub></b>	ColourType Tc, Kontrolle Temperatur Farbe	Regulierungsverlauf
<b>C<sub>xy</sub></b>	ColourType XY, Farbsteuerung auf der Grundlage von Farbkoordinaten	Regulierungsverlauf
<b>C<sub>RGB</sub></b>	ColourType RGBWAF, Farbsteuerung auf RGBWAF-Kanälen	Regulierungsverlauf

### 3. Konstruktion der Sensoren

Schließlich die Vorgehensweise, mit der die Anlage deaktiviert wird:

SYSTEMABSCHALTUNG		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>M</b>	Manuell	Z.B. Druckknopf, Schalter, Smartphone
<b>S<sub>AD</sub></b>	Sensor (Absence Detection)	Der Sensor deaktiviert das System, wenn er die Anwesenheit von Personen nicht mehr erkennt
<b>S<sub>PHY</sub></b>	Sensor für physikalische Größen	z.B. Dämmerungssensor
<b>T<sub>SC</sub></b>	Uhr (Scheduler)	z.B. Timer mit täglicher oder wöchentlicher Programmierung
<b>T<sub>TR</sub></b>	Timer	z.B. Treppenhauslichtfunktion, unabhängig von der Anwesenheit von Personen
<b>T<sub>AL</sub></b>	Prädiktiver Algorithmus	Algorithmus, der selbstständig die Abschaltung bestimmen kann

B

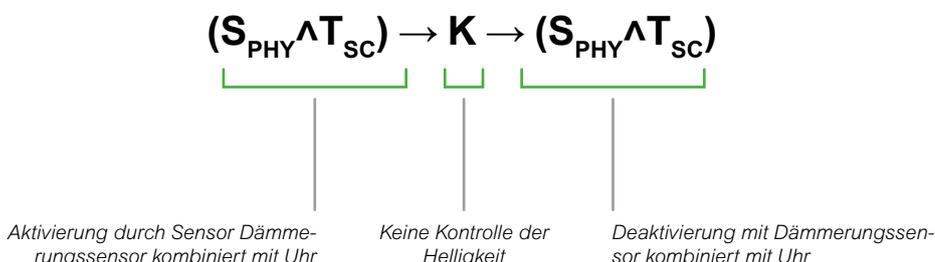
Die erhaltenen Zusammensetzungen können vollständig den in der Norm EN 15193-1 berücksichtigten Typen entsprechen, andere sind Varianten, die in bestimmten Umgebungen die Energieeffizienz mit spezifischen Betriebsanforderungen kombinieren und den Komfort des Systems verbessern können.

Die folgende Tabelle zeigt einige Beispiele für die Kodierung des Kontrollalgorithmus.

Beispiel	Algorithmus
Umgebung mit traditioneller manueller Steuerung	<b>M → K → M</b>
Einzelbüro mit Präsenz- und Lichtsensor, der das System automatisch aktiviert und an das Tageslicht anpasst	<b>S<sub>PD</sub> → D<sub>DH</sub> → S<sub>AD</sub></b>
Einzelbüro mit manueller Systemaktivierung und automatischer tageslichtabhängiger Anpassung. Automatische Abschaltung mit Abwesenheitssensor	<b>M → D<sub>DH</sub> → S<sub>AD</sub></b>
Treppenhaus mit manueller Steuerung und zeitgesteuerter Abschaltung	<b>M → K → T<sub>TR</sub></b>
Außenbeleuchtung mit Dämmerungssensorsteuerung, eingestellt auf 200 Lux.	<b>S<sub>PHY (200lx)</sub> → K → S<sub>PHY (200lx)</sub></b>

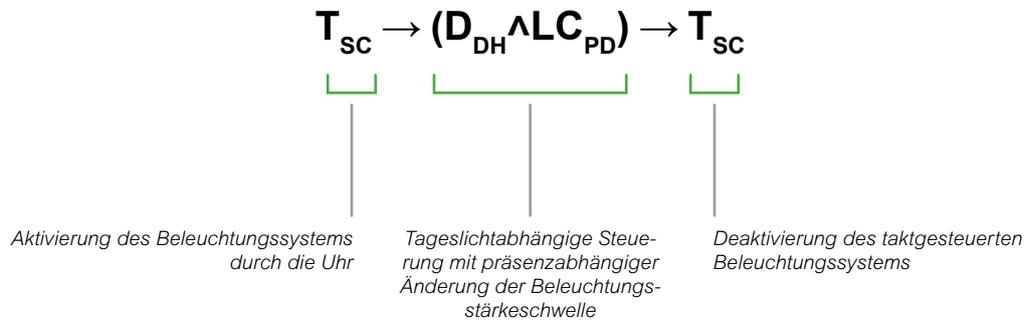
Jedes Element des Algorithmus kann wiederum durch Parameter charakterisiert werden, z.B. kann eine automatische Abschaltung bei der Treppenlichtfunktion durch die Wartezeit der Funktion besser definiert werden:  $T_{TR(t=5)}$ , was bedeutet, dass das System nach 5 Minuten automatisch deaktiviert wird.

Darüber hinaus können die einzelnen Komponenten zu komplexen Steuerfunktionen kombiniert werden, z.B. kann eine Außenbeleuchtung nur mit der kombinierten Zustimmung des Dämmerungsschalters und einer Uhr eingeschaltet werden (Funktion AND-Logik), was wir als: beschreiben können.



### 3. Konstruktion der Sensoren

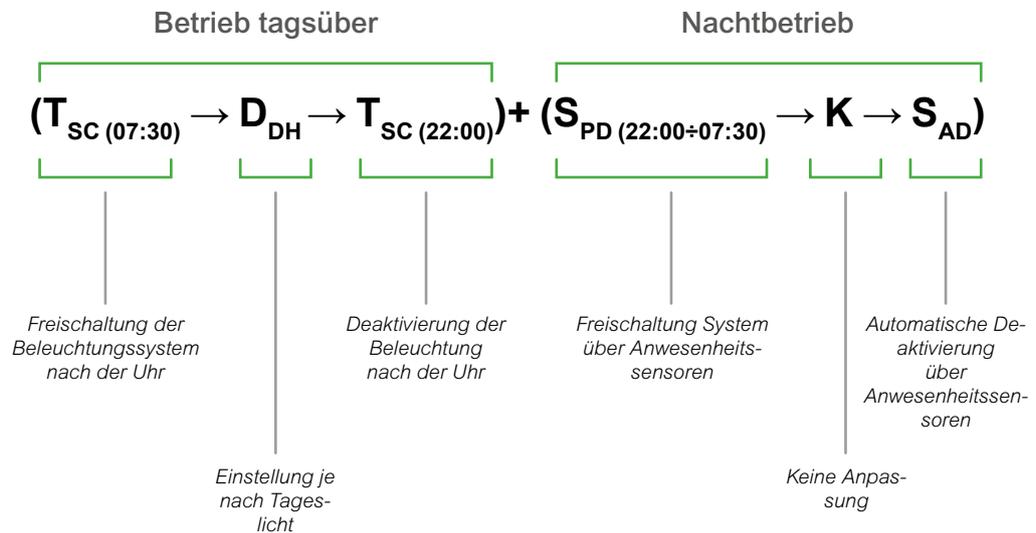
Dieser Aspekt ermöglicht es uns, auch komplexe Steuerungsalgorithmen zu formulieren, die in der Lage sind, spezifische Anforderungen in realen Anwendungen zu erfüllen, was das Potenzial der KNX/DALI-Architektur unterstreicht, zum Beispiel:



Dieser Algorithmus, der in einem Produktionsbereich angewendet wird, der durch eine gute Verfügbarkeit von natürlichem Licht und eine nicht konstante Anwesenheit von Personal gekennzeichnet ist (z. B. unbemannte Produktionslinien), sollte wie folgt interpretiert werden:

- Aktivierung der Beleuchtungsanlage von der Uhr aus, z. B. zu Beginn der Arbeitsschicht;
- Tageslichtnutzung (Daylight Harvesting) mit einer Änderung der Beleuchtungsstärkeschwelle in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Personen, d. h. das System stellt das System auf die geplante Beleuchtungsstärke ein, wenn Personen anwesend sind, und stellt das System auf einen niedrigeren Wert ein, wenn sie nicht anwesend sind.
- Deaktivierung des Systems am Ende der Arbeitszeit, d.h. immer per Uhr.

Ein weiteres Beispiel für einen zusammengesetzten Algorithmus:



In dieser Umgebung, z. B. im Korridor eines öffentlichen Gebäudes wie einer Schule, arbeitet das System in zwei verschiedenen Modi. Von 7:30 Uhr bis 22:00 Uhr (tagsüber) wird die Beleuchtung durch die Uhr aktiviert und während des Betriebs dem Tageslicht angepasst. Von 22:00 bis 7:30 Uhr (nachts) ändert sich der Betrieb und das System wird auf der Grundlage von Anwesenheitssensoren aktiviert und konstant gehalten, solange Personen anwesend sind.

Dieses letzte Beispiel macht uns klar, dass ein bestimmter Algorithmus in einer bestimmten Umgebung nicht immer effektiv ist und daher die Möglichkeit in Betracht gezogen werden sollte, den Kontrollmodus während des Tages zu ändern. Mit der richtigen Konfiguration ist dies in der Regel in einem KNX/DALI-System möglich.

### 3. Konstruktion der Sensoren

Bei der Festlegung eines automatischen Dimmalgorithmus sollten auch Aspekte berücksichtigt werden, die nicht mit der Energieeffizienz zusammenhängen, sondern darauf abzielen, den Lichtkomfort der Umgebung nicht zu verringern, wobei die Dynamik des Sehprozesses zu berücksichtigen ist:

- Die Dimmung sollte sehr langsam erfolgen, z. B. wenn die natürliche Lichtquelle dies zulässt, so dass sie von den Menschen nicht wahrgenommen wird. Das menschliche Auge neigt dazu, sich an eine bestimmte Beleuchtungsstärke zu gewöhnen und nimmt dann eine Zunahme oder Abnahme wahr. Geschieht dies allmählich und mit einer längeren Zeit als die Anpassungszeit, wird die Veränderung kaum wahrgenommen.
- Eine Erhöhung des Lichtstroms, z. B. beim Betreten eines Raums oder eines Bereichs, der aufgrund der Abwesenheit von Personen auf einem niedrigeren Niveau beleuchtet ist, sollte stattdessen schnell erfolgen, um sofort die richtige Beleuchtungsstärke zu gewährleisten, die sich nicht zu sehr von der Beleuchtungsstärke der Umgebung, aus der man kommt, unterscheidet.

Unter diesem Gesichtspunkt könnte man sagen, dass der beste Regulierungsalgorithmus derjenige ist, den die Menschen nicht als aktiv und operativ wahrnehmen.

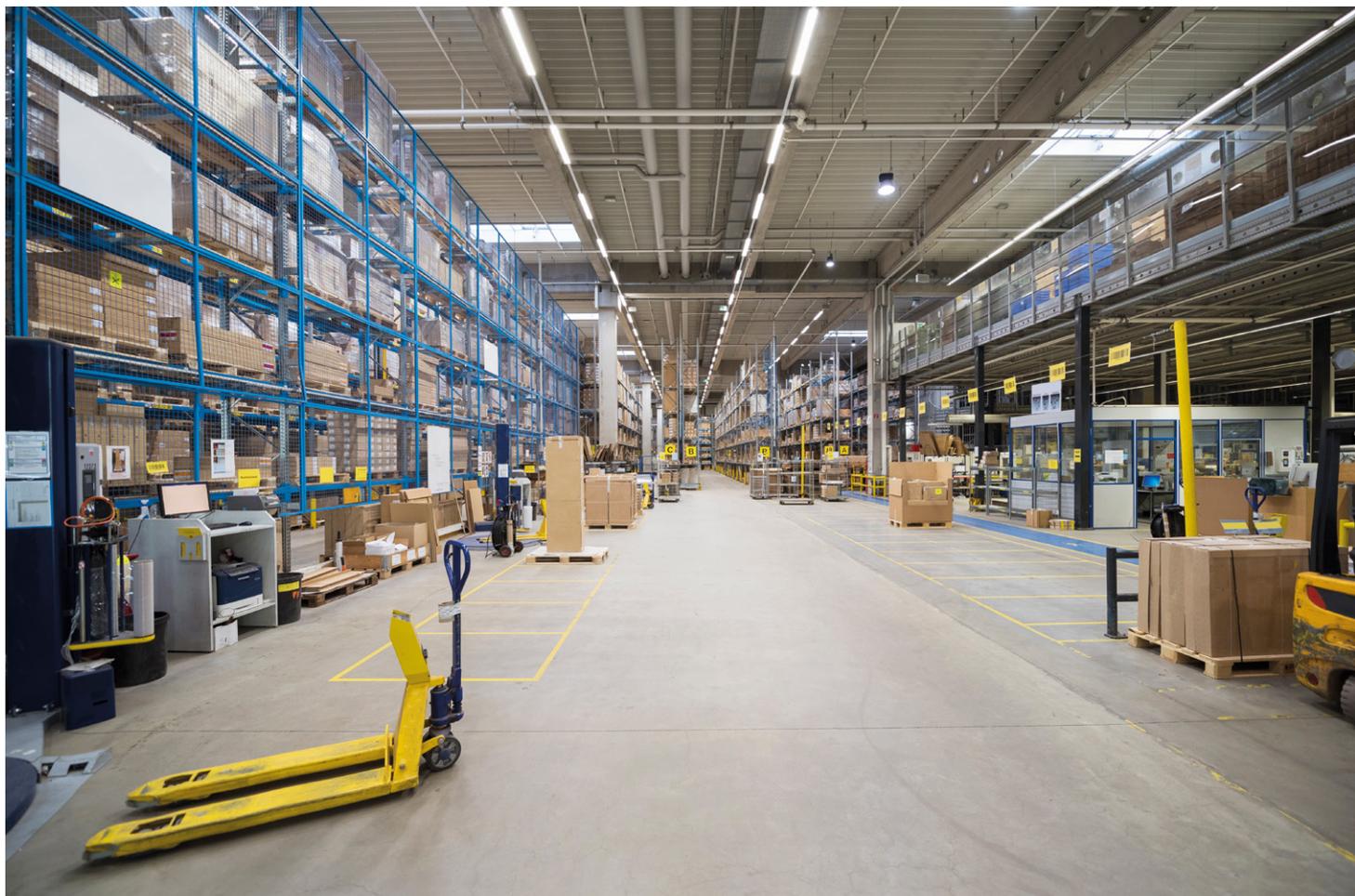
B

“

Man kann sagen, dass der beste Kontrollalgorithmus ein Algorithmus ist, den die Menschen nicht als aktiv und funktionsfähig wahrnehmen.

Abb. 39.

Beispiel für die  
Beleuchtung in einem  
Auslieferungslager



### 3. Konstruktion der Sensoren



B

Abb. 40.  
Anwesenheitssensor und Konstantlichtregelung für den verdeckten Einbau (KNX Mini)



Abb. 41.  
Anwesenheitssensor und Konstantlichtregelung für große Höhen (KNX High Bay)

- Tangentiale Bewegung
- Radiale Bewegung
- Arbeitsbereich

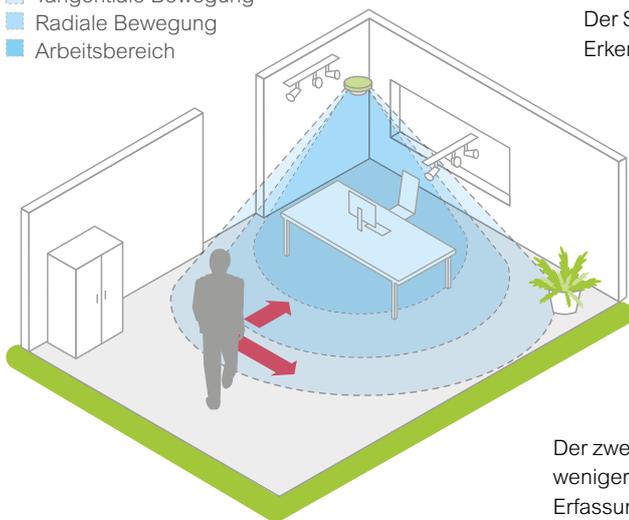


Abb. 42.  
Erfassung eines Deckensensors

## Dimensionierung des Sensornetzes

Heutzutage spielt die Sensortechnik in jedem Installationskontext eine wichtige Rolle. Die Sensoren erzeugen Informationen, Daten über Ereignisse oder Größen, die, wenn sie verarbeitet und analysiert werden, eine eingehende Bewertung des ordnungsgemäßen Funktionierens der verschiedenen Teilsysteme und der tatsächlichen Nutzung der Standorte ermöglichen und so eine genaue Kenntnis der Vorgänge in den verschiedenen Umgebungen ermöglichen. Das bedeutet, dass dem Design der Sensoren mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss, da diese Geräte, wenn sie richtig dimensioniert und positioniert sind, in der Lage sind, äußerst präzise Informationen zu liefern und das Beleuchtungssystem zu steuern.

Unter diesem Gesichtspunkt sind KNX-Sensoren im Allgemeinen äußerst leistungsfähige und vielseitige Geräte, die mehrere gleichzeitige Anwesenheitserkennungen mit jeweils unabhängigen Funktionsparametern realisieren und daher in der Lage sind, mehrere Funktionen gleichzeitig auszuführen und spezifische Daten auch für verschiedene Anwendungen zu erzeugen.

Die Wahl der Anzahl, des Typs und des Standorts der Sensoren muss daher zwischen den verschiedenen Anforderungen vermitteln.

## Bemessung für die Anwesenheitskontrolle

Auf funktionaler Ebene werden Präsenz-/Bewegungssensoren auf zwei verschiedene Arten eingesetzt:

- 1. Anwesenheitserkennung:** Der Sensor schaltet das System ein, wenn er die Anwesenheit von Personen im überwachten Bereich feststellt, und schaltet es nach einer voreingestellten Zeit ab der letzten Feststellung aus.
- 2. Abwesenheitserfassung:** die Beleuchtungsanlage wird nicht durch den Sensor aktiviert, sondern muss manuell, z.B. durch einen Taster, eingeschaltet werden. Der Sensor schaltet das System automatisch aus, wenn seit der letzten Erkennung eine voreingestellte Zeit verstrichen ist.

Der zweite Modus ist natürlich energieeffizienter, kann aber in manchen Fällen weniger komfortabel sein. PIR-Sensoren arbeiten mit Infrarottechnik, die auf der Erfassung von Temperaturschwankungen beruht, und zeichnen sich durch einen vom Hersteller definierten und dokumentierten Erfassungsbereich aus, dessen Abmessungen je nach Installationshöhe variieren können.

Im Allgemeinen ist die Empfindlichkeit der Bewegungserkennung bei diesen Sensoren für Querbewegungen (oder tangentielle Bewegungen) zum Sensor anders als für Längsbewegungen (oder radiale Bewegungen), d.h. Annäherung an den Sensor und Verlassen des Sensors.

Diese unterschiedliche Empfindlichkeit wird vom Hersteller mit zwei verschiedenen Reichweiten angegeben.

### 3. Konstruktion der Sensoren

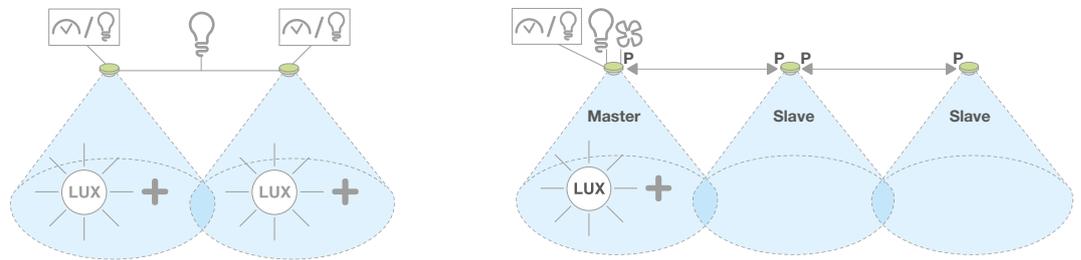
Bei der Dimensionierung ist zu berücksichtigen, dass diese Sensoren keine Bewegungen durch Bildschirme oder Wände (z. B. Glastrennwände) hindurch erkennen, so dass auch die Position der Personen in Bezug auf das Mobiliar beurteilt werden sollte.

Um Fehlmessungen zu vermeiden, muss außerdem auf Wärmequellen (z. B. Gebläsekonvektoren) oder direkte Sonneneinstrahlung oder von einer Oberfläche reflektiertes Sonnenlicht geachtet werden.

Soll die Anwesenheitssteuerung in großen Räumen realisiert werden, die größer sind als die von einem Sensor abgedeckte Fläche, kann der Funktionsmodus Master/Slave, der als Option in der KNX-Sensorkonfiguration zur Verfügung steht, verwendet werden. In diesem Fall wird einer der Sensoren als Master-Sensor konfiguriert, der für einen Erfassungsbereich, aber vor allem für die Steuerung der Leuchten zuständig ist. Die anderen Sensoren, die zur Vervollständigung der Abdeckung angeordnet sind, sind als Slave-Sensoren konfiguriert. Letztere steuern nicht direkt die Beleuchtung, sondern informieren den Master-Sensor über die Anwesenheit von Personen in ihrem Überwachungsbereich. Die Option Master/Slave ist generell für alle Funktionskonfigurationen verfügbar, die eine Anwesenheitserkennung erfordern.



Abb. 43. Unterschiedliches Verhalten von Anwesenheitssensoren und Konstanthelligkeitsregelung



Hinsichtlich der Wartezeiten von Anwesenheitssensoren ist zu bedenken, dass diese wesentlich von der Fähigkeit des Sensors abhängen, die Anwesenheit von Personen zu erkennen, und diese Fähigkeit kann, wie wir gesehen haben, durch Bildschirme oder schattierte Bereiche verändert werden. Eine wirksame Strategie kann darin bestehen, zunächst eine kurze Zeitspanne zu verwenden und, wenn sich das System in Anwesenheit von Personen abschaltet, diese Zeitspanne zu verlängern, bis ein korrekter Betrieb erreicht ist. Es ist zu bedenken, dass die Wartezeit eines Anwesenheitssensors an sich ein inhärenter Ineffizienzfaktor ist.



KNX-Sensoren sind in der Regel äußerst leistungsfähige und vielseitige Geräte, die mehrere gleichzeitige Anwesenheitserfassungen mit jeweils unabhängigen Funktionsparametern realisieren und somit mehrere Funktionen gleichzeitig ausführen können und spezifische Daten auch für unterschiedliche Anwendungen erzeugen.

## Dimensionierung für das Daylight Harvesting

Für die Funktionen, die das Beleuchtungssystem regeln und eine konstante Beleuchtungsstärke aufrechterhalten, sind Geräte mit Lichtsensoren erforderlich, die im Allgemeinen in den Bewegungsmelder integriert sind. Mit diesen Geräten ist es also möglich, Lösungen zu realisieren:

- Daylight Harvesting: Automatische tageslichtabhängige Anpassung
- Constant Illuminance: Rückgewinnung des Wartungsfaktors.

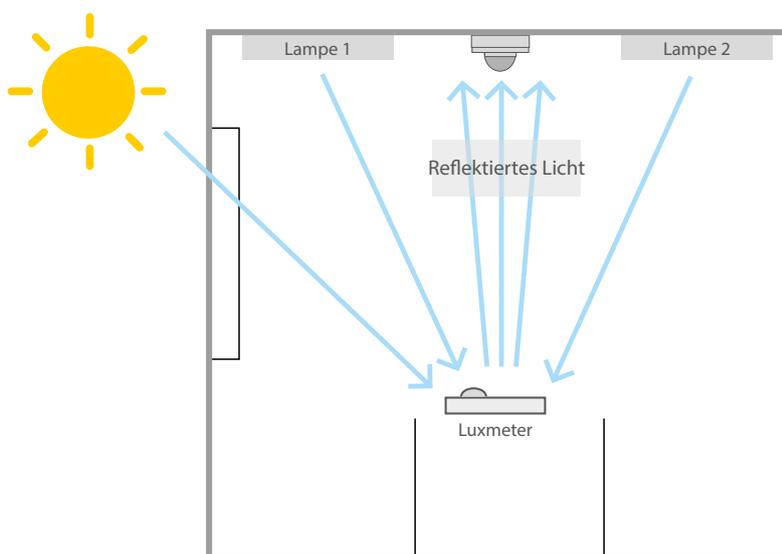
Bei der Dimensionierung dieser Sensoren ist zu berücksichtigen, dass:

- Da der Sensor an der Decke montiert ist, kann er keine Raumbeleuchtungsstärke messen, sondern nur eine Leuchtdichte, die durch das vom Boden reflektierte Licht bestimmt wird. Das bedeutet, dass der Messwert stark von den Eigenschaften der horizontalen Oberflächen im überwachten Bereich beeinflusst wird. So kann beispielsweise ein dunkler Boden oder das Vorhandensein von Möbeln oder Maschinen den Messwert erheblich verändern.
- Je nach Art und Geometrie der Öffnungen wird das Tageslicht oft ungleichmäßig im Raum verteilt.
- Die Intensität und Verteilung des Tageslichts wird dann durch den Sonnenstand, der im Laufe der Jahreszeiten variiert, und durch klare oder bewölkte Bedingungen beeinflusst.

Die Entwicklung dieser Sensoren folgt daher bestimmten Leitlinien, die diese Aspekte berücksichtigen müssen:

- Diese Systeme bieten eine hohe Energieleistung, können aber die ordnungsgemäße Funktion der Beleuchtung beeinträchtigen. Daher müssen die Sensoren mit einem Luxmeter kalibriert werden, wobei die Messwerte sowohl bei Abwesenheit als auch bei Anwesenheit von Tageslicht überprüft werden. Da es sich um eine indirekte Messung handelt, weist sie zwangsläufig eine Fehlerquote auf, die über die Beleuchtungsstärkeskala hinweg stark variieren kann. Es wird daher empfohlen, die Kalibrierung für Beleuchtungsstärken durchzuführen, die sehr nahe an der Bemessungsbeleuchtungsstärke liegen.
- In kleinen Räumen, wie z. B. Büros oder Schulungsräumen, kann der Sensor so positioniert werden, dass er die Beleuchtungsstärke auf der Arbeitsebene erfasst und so kalibriert wird, dass die beste Genauigkeit bei Beleuchtungsstärken nahe dem Sollwert gewährleistet ist. In großen Gebieten, in denen der Tageslichtanteil im Wesentlichen gleichmäßig ist, ist es nicht notwendig, eine große Anzahl von Sensoren anzubringen. Ist dies nicht der Fall, sollte das Gebiet in Zonen mit einem einigermaßen einheitlichen Tageslichtanteil unterteilt werden.

Die Kalibrierung der Sensoren sollte einige Monate nach der ersten Konfiguration und bei Änderungen der Raumaufteilung, die die Reflexion verändern können, wiederholt werden.



### 3. Konstruktion der Sensoren

Zunächst ist zu prüfen, ob die Merkmale der Öffnungen so beschaffen sind, dass tagsüber eine mehr als ausreichende (und geeignete) Beleuchtungsstärke gewährleistet ist, so dass die Beleuchtungsanlage bis zum Sonnenuntergang schnell vollständig abgeschaltet wird. Oder wenn die Öffnungen eine beträchtliche Menge an natürlichem Licht liefern, das aber selbst bei maximaler Beleuchtungsstärke nicht ausreicht oder nicht geeignet ist, um den Bemessungswert in Bezug auf Blendung, Gleichmäßigkeit usw. zu erreichen. In diesem zweiten Fall wird die künstliche Beleuchtung den ganzen Tag über in Betrieb sein und den notwendigen Beitrag leisten müssen. Es ist klar, dass unter dieser zweiten Bedingung die Kalibrierung des Sensors sehr wichtig wird, um immer eine korrekte Beleuchtungsstärke zu gewährleisten.

Um die unterschiedliche Verteilung des Tageslichts in einem Raum auszugleichen, können KNX Sensoren in der Regel zwei verschiedene Regelwerte erzeugen, von denen der zweite eine Funktion des ersten auf der Basis eines Plus- oder Minuskoeffizienten ist. In einem Büro beispielsweise erhält der fensternahe Bereich mit Sicherheit einen größeren Anteil an Tageslicht als der Innenbereich. Dieser erhöhte Beitrag kann mit dem Luxmeter gemessen werden und könnte z.B. 20 % betragen. Es ist nun möglich, den Sensor so einzustellen, dass er zwei Steuerbefehle erzeugt, einen Hauptbefehl, der sich nach den Bedingungen im zentralen Bereich des Raumes richtet, und einen zweiten, der 80% entspricht und an die Leuchten in Richtung der Fenster gesendet wird.

*N.B.: Diese Funktion ist bei Tageslicht wirksam, wenn der Beitrag des natürlichen Lichts signifikant ist, sollte dann aber unter tageslichtfreien Bedingungen getestet werden, so dass die Lampenreihe zu den Fenstern hin genauso gedimmt wird wie die anderen (im Allgemeinen ist der Reflexionskoeffizient der Fensterwand niedriger als der der anderen Wände, so dass die Beleuchtungsstärke in diesem Bereich nachts niedriger sein kann als im übrigen Raum.*

Einige Sensoren unterstützen einen Kontrollmodus, der auf zwei umschaltbaren Beleuchtungsstärkeschwellen basiert.

Mit dieser Zusatzfunktion kann der Beleuchtungsstärkewert in einer Umgebung so verändert werden, dass nur die für die jeweilige Sehaufgabe geeignete Beleuchtungsstärke bereitgestellt wird.

Abb. 44.  
Büro mit  
tageslichtabhängiger  
Beleuchtung



### 3. Konstruktion der Sensoren

## Funktionale Integration von Sensoren

Moderne KNX-Sensoren sind Geräte, die verschiedene Funktionalitäten mit Betriebsparametern integrieren, die je nach Projektanforderungen eingestellt werden können.

Zum Beispiel:

- Die Anwesenheits- und Helligkeitssensoren können durch individuelle Anpassung der Bedienung aktiviert oder deaktiviert werden.
- Es stehen mehrere separate und unabhängige Funktionen für die Anwesenheitserkennung zur Verfügung (ein KNX-Sensor ist wie mehrere unabhängige Sensoren in einem Gerät).

Impostazioni express	Selezione del sensore	Impostazioni
Interruttori crepuscolari	Numero di canali illuminazione	0
Luminosità	Regolazione per mantenere luce costante	<input type="radio"/> inattivo <input checked="" type="radio"/> attivo
Presenza	Presenza	<input type="radio"/> inattivo <input checked="" type="radio"/> attivo
Assenza	Assenza	<input type="radio"/> inattivo <input checked="" type="radio"/> attivo
+ Regolazione per mantenere l...	HVAC	<input checked="" type="radio"/> inattivo <input type="radio"/> attivo
	Interruttori crepuscolari	<input type="radio"/> inattivo <input checked="" type="radio"/> attivo
	Luminosità	<input type="radio"/> inattivo <input checked="" type="radio"/> attivo
	Sabotaggio	<input checked="" type="radio"/> inattivo <input type="radio"/> attivo
	Griglia logica	inattivo
	Telecomando	<input checked="" type="radio"/> inattivo <input type="radio"/> Programma

Abb. 45.  
Konfigurationsparameter  
eines Sensors KNX

Die Sensoren, die für die Beleuchtungssteuerung verwendet werden, werden in KNX Systemen auch für die Steuerung anderer Anwendungen eingesetzt, so dass bei der Dimensionierung der Anzahl, Position und Art der Sensoren alle Anwendungen berücksichtigt werden sollten:

- a) Die Anwesenheitserkennung kann verwendet werden, um Funktionen im Zusammenhang mit der Klimatisierung eines Raums zu verwalten. So kann beispielsweise eine längere Abwesenheit von Personen zu einer Änderung der Betriebsart oder des Temperatursollwerts führen;
- b) In verschiedenen Situationen kann die An- oder Abwesenheit von Personen als Unterscheidungsmerkmal für die Steuerung von Beschattungssystemen und/oder motorisierten Jalousien verwendet werden. Neben der Anpassung der Lichtverhältnisse an die Bedürfnisse der Bewohner können diese Systeme einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Energieeffizienz von Klimaanlage leisten, indem sie den Wärmeeintrag der Sonne im Winter nutzen oder im Sommer verschatten. Diese automatischen Bewegungen dürfen die Bedürfnisse der Insassen nicht beeinträchtigen. In diesem Fall hilft der Anwesenheitssensor dabei, diese Systeme sowohl bei Anwesenheit als auch bei Abwesenheit von Personen korrekt zu verwalten.
- c) Anwesenheitssensoren werden auch häufig eingesetzt, um die Nutzungsbedingungen von Gebäudeteilen zu analysieren und die Art der Nutzung von Räumen zu bestimmen, eine Information, die für den Energiemanager sehr nützlich ist, um immer effizientere und komfortablere Steuerungsalgorithmen zu definieren.

Wie man sieht, muss die Infrastruktur für die Beleuchtungssteuerung effektiv in den allgemeineren Kontext der Gebäudesteuerung integriert werden können.

### 3. Konstruktion der Sensoren

## Manuelle Steuerung

Es ist sehr wichtig, dass bei der Einführung automatischer Systeme, z. B. zum Dimmen von Lampen zur Anpassung an das natürliche Licht, immer die Möglichkeit besteht, die Leuchten manuell zu steuern.

Dies sollte berücksichtigt werden:

- Wenn ein Sensor ausfällt oder beschädigt ist, kann das System nicht mehr verwendet werden oder nicht mehr richtig funktionieren;
- Für die Bedürfnisse der Nutzer der Räumlichkeiten kann es erforderlich sein, eine automatische Steuerung vorübergehend auszusetzen, um die Durchführung von Aktivitäten zu ermöglichen (z. B. Videoprojektion).
- Für Wartungszwecke kann es sinnvoll sein, die Lampen vorübergehend zu steuern, damit bestimmte Kontrollen durchgeführt werden können.

Der Entwurf sollte daher die Möglichkeit einer manuellen Steuerung vorsehen, beispielsweise durch die Einführung von

- In einzelnen Räumen angeordnete Bedienstellen (Tasten)
- Überwachungssteuerungsanwendungen, die über eine Smartphone-Schnittstelle für die Wartung oder einzelne Bediener zugänglich sind, um die Automatisierung zu deaktivieren
- In großen Gebäuden kann es wünschenswert sein, die Betriebsart für jeden Raum einzeln ändern zu können, um häufigen Nutzungsänderungen Rechnung zu tragen.

Die manuelle Steuerung sollte generell die in den Sensoren aktiven Funktionen, die den Lichtstrom automatisch regeln, deaktivieren und eine vollständige Steuerung des Systems durch den Benutzer ermöglichen. Andererseits ist es ebenso wichtig, dass das System spontan in den Automatikbetrieb zurückkehren kann, d. h. derselbe Sensor, der durch manuelle Steuerung deaktiviert wird, kann weiterhin die Anwesenheit von Personen überwachen und nach einer vordefinierten Zeit seit der letzten Erkennung das System in den Automatikbetrieb zurückversetzen.



Abb. 46. Multitouch Pro



Abb. 47. Pro-Taste

“

Es ist sehr wichtig, dass bei der Einführung von Automatisierungen, z. B. zum Dimmen des Lichtstroms von Lampen in Abhängigkeit vom Tageslicht, immer die Möglichkeit der manuellen Steuerung der Leuchten gegeben ist.

# 4

## Projekt des KNX - Networks

B

## 4. Projekt des KNX - Networks

Während die Beleuchtungsplanung und die Auswahl der Leuchten die Festlegung der Architektur des DALI-Busses ermöglichen, erlaubt die anschließende Auswahl des Steuerungsalgorithmus für jeden Raum die Bestimmung der Anzahl und der Position der Sensoren und der manuellen Steuerungspunkte.

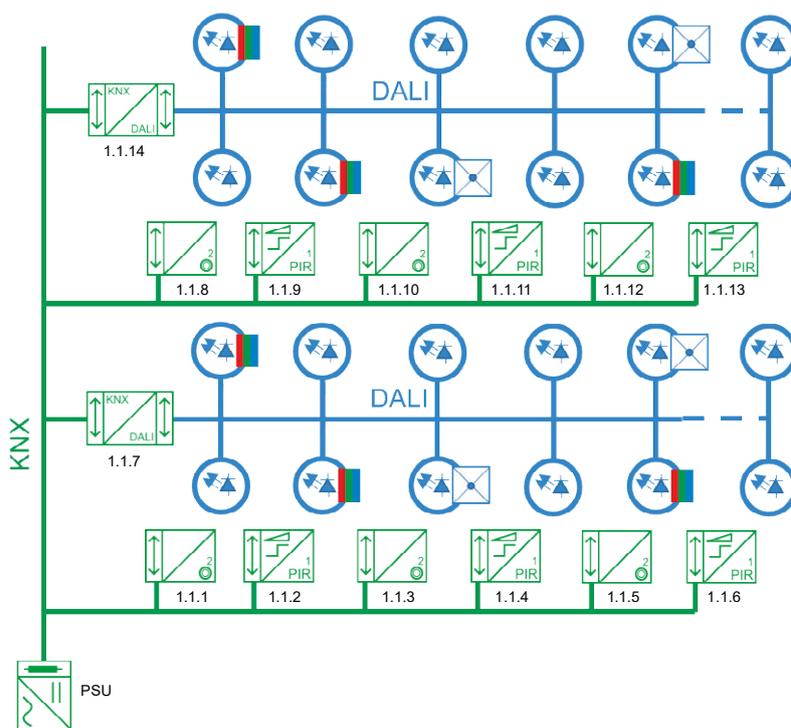
Diese Geräte führen zusammen mit den KNX/DALI-Gateways, die für jedes DALI-Segment zur Verfügung stehen, zur Dimensionierung des KNX-Netzwerks, das die Integration des gesamten Systems ermöglicht.

Es sollte zunächst bedacht werden, dass die KNX Technologie innerhalb eines Gebäudes auch in der Lage ist, andere Anlageninfrastrukturen zu verwalten und zu steuern, und daher sollte die Dimensionierung dieser Infrastruktur auch diese Funktionalitäten und zugehörigen Komponenten berücksichtigen, wenn auch nur als Vorgabe.

B

### Topologie der Netze KNX

Wie im ersten Teil dieses Leitfadens beschrieben, besteht eine KNX-Infrastruktur aus KNX-Linien, an die bis zu 256 Geräte angeschlossen werden können. In diesem Fall bestehen die KNX-Geräte aus den KNX/DALI-Gateways und den verschiedenen Sensoren und Komponenten für die manuelle und automatische Anlagensteuerung.



So kann eine KNX-Linie, wenn die Grenzen der Verbindungslänge nicht überschritten werden, bereits ein LCS-System mit mehreren hundert Leuchten bedienen.

### 4. Projekt des KNX - Networks

#### Die Verkabelung/physikalischen Mittel der Kommunikation

Abweichend vom DALI-Bus muss für die KNX-Verkabelung ein zertifiziertes Standardkabel verwendet werden, typischerweise in grüner Farbe (aber auch mit andersfarbigem Mantel erhältlich), in Ausführungen mit einem oder zwei verdrehten Paaren<sup>79</sup>.

Die Längengrenzen eines KNX-Segments sind:

1. Die Gesamtsumme aller Verbindungen in dem Segment darf 1000 m nicht überschreiten;
2. Zwei KNX-Geräte dürfen nicht mehr als 700 m voneinander entfernt sein;
3. Die maximale Entfernung zwischen einem KNX-Gerät und der Stromversorgungseinheit beträgt 350 m.

Bei Bedarf, z.B. weil die Anzahl der Geräte die Grenze von 256 überschreitet oder ein großer Bereich abgedeckt werden muss, wird das KNX-System durch die Implementierung zusätzlicher Linien erweitert, die über einen Backbone miteinander verbunden sind. Diese Skalierbarkeit ermöglicht es, Beleuchtungssysteme auch in großen Gebäuden, Industrieanlagen usw. zu realisieren, ohne dass die Interaktionsfähigkeit mit der einzelnen Leuchte verloren geht.

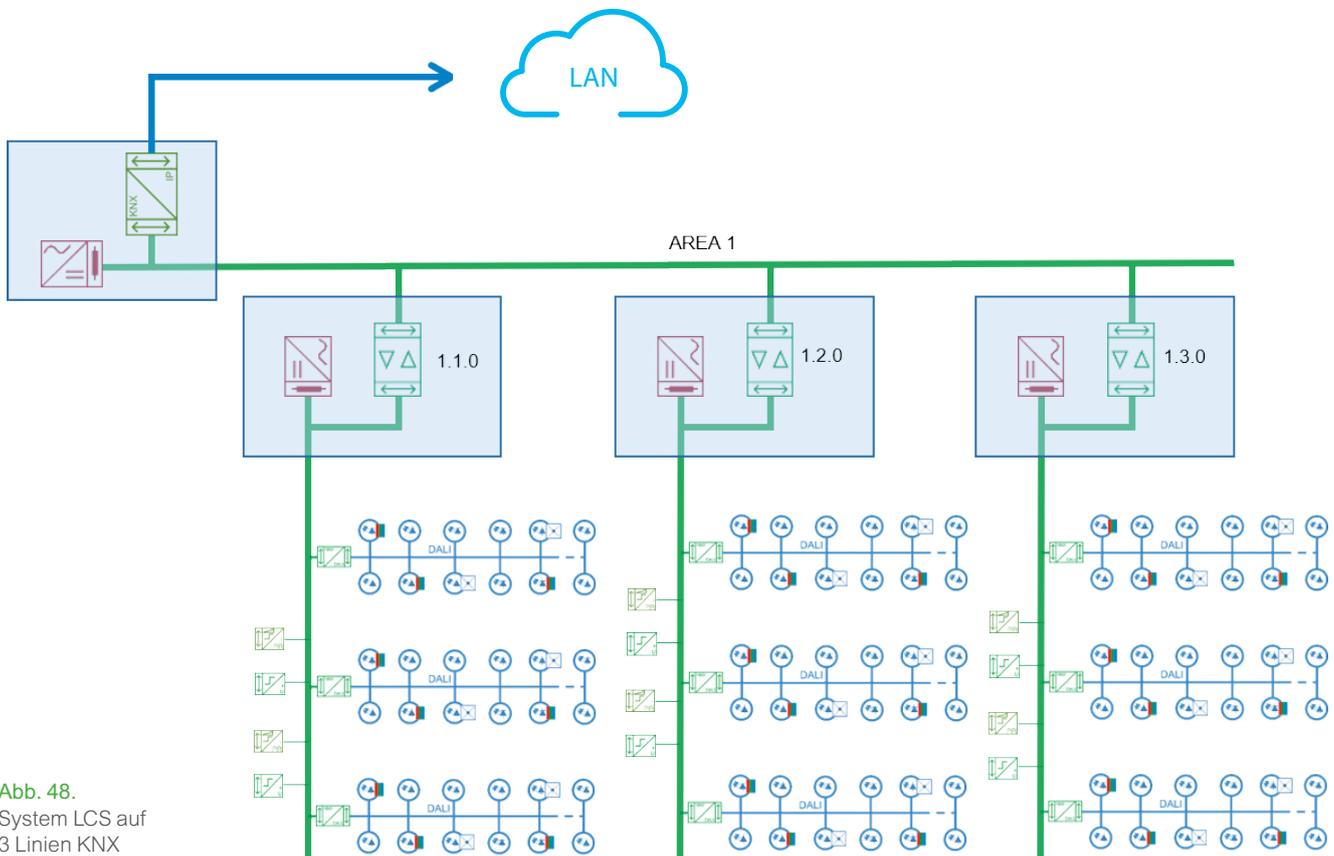


Abb. 48.  
System LCS auf  
3 Linien KNX

Die KNX-Kommunikationsinfrastruktur besteht in diesem Fall aus mehreren Segmenten, die jeweils mit Systemkomponenten, bestehend aus einem KNX-Netzteil und einem Linien-/Bereichskoppler, ausgestattet sind. Diese Geräte können in den allgemeinen Verteilerschalttafeln untergebracht werden oder, insbesondere bei der Sanierung bestehender Anlagen, in separaten Schalttafeln, die im Gebäude aufgestellt werden, um den Bereich der Anlage abzudecken.

In Übereinstimmung mit den KNX-Spezifikationen für die TP-256-Topologie sind KNX-Stromversorgungen mit einem Nennstrom von mehr als 640 mA (z. B. 1280 mA) verfügbar, die für die Versorgung von KNX-Linien mit mehr als 64 Geräten geeignet sind. Selbstverständlich müssen diese Anlagen unter besonderer Berücksichtigung der Gesamtaufnahme der Geräte und der Gesamtentwicklung der Verbindungen dimensioniert werden, die in jedem Fall die Längengrenzen einhalten müssen.

(79) Das zweite Paar eines KNX-Kabels wird nicht für die Systemkommunikation verwendet, kann aber für die Verteilung einer Hilfsspannung genutzt werden. Heute werden in der Regel einpaarige Kabel verwendet.

## 4. Projekt des KNX - Networks

Die Weiterentwicklung dieser Technologie umfasst nun auch Stromversorgungen<sup>80</sup>, die eine Systemdiagnose durchführen, indem sie gleichzeitig die auf dem Bus aufgenommene Spannung und den Strom sowie den Verkehr analysieren und das Vorhandensein von Anomalien wie Überlastung oder wiederholte Nachrichten melden. Diese neue Generation von Systemgeräten ermöglicht es, immer zuverlässigere und leistungsfähigere Lösungen zu realisieren.

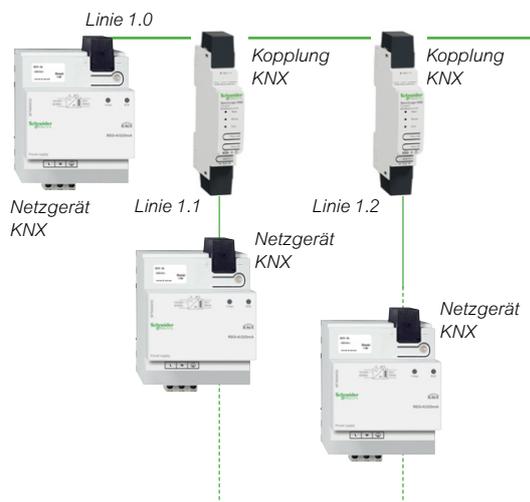


Abb. 49.  
Architektur mit Rücken  
und Linien Bus TP

Schließlich kann ein KNX System an ein IP-Netzwerk angeschlossen werden, um die Überwachung der Installation oder des Anschlusses, auch aus der Ferne, durch die für die Konfiguration und Wartung zuständigen Techniker zu erleichtern.

Die KNXnet/IP-Implementierung verfügt über mehrere Kommunikationsmodi, darunter:

- KNX IP-Tunnelling: z. B. für den Anschluss eines Supervisors verwendet. Für diese Anwendungen wird eine IP-Schnittstelle verwendet, die in der Regel in der Lage ist, mehrere gleichzeitige Verbindungen zu unterstützen (normalerweise mindestens 5).
- KNX IP-Routing: wenn Sie das IP-Netzwerk als KNX-Kommunikations-Backbone anstelle eines traditionellen Twisted-Pair-Backbones verwenden möchten. In diesem Fall muss das Gerät ein KNX IP Router sein.

Für die Kommunikation über das IP-Netzwerk gibt es jetzt auch eine Lösung, die durch Verschlüsselung für ausreichende Sicherheit sorgt (KNX IP Secure).

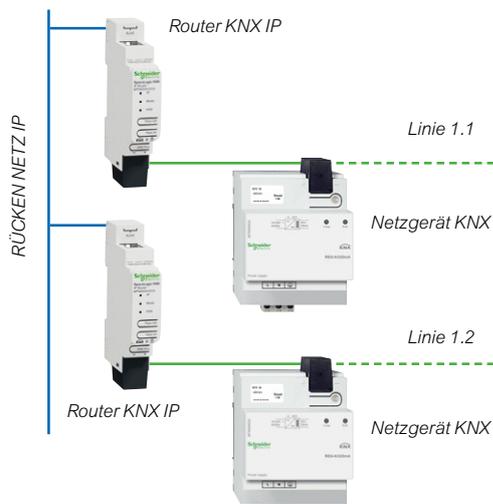


Abb. 50.  
Architektur mit Rücken  
LAN und Linien Bus TP

(80) Konventionelle KNX-Stromversorgung hat keine KNX-Adresse, da sie nicht auf dem Bus kommunizieren muss. Die neue Generation von Netzteilen mit Analyse- und Diagnosefunktionen benötigt eine reguläre KNX Adresse, da diese Komponenten in der Lage sein müssen, Nachrichten zu übermitteln.

### 4. Projekt des KNX - Networks

#### Kontrollfunktionen

KNX ist eine Gebäudeautomatisierungstechnologie, die auf Multicast-Kommunikation (one-to-many) basiert. Die Steuergeräte, Taster, Sensoren usw. senden Steuermeldungen an eine „Gruppenadresse“, die bei der Planung und Konfiguration des Systems mehreren Geräten zugewiesen werden kann. Dadurch wird sichergestellt, dass ein Sensor gleichzeitig mit Leuchten oder DALI-Gruppen kommunizieren kann, die an verschiedene DALI-Segmente angeschlossen sind, so dass sie auf der KNX-Seite effektiv gruppiert werden.

Dieses Merkmal gewährleistet eine völlige Unabhängigkeit zwischen der Verdrahtung von DALI-Segmenten und der anschließenden funktionalen Gruppierung von Leuchten. Es ist nicht mehr notwendig, alle Lampen in einem Raum an denselben DALI-Bus anzuschließen, um sie gemeinsam zu steuern. Die DALI-Verkabelung wird so optimiert, dass sie den kürzesten Weg nimmt und sich an die Elektrokanäle anpasst.

B

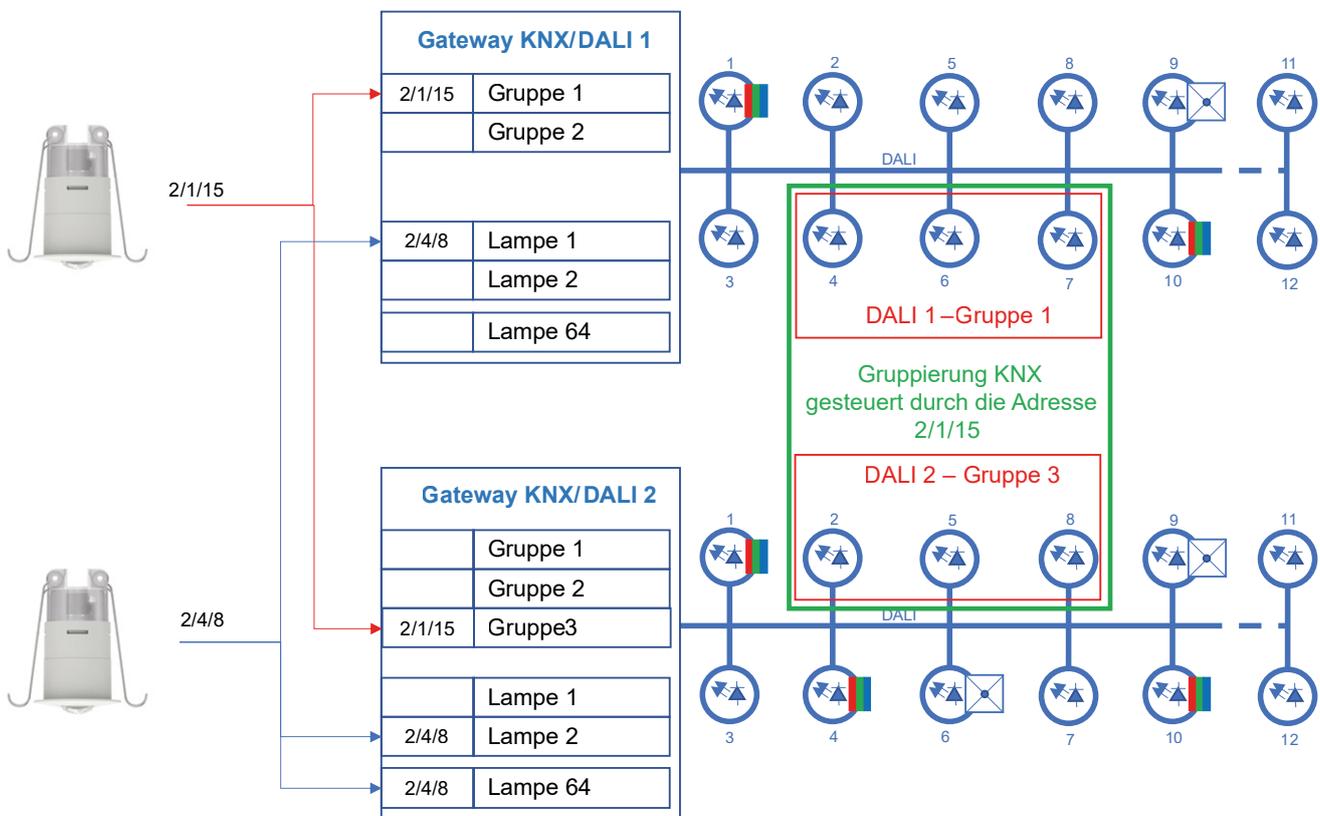


Abb. 51. Das KNX/DALI-Gateway ermöglicht die Steuerung von Leuchtengruppen (DALI-Gruppen) und bietet gleichzeitig die Möglichkeit, Diagnoseinformationen von jeder einzelnen Leuchte zu erhalten.

“

Dank einer Multicast-Kommunikation (one-to-many) senden KNX-Sensoren Steuermeldungen an eine „Gruppenadresse“, die mehreren Geräten zugewiesen werden kann und gleichzeitig mehrere Leuchten oder Gruppen erreicht, die an verschiedene DALI-Segmente angeschlossen sind.

5

Notbeleuchtung

B



## Einführung

Es gibt viele Orte, die mit einem Notbeleuchtungssystem ausgestattet werden müssen, und es würde den Rahmen dieses Leitfadens sprengen, sie alle aufzuzählen. Man kann mit Sicherheit sagen, dass diese Art der Installation heute ein fester Bestandteil der Beleuchtungsplanung ist, bei der bereits in der Anfangsphase die effizienteste Lösung ermittelt werden muss.

Die Notbeleuchtung muss bei einem Ausfall der normalen Beleuchtung oder der allgemeinen Stromversorgung eine ausreichende Mindestbeleuchtungsstärke gewährleisten, und da diese Leistung eng mit der Sicherheit von Personen verbunden ist, müssen diese Anlagen regelmäßig überprüft werden.

Bei diesen Anlagen kann es sich um autonome Leuchten handeln, die einzeln mit einer Batterie-/Invertereinheit ausgestattet sind, oder um Systeme, die von zentralen Rettungsgeräten gespeist werden, oder, wie es in Gebäuden einer bestimmten Größe der Fall ist, um gemischte Systeme, die beide Arten von Lösungen umfassen, je nach den Vorteilen, die diese beiden Funktions- und Installationsmethoden bieten.

Auf regulatorischer Ebene müssen die Notbeleuchtungssysteme gemäß den funktionalen und lichttechnischen Anforderungen der Normen EN 1838 und EN 50172 dimensioniert werden, insbesondere für die vorgesehenen Systemtypen:

- Notbeleuchtung für die Flucht
- Panikbeleuchtung
- Beleuchtung von Hochrisikobereichen
- Sicherheitssignale

Für jede dieser Anwendungen werden in der Norm funktionale Anforderungen wie Beleuchtungsstärke, Auslösezeit, Autonomie der Sicherheitsquellen usw. festgelegt.

Folglich erfordert die Realisierung dieser Arten von Anlagen unterschiedliche Beleuchtungslösungen.



Abb. 52. Beispiel eines Notfallgeräts

## ✓ Referenznormen

- EN 60598-2-22 – Beleuchtungsgeräte. Teil 2-22: Besondere Vorschriften - Notfallgeräte
- EN 61347-2-7 – Leuchtenspeiseeinheit. Teil 2-7: Besondere Anforderungen an elektronische (autonome) batteriebetriebene Versorgungseinheiten für die Notbeleuchtung.
- EN 62034 - Automatische Prüfsysteme für Notbeleuchtung
- EN 50172 - Notbeleuchtungssysteme
- EN 50171 - Zentralisierte Stromversorgungssysteme
- CEI UNI 11222 - Licht und Beleuchtung - Notbeleuchtungssysteme für Gebäude. Verfahren für die Überprüfung und regelmäßige Wartung

## 5. Notbeleuchtung

### Leuchten für die Notbeleuchtung

Die Norm EN 60598-2-22 legt die Bau- und Funktionsanforderungen für Notleuchten fest und führt zunächst eine Einteilung in:

- **Permanente Notleuchte:** Leuchte, in der die Lampen für die Notbeleuchtung gespeist werden, wenn Normal- oder Notbeleuchtung erforderlich ist;
- **Nichtständige Notleuchte:** eine Leuchte, bei der die Lampen der Notbeleuchtung nur bei Ausfall der normalen Beleuchtung in Betrieb sind.
- **Einzelbatterie-Notleuchte:** eine Leuchte des permanenten oder nicht-permanenten Typs, bei der alle Elemente wie die Batterie, die Lampe, die Steuereinheit und gegebenenfalls die Prüf- und Signaleinrichtungen in der Leuchte enthalten sind oder sich in ihrer Nähe befinden (innerhalb von 1 m Kabel).
- **Zentral versorgte Notleuchte:** fest installierte oder nicht fest installierte Leuchte, die durch ein zentrales Notfallsystem versorgt wird, das nicht in der Leuchte enthalten ist.
- **Kombinierte Notleuchte:** eine Leuchte mit zwei oder mehr Lampen, von denen mindestens eine durch den Notstromkreis und die anderen durch die normale Versorgung gespeist werden. Diese Geräte können entweder dauerhaft oder nicht dauerhaft sein.
- **Innenbeleuchtetes Sicherheitssignal:** freistehende oder zentral versorgte Sicherheitsleuchte, die durch eine Kombination von Farben und geometrischen Formen eine bestimmte Sicherheitsaussage vermittelt.

Die Norm enthält eine Reihe von Vorschriften, die ein angemessenes Maß an Funktionssicherheit für diese Art von Leuchten gewährleisten sollen, z. B. müssen sie in der Lage sein, bei einer Umgebungstemperatur von 70 °C für eine Zeit, die 50 % des Nennbereichs entspricht, im Notbetrieb zu arbeiten. Notleuchten sind mit den folgenden Informationen gekennzeichnet:

	*1	*2	*3	*4
<b>*1: Geräteart</b>	X = autonom Z = mit zentralisierter Speisung			
<b>*2: Betriebsart</b>	0 = nicht permanent 1 = permanent 2 = kombiniert, nicht permanent 3 = kombiniert, permanent 4 = zusammengesetzt, nicht permanent 5 = zusammengesetzt, permanent 6 = Satellit			
<b>*3: Zubehörteile</b>	A = umfasst eine Prüfeinrichtung B = enthält eine Vorrichtung für den Fernruhemodus C = enthält eine Vorrichtung für den Sperrmodus D = Leuchte für Bereiche mit hohem Risiko E = mit einer nicht austauschbaren Lampe(n) und/oder Batterie F = Versorgungseinheit für automatische Prüfung nach EN 61347-2-7, gekennzeichnet mit EL-T G = internes beleuchtetes Sicherheitssignal			
<b>*4: Autonomie</b>	Bemessungsautonomie in Minuten (nur für autonome Lampen).			

Leuchten, die intern mit einem automatischen Prüfsystem ausgestattet sind, müssen ebenfalls der IEC 62034 entsprechen.

#### ✓ Vorschrift EN 60598-2-22



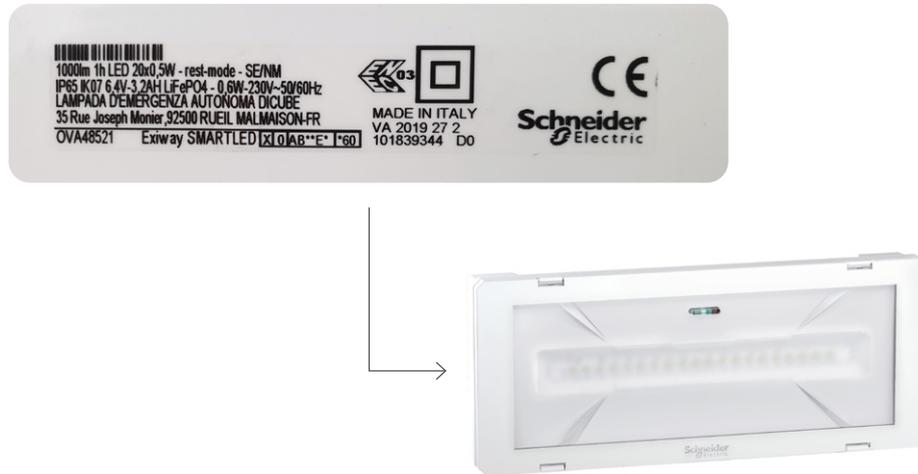
##### Beleuchtungsgeräte

##### Teil 2-22: Besondere Vorschriften - Notfallgeräte

Die Norm legt Anforderungen an Notleuchten fest, die Lichtquellen in Notstromkreisen mit Versorgungsspannungen von höchstens 1.000 V verwenden.

### 5. Notbeleuchtung

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für die Kennzeichnung nach EN 60598-2-22.



## Automatische Prüfsysteme (ATS)

Notbeleuchtungssysteme müssen regelmäßig überprüft und gewartet werden, um sicherzustellen, dass sie stets einwandfrei funktionieren, und etwaige Störungen oder Ausfälle müssen umgehend gemeldet werden, damit sie behoben werden können.

Heutzutage ist es üblich, Lösungen zu verwenden, die diese Prüfung automatisch durchführen, entweder individuell für jede Leuchte (Autotest) oder mit einer zentralen Steuerung, die in der Lage ist, den Betriebszustand jeder Leuchte und das Prüfergebn anzuzeigen. Die Kriterien und Betriebsmethoden für diese Systeme sind in der EN 62034:2012 enthalten<sup>(81)</sup>. ATS-Systeme (Automatic Test System) sind in der Regel in der Leuchte selbst enthalten und umfassen alle Hardware- und Softwarekomponenten, die die Durchführung einer Funktionsprüfung oder eines Autonomietests ermöglichen. Einige dieser Systeme können auch von einem Kommunikationssystem überwacht werden, das auf einer Fernanzeige Informationen anzeigt, die sonst nur über die bordeigenen Warnleuchten sichtbar wären.

Sofern nicht anders angegeben, muss das ATS-System mindestens einmal im Monat eine Funktionsprüfung und innerhalb von 52 Wochen nach Inbetriebnahme des Systems und danach mindestens einmal im Jahr eine Selbstprüfung durchführen (das System muss die unbeabsichtigte Durchführung weiterer Selbstprüfungen verhindern).

Das Gerät startet den Test nur, wenn es vollständig aufgeladen ist, andernfalls verschiebt es ihn, bis diese Bedingung erreicht ist.

(81) In Deutschland umgesetzt als DIN EN 62034:2013 - *Automatische Prüfsysteme für Notbeleuchtung*.

## 5. Notbeleuchtung

### KNX/DALI-Notbeleuchtungssysteme

Die DALI-Norm enthält zwei Kapitel, die sich speziell mit den Funktionen der Notbeleuchtung befassen.:

- EN 62386-102 – Gerätetyp 1: Eigenständige Notbeleuchtung<sup>82</sup>
- EN 62386-220 – Gerätetyp 19: Zentral versorgter Notbetrieb<sup>83</sup>

Dieser Aspekt eröffnet eine wichtige und bedeutende Entwicklung dieser Anlagen, die auch heute noch größtenteils als völlig getrennte Anlagen ausgeführt werden, was zu Folgendem führt:

- Einsatz von Anlagenüberwachungssystemen, die auf proprietären Technologien basieren;
- Daraus ergeben sich Einschränkungen bei der Auswahl der Leuchten;
- Komplexe Beschränkungen bei der Integration von gemischten Lösungen, die in Wirklichkeit völlig getrennte Anlagen darstellen und separate Überwachungs- und Wartungslösungen erfordern.
- Die Integration dieser Anlagen in den Gebäudekontext ist nicht einfach;

Die Implementierung von Notbeleuchtung mit DALI-Leuchten führt auch zusätzliche Funktionen ein, die in anderen Systemen nicht immer verfügbar sind, wie zum Beispiel:

- Möglichkeit, permanente Notleuchten zu dimmen, wenn eine normale Stromversorgung vorhanden ist.
- Bestimmung eines spezifischen Lichtstroms für den Notbetrieb, der eine Blendungsbegrenzung gemäß den Anforderungen der UNI EN 1838 ermöglicht;
- Aktivieren Sie eine Verlängerung des Notfallmodus, wenn die normale Stromversorgung wiederhergestellt ist. (Prolong Time oder Extended Emergency Mode<sup>84</sup>).

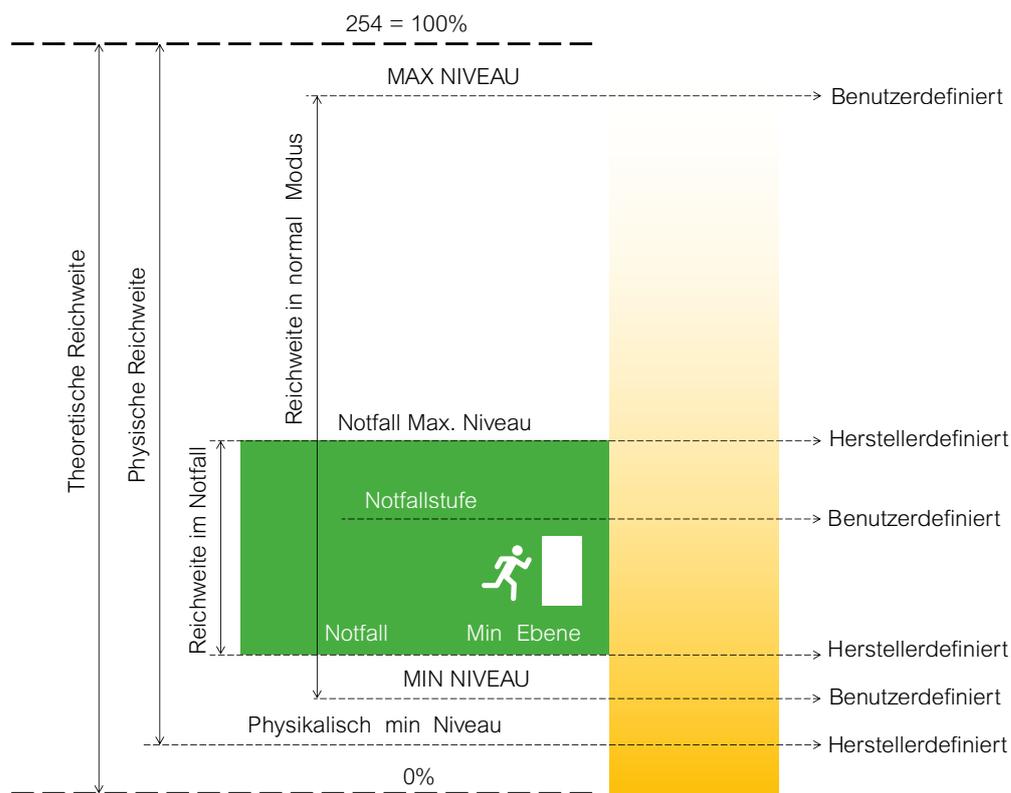


Abb. 53. Lichtstromstärken in DALI DT1-Lampen

(82) Die aktuelle Version dieses Teils der Norm IEC 62386 stammt aus dem Jahr 2009.

Eine neue Ausgabe, die dem DALI2-Standard entspricht, wird voraussichtlich in Kürze veröffentlicht werden.

(83) Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Bandes ist das Verfahren für die Zertifizierung von Komponenten, die der Norm Teil 220 entsprechen, noch nicht verfügbar.

(84) Die Norm UNI EN 1838 schreibt vor, dass die Notbeleuchtung innerhalb von höchstens 0,5 Sekunden einspringen muss, wenn die normale Beleuchtung ausfällt. Die Norm schreibt jedoch kein Systemverhalten vor, wenn die Stromversorgung wiederhergestellt ist, was nicht immer zu einer automatischen Reaktivierung der normalen Beleuchtung führt. Der erweiterte Notfallmodus ermöglicht es, die Notbeleuchtung für einen angemessenen Zeitraum eingeschaltet zu lassen, wenn die normale Stromversorgung wiederhergestellt ist.

### 5. Notbeleuchtung

Bei den Einzelleuchten sieht der DALI-Standard vier verschiedene Typen vor:

- Typ A: Dauerlampe mit Ein- und Ausschaltfunktion und Durchflussregelung;
- Typ B: Dauerleuchte mit Ein/Aus-Kontrollmöglichkeit
- Typ C: Permanente Leuchte (keine Steuerung möglich)
- Typ D: Nicht dauerhafte Lampe (schaltet sich nur bei fehlender Spannung ein).

Die Typen A und B erweitern die Klassifizierung in EN 60598-2-22, und insbesondere bei Typ A ist es möglich, die Notbeleuchtung in die normale Beleuchtung in Räumen oder Bereichen zu integrieren, in denen sie geregelt ist.

Die Leuchte ist unter normalen Bedingungen dimmbar und kann je nach Bedarf ein- oder ausgeschaltet werden. Bei einem Ausfall der Stromversorgung wird die Leuchte auf den eingestellten Lichtstrompegel (Emergency Level) aktiviert.

DALI-Notleuchten unterstützen mehrere Betriebsarten, darunter:

**Normal Mode:** normaler Zustand, mit vorhandener Stromversorgung und Lichtquelle in dem vom Typ vorgesehenen Zustand (dauerhaft, nicht dauerhaft, usw.).

**Inhibit Mode:** die Funktion des Geräts wird ausgesetzt, z. B. um elektrische Wartungsarbeiten durchzuführen, ohne die Batterien zu entladen. Nach Aktivierung dieses Modus schaltet sich die Leuchte bei einem Stromausfall nicht mehr ein. Wenn die Stromversorgung wiederhergestellt ist, kehrt die Lampe automatisch in den Normalmodus zurück.

**Rest Mode:** Speichermodus, der in Abwesenheit der Stromversorgung aktiviert werden kann. Auch in diesem Fall kehrt die Lampe nach Wiederherstellung der Spannung automatisch in den Normalmodus zurück.

**Emergency Mode:** Ausfall der Stromversorgung, bei dem die Lampe eingeschaltet ist und von den Batterien gespeist wird.

**Extended Emergency Mode:** Zustand beim Einschalten, in dem die Lampe für eine in der Konfiguration eingestellte Zeit aktiv bleibt.

Das System bietet automatische Übergänge zwischen den Betriebsmodi, um sicherzustellen, dass das System immer betriebsbereit ist.

## 5. Notbeleuchtung

### Architekturen für die Notbeleuchtung

Die Einführung von DALI-Notleuchten erweitert die Installationsmöglichkeiten, da verschiedene Architekturen möglich sind, sowohl für zentralisierte Systeme als auch für Systeme, die aus selbstversorgten Leuchten bestehen.

Der Zweck dieses Leitfadens ist es, nützliche Werkzeuge für die Planung von DALI-Beleuchtungssystemen mit KNX zu liefern: In diesem Sinne möchten wir einige Schneider Electric-Architekturen vorschlagen, die für die Verwaltung von DALI-Notleuchten bestimmt sind. In allen unten aufgeführten Beispielen sind DALI- und KNX-Netzwerke mit Controllern wie DiCube oder SpaceLyNK verbunden, die eine lokale und Fernüberwachung des Systems ermöglichen.

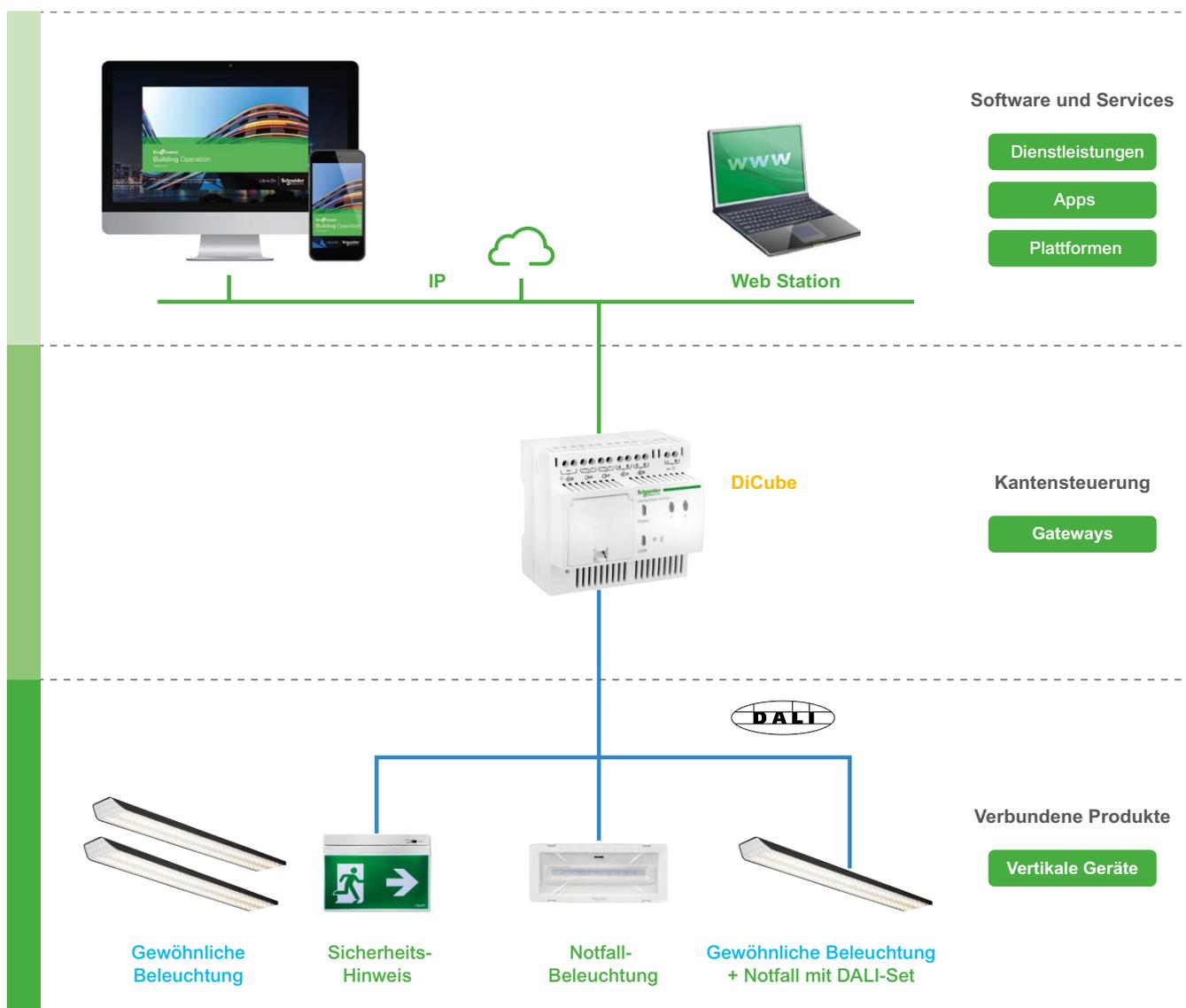
Im Falle eines BMS (Building Management System) werden die oben erwähnten Steuerungen de facto zu Gateways, die Informationen auf eine höhere Ebene bringen (EcoStruxure-Plattform).

B

### Dedizierte DALI-Lösungen mit selbstversorgten Leuchten

Bei Anwendungen mit Einzelleuchten kann der Planer Lösungen einsetzen, die einen speziellen DALI-Bus (DiCube-System) verwenden: Bei dieser Architektur steuert der DALI-Netzwerk-Controller, das DiCube-Steuergerät, die Sicherheitsleuchten zur Überwachung und Durchführung der erforderlichen Tests gemäß den UNI CEI 11222 und CEI EN 62034. Das DiCube-System wurde daher auf einem DALI-Netz entwickelt, das speziell für Notleuchten bestimmt ist; an dieses DALI-Netz können keine normalen Leuchten angeschlossen werden.

Abb. 54. Notbeleuchtung mit speziellem System (DiCube)



5. Notbeleuchtung

**DALI-Lösungen integriert mit selbstgespeisten Leuchten**

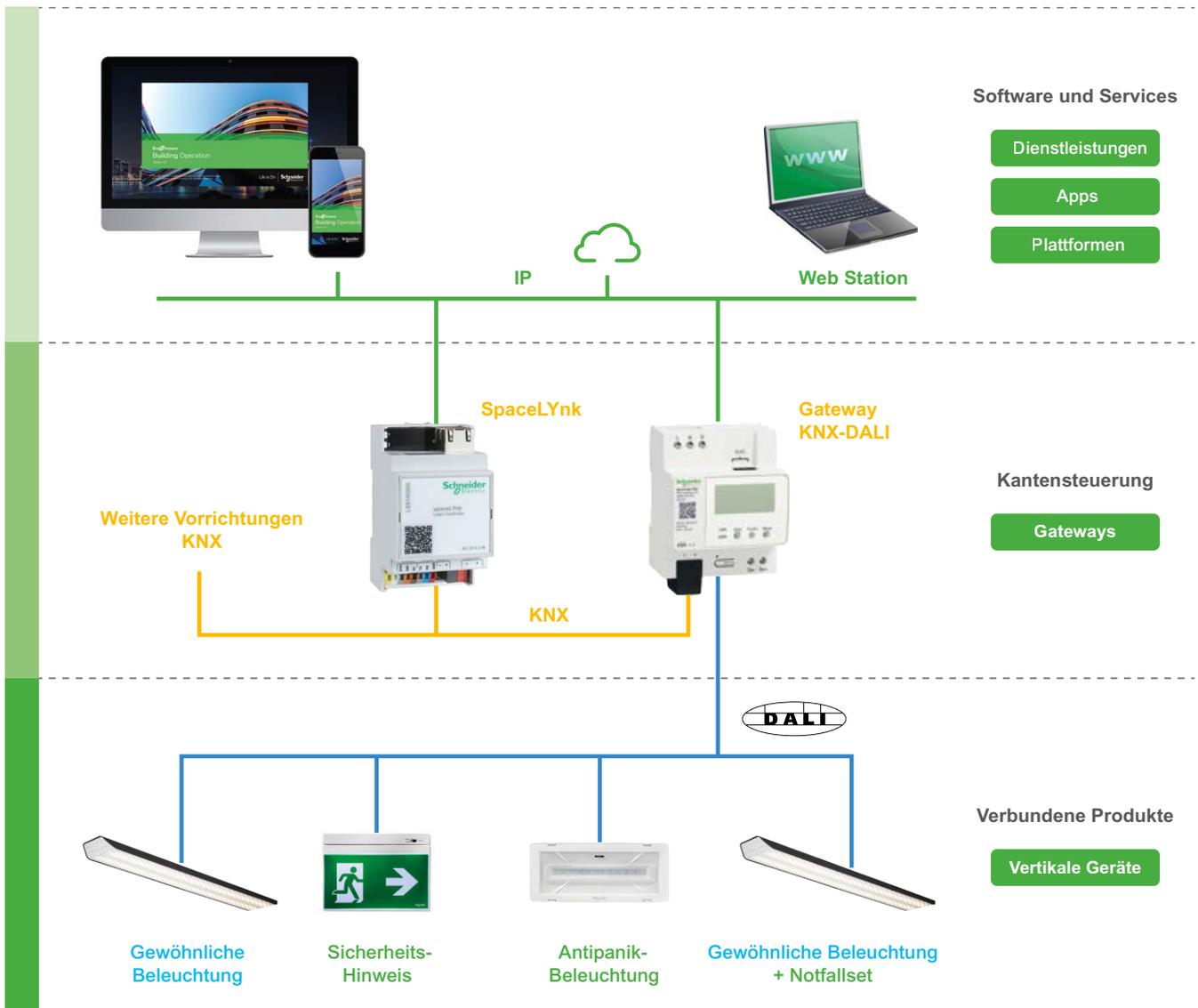
Alternativ können die Notleuchten auch über DALI-Linien verteilt werden, die auch für die Allgemeinbeleuchtung genutzt werden.

In diesem Fall ist der Controller des gesamten DALI-Netzes (mit normalen und Notleuchten) spaceLYnk, auf dem eine spezielle Anwendung implementiert ist, um alle erforderlichen Funktionalitäten zu gewährleisten, insbesondere: die Steuerung regelt und plant die Periodizität der automatischen Prüfungen gemäß CEI EN 62034. Ein Systemzustandsbericht gemäß CEI EN 50172 und UNI CEI 11222 kann jederzeit erstellt werden. Wie bereits im Leitfaden erläutert, ermöglicht das Vorhandensein des KNX DALI-Gateways die vollständige Integration von DALI-Lampen (normale und Notleuchten) in das KNX-Netzwerk.

Die Vorteile dieses Ansatzes liegen in der großen Freiheit bei der Planung des Beleuchtungssystems, da die Lampen über einen einzigen, entsprechend dimensionierten DALI-Stromkreis verteilt werden können und bei der Programmierung das Verhalten der Lampen sowie die Art und Weise ihrer Überwachung und Steuerung festgelegt werden können.

Abb. 55. Notbeleuchtung mit energieautarken Leuchten, die in das DALI-Netz mit Lampen für die Allgemeinbeleuchtung integriert sind

B



## 5. Notbeleuchtung

### DALI-Lösungen integriert mit zentral gesteuerten Leuchten

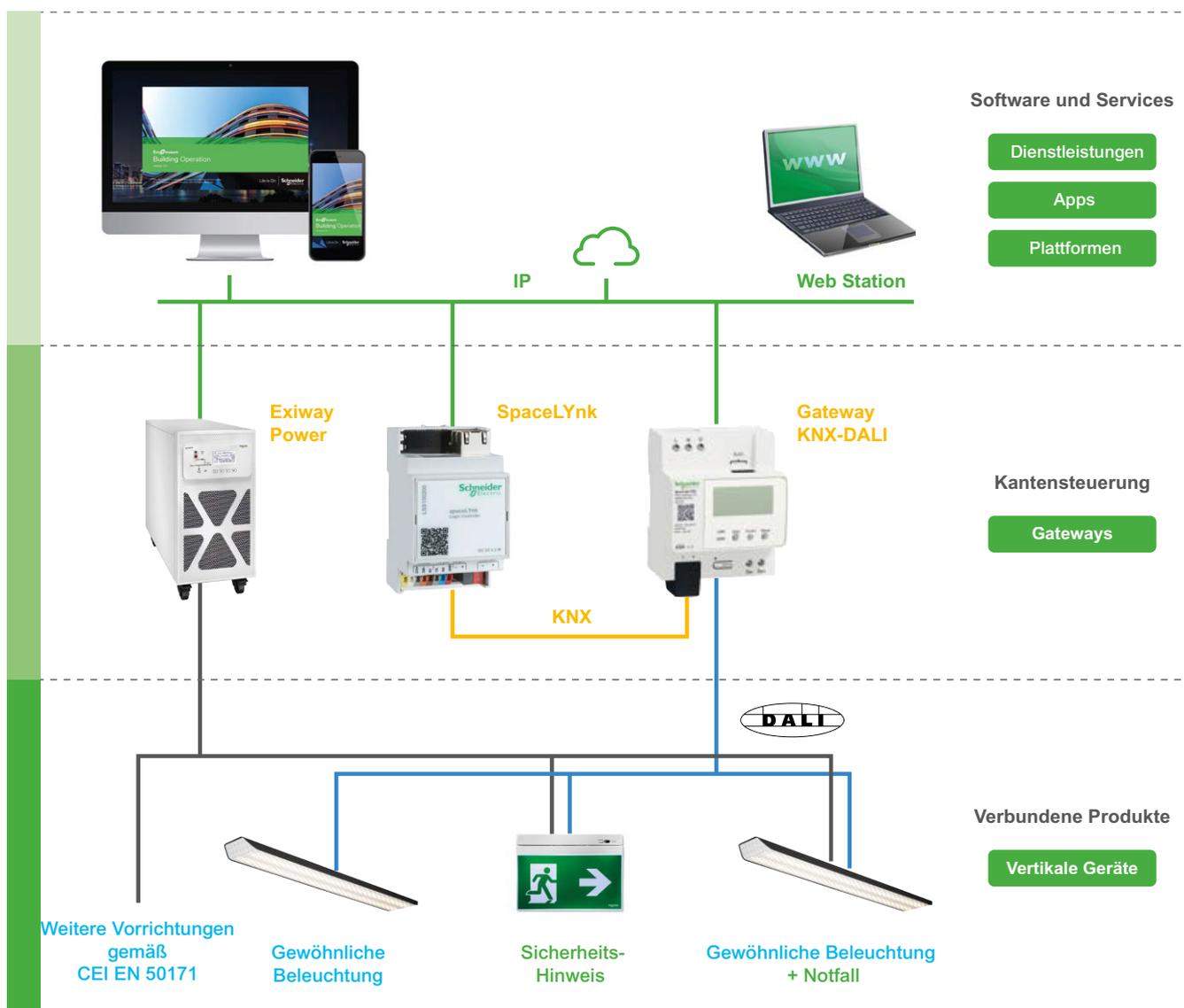
In zentralisierten Systemen können Notleuchten gegebenenfalls auch für die normale Beleuchtung verwendet werden, da sie zusammen mit anderen Lampen gesteuert und geregelt werden können.

Das System kann nicht nur bei einem allgemeinen Stromausfall, sondern auch für einzelne Zonen bei einem Stromausfall betrieben werden. Ein Stromausfall auf dem DALI-Bus wird von der Leuchte als Stromausfall interpretiert und daher durch Umschalten auf den konfigurierten Vorlaufpegel aktiviert. Das bedeutet zum Beispiel, dass es in diesen Installationen nicht sinnvoll ist, die KNX/DALI-Gateways mit Stromkreisen zu versorgen, die mit USV ausgestattet sind.

Das System umfasst einen Controller, spaceLYnk, auf dem eine spezielle Anwendung implementiert ist, um alle erforderlichen Funktionen zu gewährleisten, die über das KNX-DALI-Gateway mit der USV/dem Defibrillator zur Erfassung von Alarmen und mit den DALI-Lampen verbunden ist. Es ist zu beachten, dass an jede DALI-Linie bis zu 64 Lampen angeschlossen werden können, einschließlich der normalen Beleuchtung, der normalen/Notbeleuchtung und der Sicherheits-Signalgeber.

Abb. 56. Notbeleuchtung mit zentralisiertem System

B



## Überwachung des Notbeleuchtungssystem

Die Überwachung von DALI-Notbeleuchtungsanlagen ist in der KNX-Norm vorgesehen, mit spezifischen Anforderungen an den Betrieb des Gateways, um Sicherheit und Konsistenz der von den Lampen erzeugten Informationen zu gewährleisten.

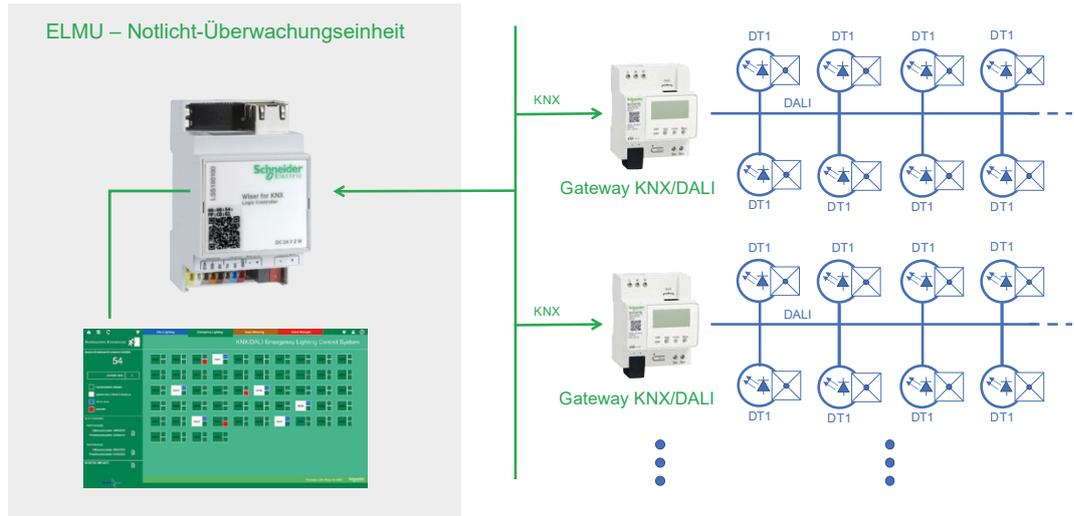


Abb. 57. Beispiel für Architektur der DALI-Notlichtsteuerung über KNX-Überwachung

Es lohnt sich, die Kommunikation zwischen dem KNX/DALI-Gateway und den einzelnen DALI-Notleuchten näher zu betrachten. Teil 202 der Norm IEC 62386 definiert unter den erweiterten Anwendungsbefehlen einige spezifische Befehle, insbesondere für die Systemverwaltung:

1. Bei der Erstkonfiguration der Anlage fragt das Gateway die Notleuchten mit dem Befehl 251 - Query Features ab und erhält von jeder Leuchte eine Antwort in Form eines Backward Frame, in dem jedes Bit, wenn es den Wert 1 hat, angibt, welche Funktionen unterstützt werden. Dieser Vorgang wird nur zu Beginn durchgeführt und ermöglicht die korrekte Konfiguration des Gateways, das für jedes Gerät Befehle zur Verfügung stellt, die durchgängig unterstützt werden.

### Steuerung 251 - Query Features BF

Byte	Merkmale	0	1
Bit 0	Integriertes Notsteuergerät	Nein	Ja
Bit 1	Instandgehaltene Betriebsgerät	Nein	Ja
Bit 2	Geschaltetes instandgehaltenes Betriebsgerät	Nein	Ja
Bit 3	Selbsttestkapazität	Nein	Ja
Bit 4	Einstellbare Notfallstufe	Nein	Ja
Bit 5	Festverdrahtete Sperre unterstützt	Nein	Ja
Bit 6	Unterstützte physische Auswahl	Nein	Ja
Bit 7	Wiederaufleuchten im Ruhemodus unterstützt	Nein	Ja

## 5. Notbeleuchtung

2. Während des normalen Betriebs des Systems fragt das Gateway zyklisch alle Leuchten ab, indem es ihnen die Befehle 250, 252 bzw. 255 sendet und auch in diesem Fall die entsprechenden BF-Antworten erhält. Wie aus den folgenden Tabellen hervorgeht, kommuniziert die Leuchte ständig mit dem Gateway und meldet ihren aktuellen Betriebsmodus (Normalmodus, Notfallmodus usw.), das Vorhandensein einer internen Betriebsanomalie und, falls ein Test läuft, den Status seiner Durchführung. Wenn ein Gerät nicht korrekt auf die Anfragen des Gateways antwortet, wird dies sofort als Fehler und Gerätefehler gemeldet.

Befehl 250: Abfrage des Notfallmodus				
Byte	Modus	0	1	
Bit 0	Ruhemodus aktiv	Nein	Ja	
Bit 1	Normaler Modus aktiv	Nein	Ja	
Bit 2	Notfallmodus aktiv	Nein	Ja	
Bit 3	Erweiterter Notfallmodus aktiv	Nein	Ja	
Bit 4	Funktionstest aktiv	Nein	Ja	
Bit 5	Laufzeittest im Gange	Nein	Ja	
Bit 6	Festverdrahtete Sperre ist aktiv	Nein	Ja	
Bit 7	Festverdrahteter Schalter auf Ein	Nein	Ja	

Befehl 252: Abfrage des Fehlerstatus BF				
Byte	Modus	0	1	
Bit 0	Ausfall des Stromkreises	Nein	Ja	
Bit 1	Ausfall der Batteriedauer	Nein	Ja	
Bit 2	Batterieausfall	Nein	Ja	
Bit 3	Ausfall der Notbeleuchtung	Nein	Ja	
Bit 4	Funktionstest maximale Verzögerung überschritten	Nein	Ja	
Bit 5	Maximale Verzögerung des Dauertests überschritten	Nein	Ja	
Bit 6	Funktionstest erfolglos	Nein	Ja	
Bit 7	Dauertest erfolglos	Nein	Ja	

Befehl 253: Abfrage des Notfallstatus BF				
Byte	Notfallstatus	0	1	
Bit 0	Sperrmodus	Nein	Ja	
Bit 1	Funktionstest durchgeführt und Ergebnis gültig	Nein	Ja	
Bit 2	Dauer des durchgeführten Tests und Gültigkeit des Ergebnisses	Nein	Ja	
Bit 3	Batterie voll geladen	Nein	Ja	
Bit 4	Anforderung eines Funktionstests steht noch aus	Nein	Ja	
Bit 5	Dauer Testanforderung ausstehend	Nein	Ja	
Bit 6	Identifikation aktiv	Nein	Ja	
Bit 7	Physisch ausgewählt	Nein	Ja	

3. Das Gateway muss die Befehle 227 oder 228 verwenden, um einen Funktions- oder Autonomietest zu initiieren. Der Test wird intern von der Leuchte durchgeführt, die gemäß der Norm 62034 mit einem ATS (Automatic Test System) ausgestattet ist, das alle Phasen der Durchführung und Überprüfung übernimmt. Die externe Kommunikationsinfrastruktur, d.h. der DALI-Bus, ist in keiner Weise in diesen Vorgang involviert und kann daher dessen korrekte und vollständige Ausführung nicht beeinträchtigen.

Bei einer autonomen Notleuchte handelt es sich um ein Gerät, das intern alle Voraussetzungen für die Durchführung der Tests und die Bewertung seines Betriebszustands in völliger Autonomie erfüllt und dessen korrekte Funktionsweise nicht durch äußere Einflüsse beeinträchtigt werden kann. Die Durchführung der Tests kann an die Leuchten selbst delegiert werden (AutoTest), wobei die gewünschte Periodizität in den internen Parametern eingestellt wird, oder diese Funktion kann deaktiviert werden, so dass sie zentral verwaltet werden können. Diese Funktion ist bei all jenen Tätigkeiten wichtig, bei denen ein ungeplanter Start des Tests zu Problemen führen kann (z.B. in Kinos oder Theatern) oder - noch schlimmer - eine Umgebung genutzt wird, in der die Notlampen nach dem Autonomietest entladen werden.

### 5. Notbeleuchtung

Für den Betrieb der Leuchte ändert sich natürlich nichts, bei einem Stromausfall geht die Leuchte in den Notbetrieb über und schaltet sich ein, unabhängig davon, was sie vorher gemacht hat.

Es ist jederzeit möglich, die Betriebsart der Notleuchten zu ändern, z.B. durch den Befehl Inhibit Mode, das System ist so eingestellt, dass bei einer Unterbrechung der Stromzufuhr in den nächsten 15 Minuten die Leuchten nicht eingeschaltet werden. Nach 15 Minuten kehrt das System automatisch in den Normalmodus zurück. Im Ruhemodus können die Lampen ausgeschaltet werden, wenn die Stromversorgung bereits unterbrochen wurde, und wenn die Stromversorgung wiederhergestellt ist, kehren die Lampen in den Normalmodus zurück. Dadurch wird verhindert, dass die Lampen in einem Zustand „vergessen“ werden, der ihren korrekten Betrieb bei einem Stromausfall oder einer Unterbrechung der Stromversorgung beeinträchtigen würde.

Diese Kontrollen, die im Allgemeinen bei Wartungsarbeiten oder bei der Einstellung der Tätigkeit eingesetzt werden, sollen verhindern, dass die Batterien entladen werden, was nicht nur ihre Lebensdauer verkürzt, sondern auch die Wiederaufnahme der Tätigkeit gefährden könnte, die bei nicht vollständig geladenem System erfolgen würde.

Wir haben bis zu diesem Punkt gesehen, was auf dem DALI-Bus passiert, und es sollte beachtet werden, dass diese Funktionen in der Firmware der Geräte enthalten sind und daher nicht viel von der Konfiguration des Systems abhängen.

Sehen wir uns nun an, was auf der KNX-Seite des KNX/DALI-Gateways passiert, welche Operationen möglich sind und vor allem, welche Informationen uns zur Visualisierung und Überwachung der Anlage zugänglich gemacht werden.

Die Norm Standard KNX<sup>85</sup>, definiert die Funktionalität des Gateways und schreibt vor, dass für jedes Notrufgerät drei Kommunikationsobjekte, die durch spezifisch kodierte Daten (DataPoint Type) gekennzeichnet sind, zur Verfügung gestellt werden müssen:

490	Convertitore 1, Inizio test,	Avvio	1 byte
491	Convertitore 1, Risultato del test,	Test	6 bytes
492	Convertitore 1, stato,	Stato	2 bytes

Es steht ein Kommunikationsobjekt zur Verfügung, mit dem ein Befehl zur Ausführung von Tests an die Leuchte (oder gleichzeitig an mehrere Leuchten) gesendet werden kann:

DPT 245.600	Funktion/Befehl
0	Reserviert, keine Auswirkung
1	Funktionstest starten (DALI DT1 Cmd 227)
2	Start Dauertest (DALI DT1 Cmd 228)
3	Start Teildauertest
4	Stopp Test (DALI DT1 Cmd 229)
5	Reset Funktion Test Done Flag (DALI DT1 Cmd 230)
6	Dauer Test Done Flag zurücksetzen (DALI DT1 Cmd 231)
7-255	Reserviert, keine Auswirkung

(85) Applikationshinweise 166/14 v03 – DALI Notleuchtenkontrolle

## 5. Notbeleuchtung

Der Bbefehl besteht aus einem Byte, dessen Wert zur Aktivierung der verschiedenen Funktionen verwendet wird, einschließlich der Möglichkeit, einen bereits begonnenen Test zu unterbrechen.

Das zweite Kommunikationsobjekt (Testergebnis) enthält die Ergebnisse des letzten von der Lampe durchgeführten Tests, indem es die Informationen in einer 6-Byte-Nachricht kodiert.

LTRF		LTRD		LTRP		0 0 0 0		SF		SD		SP		0 0		LDTR						LPDTR																									
7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
6° Byte								5° Byte								4° Byte								3° Byte						2° Byte						1° Byte											
Param.	Bedeutung																Werte																														
LTRF	Ergebnisse der letzten Funktionsprüfung																0: Keine Informationen 1: Test bestanden 2: Test nach der maximal zulässigen Zeit bestanden 3: Test fehlgeschlagen 4: Test nach maximal zulässiger Zeit fehlgeschlagen 5: Test manuell unterbrochen																														
LTRD	Neueste Autonomietestergebnisse																0: Keine Informationen 1: Test bestanden 2: Test nach der maximal zulässigen Zeit bestanden 3: Test fehlgeschlagen 4: Test nach maximal zulässiger Zeit fehlgeschlagen 5: Test manuell unterbrochen																														
LTRP	Ergebnisse des letzten Teilautonomietests																0: Keine Informationen 1: Test bestanden 2: Test nach der maximal zulässigen Zeit bestanden 3: Test fehlgeschlagen 4: Test nach maximal zulässiger Zeit fehlgeschlagen 5: Test manuell unterbrochen																														
SF	Startmodus der letzten Funktionsprüfung																0: Keine Informationen 1: Startet automatisch (Selbsttest) 2: Gestartet von Gateway 3: Reserviert																														
SD	Startmodus des letzten Autonomietests																0: Keine Informationen 1: Startet automatisch (Selbsttest) 2: Gestartet von Gateway 3: Reserviert																														
SP	Startmodus des letzten Teiltests der Autonomie																0: Keine Informationen 1: Startet automatisch (Selbsttest) 2: Gestartet von Gateway 3: Reserviert																														
LDTR	Entladezeit der Batterie																Wert in Minuten																														
LPDTR	Verbleibende Ladung nach dem letzten Teilttest der Reichweite																0: Vollständig entladen ... 254: Vollständig aufgeladen 255: Keine Informationen																														

Abb. 58. Decodieren der "Test Results" - DPT 245.600

Das dritte Objekt (Converter Status) enthält den Betriebszustand der Sicherheitsleuchte; auch hier ist die Information spezifisch in einer 2-Byte-Nachricht kodiert.

Die im zweiten und dritten Kommunikationsobjekt enthaltenen Informationen werden vom Gateway spontan auf den KNX-Bus geschrieben, wenn sich ein Wert geändert hat. Diese beiden Objekte sind dann für das Visualisierungsprogramm frei lesbar, so dass sie immer korrekt aktualisiert werden. Das Visualisierungssystem, ELMU (Emergency Light Monitoring Unit) genannt, muss die in den KNX Nachrichten enthaltenen Informationen entschlüsseln und in speziellen Reports lesbar darstellen und aufzeichnen.

Die Anwendung sollte auch das ordnungsgemäße Funktionieren der Gateways überwachen und das Fehlen aktualisierter Daten melden.



## 5. Notbeleuchtung

		CM				HS				FP				DP				PP				CF																			
		7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
		2° Byte								1° Byte																															
Param.	Bedeutung	Werte																																							
CM	Funktionsmodus aktiv	0: Keine Informationen 1: Lampe in NormalMode 2: Lampe in InhibitMode 3: Lampe in InhibitMode Hardware 4: Lampe in RestMode 5: Lampe in Emergency Mode 6: Lampe in Extended Emergency Mode 7: Laufender Funktionstest 8: Laufender Autonomietest 9: Laufender Teil-Autonomietest																																							
HS	Zustand der Hardware	0: Hardware-Hemmung aktiv 1: Sperrschalter geschlossen (ON)																																							
FP	Funktionsprüfung	0: Keine Informationen 1: Kein Funktionstest ausstehend 2: Funktionstest steht noch aus																																							
DP	Autonomietest	0: Keine Informationen 1: Kein Autonomietest anhängig 2: Autonomietest steht noch aus																																							
PP	Prüfung der Teilautonomie	0: Keine Informationen 1: Kein Teilautonomietest anhängig 2: Teilautonomietest steht noch aus																																							
CF	Störungen	0: Keine Informationen 1: Keine Störung entdeckt 2: Störung erkannt																																							

Abb. 59. Decodieren des "Converter Status" - DPT 244.600

Das Anzeigesystem muss Folgendes vornehmen:

1. Unverzögliche Meldung von Fehlern oder Unregelmäßigkeiten
2. Verwalten des automatischen und zentralisierten Starts von Funktions- und Autonomietests
3. Erfassen, Aufzeichnen und Anzeigen von Testergebnissen
4. Überprüfen Sie ständig, ob die Kommunikation mit den Gateways ordnungsgemäß funktioniert, und melden Sie alle Probleme, Störungen und Anomalien.

Schließlich ist zu beachten, dass das verwendete Visualisierungssystem ein integraler Bestandteil des automatischen ATS-Prüfsystems ist und daher gemäß den Anforderungen der EN 62034 aufgebaut sein muss.

## Vorteile der KNX/DALI-Architektur

Die Implementierung von Notbeleuchtungslösungen auf Basis der KNX/DALI-Plattform bringt eine Reihe von bedeutenden Funktions- und Installationsvorteilen:

- Aus Sicht der Installation werden die DALI DT1-Notleuchten an die DALI-Segmente angeschlossen, die für die normale Beleuchtung verwendet werden. In der Praxis ist kein spezieller Kommunikationsbus für die Notbeleuchtung erforderlich, was den Verkabelungsaufwand im Gebäude erheblich reduziert;
- Die Anzahl der zu überwachenden Notleuchten ist grundsätzlich nicht begrenzt, jedes KNX/DALI-Gateway kann bis zu 64 Leuchten überwachen, auf der KNX-Seite kann eine unbegrenzte Anzahl von Gateways überwacht werden.
- Es können Notleuchten verschiedener Hersteller verwendet und überwacht werden (sofern sie gemäß der Norm IEC 62386-202 hergestellt werden), so dass die Planung ohne Kompatibilitätsprobleme nach Aspekten wie Notlichtstrom, Autonomie, photometrische Kurve oder sogar Ästhetik erfolgen kann.
- Das Überwachungs- und Visualisierungssystem ist völlig unabhängig von den eingesetzten Leuchten (und Gateways) und kann jederzeit durch andere Systeme modifiziert oder ersetzt werden.

# 6. Konfiguration KNX/DALI

B



### Die wichtigsten Stufen der Konfiguration

Die KNX/DALI-Architektur stellt eine professionelle Lösung für die Gebäudesteuerung dar. Obwohl in den letzten Jahren bedeutende Entwicklungen zur Vereinfachung der Konfiguration vorgenommen wurden, sollte nicht vergessen werden, dass es sich hierbei um eine Technologie handelt, die in der Lage ist, Beleuchtungssysteme in allen Arten von Aktivitäten zu steuern, einschließlich Einrichtungen, in denen ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Leistung erforderlich ist.

Das bedeutet, dass diese Systeme verschiedene Betriebsparameter zur Verfügung stellen, die eingestellt werden können und müssen, um das gewünschte Verhalten zu erreichen. Dieser Vorgang muss von kompetentem Personal durchgeführt werden (Inbetriebnahmetechniker - UNI CEN/TS 17165:2019).

Ein wichtiger Vorteil besteht jedoch darin, dass KNX/DALI-Systeme nur ein einziges Konfigurationswerkzeug verwenden, unabhängig von der Größe der Anlage und den verwendeten Komponenten. Mit der ETS5-Software ist es möglich, sowohl den DALI-Teil zu konfigurieren und damit die Leuchten zu adressieren und zu parametrieren, als auch die Konfiguration der KNX-Sensoren vorzunehmen.

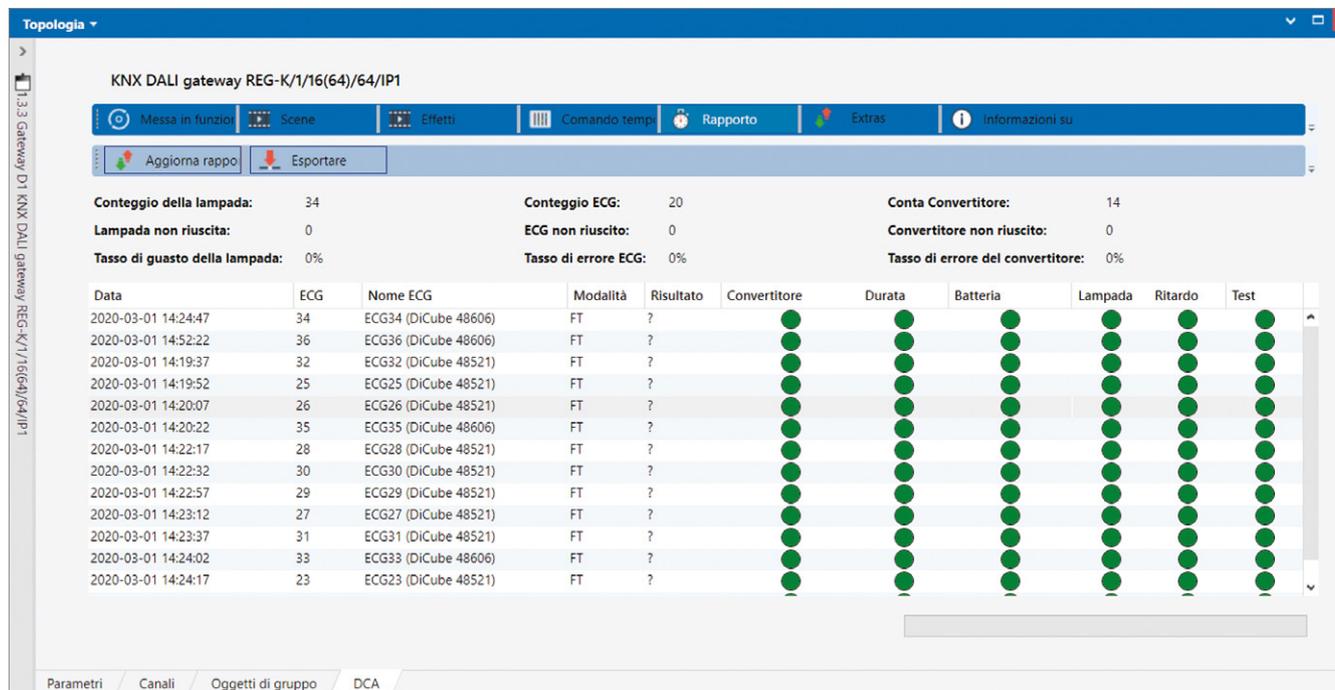


Abb. 60. Konfiguration DALI in ETS5

Der Konfigurationsprozess, der weitgehend offline und damit vor der eigentlichen Inbetriebnahme der Anlage durchgeführt werden kann, folgt in der Regel einem definierten Ablauf:

- Konfiguration der DALI-Segmente unter Verwendung der KNX/DALI-Gateway-Software, einschließlich der Definition der Parameter jeder Leuchte, der Zuweisung der DALI-Kurzadresse und der Definition der Steuergruppen. Diese Tätigkeit hängt nicht davon ab, wie die Lampen gesteuert werden, sondern betrifft nur die Definition der funktionellen Aspekte des Beleuchtungssystems.
- Konfiguration von Sensoren und Handsteuergeräten. In diesem Stadium können funktionale Vorlagen für die verschiedenen Kontrollalgorithmen verwendet werden.
- Definition des Überwachungs- und Kontrollsystems der Anlage.

## 6. Konfiguration KNX/DALI

Die Adressierung von DALI-Leuchten, die notwendigerweise im Feld bei vollständig installiertem System erfolgen muss, folgt dem in der Norm IEC 62386 festgelegten Verfahren, das vom Application Controller Folgendes verlangt:

- Initialisieren Sie die Adressierung der Leuchten mit dem Befehl „Randomize“, der die spontane Generierung einer temporären Zufallsadresse für jede Leuchte bestimmt;
- Identifizieren Sie jede Leuchte (normalerweise im eingeschalteten Zustand), um ihre individuelle DALI-Adresse (Kurzadresse) zuzuweisen.

Erst nach der Vergabe der Kurzadresse ist es möglich, die Betriebsparameter der Leuchte einzustellen und sie in DALI-Gruppen oder -Szenarien zu integrieren.

Die Konfiguration der Beleuchtungsanlage darf sich nicht auf die Einstellung der Betriebsparameter beschränken, sondern muss auch Aspekte der Betriebskontinuität berücksichtigen, d. h. es muss geprüft werden, was passiert, wenn:

- a) Störung eines Gateway KNX/DALI
- b) Der DALI-Bus wird unterbrochen oder kurzgeschlossen
- c) Die KNX-Spannungsversorgung fällt aus oder der KNX-Bus hat ebenfalls einen Kurzschluss.

Alle KNX-Geräte und DALI-Treiber verfügen über Parameter, die, wenn sie richtig konfiguriert sind, die aus diesen Ereignissen resultierende Störung begrenzen.

Zum Beispiel haben DALI-Leuchten einen Parameter, der mit Cmd eingestellt werden kann. 44 **Set System Failure Level**, das festlegt, was der Treiber im Falle eines Fehlers auf dem DALI-Bus tun soll. Standardmäßig ist dieser Parameter auf 100 % eingestellt, was bedeutet, dass die Leuchte bei fehlendem DALI-Anschluss mit dem maximalen Wert eingeschaltet wird. Dieser Parameter kann von Fall zu Fall an die Anforderungen der Installationsumgebung angepasst werden.

In einem Flur, der ein Fluchtweg ist, ist es sicherlich angebracht, dass die Leuchten eingeschaltet werden, aber in anderen Raumtypen kann es sinnvoll sein zu entscheiden, ob und welche Leuchten eingeschaltet werden sollen, während die anderen ausgeschaltet bleiben.

Ebenso ist es offensichtlich, dass bei einer Störung des KNX-Busses die Taster und Sensoren die Leuchten nicht steuern können. Auch hier sind am KNX/DALI-Gateway in der Regel Parameter vorhanden, mit denen das Verhalten der Anlage eingestellt werden kann:

- a) Bei Ausfall der KNX-Kommunikation
- b) Wenn der korrekte KNX-Busbetrieb wiederhergestellt ist

“

Die KNX/DALI-Architektur stellt eine professionelle Lösung für die Gebäudesteuerung dar, mit der Beleuchtungsanlagen in allen Bereichen gesteuert werden können, auch in Einrichtungen, in denen ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Leistung erforderlich ist.

B

#### Kalibrierung von Helligkeitssensoren

Wie in Kapitel B.3. Konstruktion der Sensoren, beschrieben, können an der Decke montierte Lichtsensoren nicht die tatsächliche Beleuchtungsstärke eines Raumes messen, sondern führen eine indirekte Erfassung durch, die auf der Leuchtdichte der Oberfläche unter dem Sensor beruht.

Während der Inbetriebnahmephase ist es daher notwendig, den vom Sensor angezeigten Wert mit einer Luxmeter-Messung zu vergleichen und eventuelle Kompensationsfaktoren in die Konfiguration aufzunehmen.

Eine erste Kalibrierung ist in der Regel ohne natürliches Licht erforderlich, um die korrekte Funktionsweise des Systems unter vollen Betriebsbedingungen zu gewährleisten, und dann, um sein Verhalten bei Tageslicht zu überprüfen.

Die Kalibrierung sollte in einem möglichst endgültigen Funktionszustand durchgeführt werden, d. h. wenn der Raum möbliert und vollständig mit Geräten, Maschinen usw. ausgestattet ist.

Die Kalibrierung sollte dann nach einer gewissen Zeit wiederholt werden, um zu überprüfen, ob die Beleuchtungsanforderungen eingehalten werden oder ob Änderungen an der Gestaltung der Umgebung vorgenommen werden, die die Sensormessung verändern könnten. Wenn die Sensormesswerte vom Überwachungssystem verwendet werden, um z.B. den Fortschritt des Kontrollsystems zu verfolgen, ist es wichtig, dass der Sensor im Laufe der Zeit ein ausreichend konstantes Genauigkeitsniveau beibehält.

Die Analyse der vom Sensor gelieferten Informationen ermöglicht es, die Wirksamkeit des angewandten Kontrollalgorithmus zu überprüfen und gegebenenfalls eine Änderung oder einen anderen Algorithmus vorzuschlagen.

# 7

## Überwachung und Integration des Systems

B

### 7. Überwachung und Integration des Systems

#### Einführung

Die Überwachung einer Gebäudeautomationsanlage ist heute ein Konzept, das sich ständig weiterentwickelt und verändert. Neben dem traditionellen zentralen Datenerfassungs- und Anzeigesystem werden weitere Architekturen verfügbar, darunter auch Cloud-basierte, die in der Regel in spezialisierten Subsystemen organisiert sind, die dank der Tatsache, dass sie ausschließlich mit Standardprotokollen arbeiten, in der Lage sind, einen Teil der Informationen auf höheren Ebenen zu teilen.

Es sollte auch bedacht werden, dass die rasante Entwicklung der IT-Technologien unweigerlich zur Ersetzung, Änderung und Erweiterung des Überwachungssystems führen wird, während die Anlageninfrastruktur über Jahre hinweg bestehen bleiben muss. Es wäre in der Tat nicht hinnehmbar, wenn die technische Entwicklung die Leuchten und alle in den verschiedenen Räumen installierten Komponenten vorzeitig veralten ließe.

Das eigentliche Konzept eines Überwachungssystems beginnt also mit den Daten, den Informationen, die das zu überwachende System generieren oder empfangen und interpretieren können muss, und um diese herum muss dann die Anwendung aufgebaut werden. Wie wir in den folgenden Kapiteln sehen werden, basiert der wirkliche Wert unseres LCS-Systems auf Daten, die verständlich, verfügbar, aufzeichnenbar und dann auch geschützt sein müssen, weil ihr Verlust schädlich ist, aber auch ihr unsachgemäßer Gebrauch Probleme verursachen kann.

#### Funktionelle Parameter

Das LCS-System erfordert nach der korrekten Konfiguration keine weiteren Eingriffe für den korrekten Betrieb. Die in den einzelnen Komponenten hinterlegten automatischen Steuerungen sorgen für eine korrekte Einstellung der Leuchten in den verschiedenen Nutzungszuständen der Räume.

Es ist jedoch vorhersehbar, dass es während der Lebensdauer des Systems notwendig sein kann, einige Funktionsparameter zu ändern, wie zum Beispiel:

- a) Beleuchtungsstärke in einem Raum
- b) Wartezeit der Sensoren
- c) Automatischer/manueller Modus für bestimmte Zonen/Umgebungen

Diese Werte können vom Benutzer direkt über die grafische Überwachungsschnittstelle an die Geräte gesendet werden, ohne dass Änderungen an der Systemkonfiguration erforderlich sind.

B



Abb. 61.  
Wiser for KNX und  
spaceLink für Anzeige und  
Kontrolle

## 7. Überwachung und Integration des Systems

### Wartung des Systems

Ein wichtiger Aspekt von KNX/DALI-Beleuchtungssystemen ist die breite Verfügbarkeit von Daten und Diagnoseinformationen über den korrekten Betrieb der Leuchten und des Systems selbst.



Abb. 62. Anwendungsbeispiel für die Anzeige von DALI-Diagnosedaten

Jedes KNX/DALI-Gateway meldet:

- Funktionsstörungen des Geräts
- DALI-Bus-Fehler

Jede Leuchte signalisiert:

- Fehler im LED-Treiber
- Störung der Lichtquelle
- Ausfall des Wechselrichters im Falle einer Einzelbatterie-Notleuchte
- Betriebsstunden der Leuchte.

Diese Daten stehen als Echtzeitinformationen zur Verfügung, die vom Überwachungssystem eingesehen werden können, können aber gleichzeitig, wenn sie ordnungsgemäß aufgezeichnet werden, eine effektive Wartungsbewertung und -planung ermöglichen.

Es ist bekannt, dass eine effiziente Instandhaltung wesentlich zur Senkung der Betriebskosten eines Gebäudes beiträgt, aber auch zur Aufrechterhaltung des ursprünglichen Energieeffizienznieaus.

Zusätzlich zu den grundlegenden Informationen, die vom KNX/DALI-Gateway bereitgestellt werden, können detaillierte Informationen auch durch Auslesen des internen Speichers von Leuchten, die mit DALI-Treibern ausgestattet sind, die den Gerätetyp 52 - Diagnose & Wartung - implementieren, erfasst werden, der auch nützliche Informationen über den thermischen Zustand der Leuchte oder die Qualität der Stromversorgung liefern kann.

B

#### Messwesen & Gebäudeanalytik

Die Messung des tatsächlichen Energieverbrauchs unseres Beleuchtungssystems ermöglicht es uns, die Wirksamkeit der verschiedenen Konstruktionslösungen und insbesondere der Steuerungsalgorithmen für die Energieeffizienz zu überprüfen.

Die erhaltenen Daten müssen mit den in der Planungsphase angenommenen Daten verglichen werden, und etwaige Abweichungen von den erwarteten Ergebnissen sollten bewertet und untersucht werden, um festzustellen, welcher Faktor der tatsächlichen Anlage von der Planung abweicht. In der Anfangsphase verfügt der Konstrukteur in der Regel nur über wenige Informationen, und vieles davon wird auf der Grundlage empirischer und prädiktiver Kriterien angenommen, die dann später überprüft werden müssen.

Das bedeutet, dass auch festgelegt werden sollte, welche Informationen das System produzieren und zugänglich machen muss, um funktionale Leistungsanalysen zu ermöglichen. Hierfür sind keine zusätzlichen Geräte erforderlich, sondern es reicht aus, die bereits im Projekt enthaltenen Geräte richtig zu konfigurieren.

So können z. B. Sensoren zur tageslichtabhängigen Beleuchtungsregelung periodisch gemessene Beleuchtungsstärkewerte (wie sie von ihrem internen Dimmalgorithmus verwendet werden) oder den Dimmwert von Lampen übertragen. Diese Daten können aufgezeichnet und zu einem späteren Zeitpunkt überprüft werden, vielleicht in Überschneidung mit anderen Trends wie der externen Beleuchtungsstärke.

Es ist nämlich zu bedenken, dass die Daten zum Energieverbrauch allein eine bloße Endbilanz darstellen, eine relativ sterile Information, wenn sie nicht durch Informationen über die Faktoren, die sie bestimmt haben, ergänzt und durch bedingte Elemente, z.B. die tatsächlichen Betriebsstunden der Anlage, das Vorhandensein von Feiertagen, die Witterungsbedingungen usw., vervollständigt werden. Dieser Aspekt wird durch die Norm CEI UNI EN 17267 - „Energiesmess- und -überwachungsplan - Konzeption und Umsetzung“ bestätigt. Grundsätze für die Erhebung von Energiedaten“.



Abb. 63.  
Beispiel eines Sub-Metering für die Beleuchtung

Bei der Konzeption des Submetering-Systems muss die Unterteilung der Anlage in Zonen, Abteilungen oder Räume berücksichtigt werden, um Werte zu liefern, die hinreichend aufgeschlüsselt sind, um spezifische Auswertungen zu ermöglichen, ohne dabei in die Extreme zu gehen, die zu einer übermäßigen Menge an Informationen führen würden, die dann komplex und kostspielig zu analysieren sind.

Es gibt mehrere Lösungen für die Einführung von Unterzählern. KNX-Energiezähler können zur Überwachung des Verbrauchs eingesetzt werden und die Daten über denselben Bus übertragen, der auch für die Anlagensteuerung verwendet wird, was eine effektive Lösung für kleine und mittlere LCS-Systeme darstellt. Bei großen Anlagen kann die Energiemessung direkt in die Stromverteilung integriert werden, wobei Leistungsschalter mit digitalen Schutzrelais mit Messfunktion eingesetzt werden. In diesem Fall werden alle Messwerte auf einer speziellen Plattform (z.B. Modbus) zur Verfügung gestellt, zusammen mit den Messwerten aller anderen Verbraucher.

## 7. Überwachung und Integration des Systems



Abb. 64. Dreiphasen-Messer KNX



Abb. 65. Energiezähler iEM3150 - 3P+N  
Direkte Eingabe 63A  
Modbus

Alternativ werden mit der Markteinführung von DALI-Leuchten, die den Gerätetyp 51 (Energieberichterstattung) implementieren, Informationen direkt von den Leuchten generiert werden und weitere, spezifischere Aggregationen ermöglichen, die die Arbeit des Energiemanagers erleichtern.

Wie wir gesehen haben, produziert das LCS-System neben dem Energieverbrauch während seines normalen Betriebs eine beträchtliche Menge an Informationen, die wichtige Elemente für die Analyse seines Betriebs und Vorschläge für seine Verbesserung liefern können.

Es hat sich gezeigt, dass die Wirksamkeit der Kontrollsysteme auch von den architektonischen Elementen des Gebäudes abhängt, wie z.B. den Öffnungen (Fenster, Schuppen, Kuppeln), den inneren Merkmalen des Raums, die die Elemente bestimmen, die dem Wartungsfaktor zugrunde liegen (Verstaubung der Leuchten, Verfall der Reflexion der Wände usw.). Auch diese Elemente können vom LCS-System in gewisser Weise „gemessen“ und überwacht werden.

Die regelmäßige Analyse dieser Informationen kann eine Reihe von Indikatoren liefern, zum Beispiel:

- In einer bestimmten Umgebung ist das Verhältnis zwischen äußerer und innerer Beleuchtungsstärke, das von einer Wettersonde und internen Sensoren unter Bedingungen ohne künstliche Beleuchtung (z.B. an Feiertagen) gemessen wird, ein nützlicher Indikator für die Effizienz der Öffnungen. Dieses Verhältnis schwankt im Laufe des Jahres oder je nach Witterung, stellt aber dennoch eine bestimmte Leistung des Raums dar.
- Wenn bei der Beleuchtungsplanung ein Wartungsfaktor von 0,8 zugrunde gelegt wurde, ist davon auszugehen, dass die Beleuchtungsstärke bei der ersten Prüfung etwa 20% über der geplanten Beleuchtungsstärke liegt. Ist dies nicht der Fall, sollte die Ursache für diese Abweichung sofort untersucht werden. Unter optimalen Bedingungen sollten die Sensoren korrekt kalibriert sein, um das System auf einen Wert einzustellen, der dem Wartungsfaktor bei fehlendem Tageslicht nahe kommt. Die Aufzeichnung dieser ersten Daten und weitere Aufzeichnungen in Abständen von sechs Monaten oder einem Jahr können den tatsächlichen Wartungsfaktor aufzeigen und es uns ermöglichen, die Wartungs- und Reinigungszyklen auf der Grundlage der tatsächlichen Trends neu zu programmieren.
- In Abwesenheit von natürlichem Licht kann die Beziehung zwischen der internen Beleuchtungsstärke und dem vom Sensor gesendeten Kontrollwert es uns ermöglichen, einen Rückgang der Leistung des Systems oder eine Änderung der Raumaufteilung zu erkennen. Dies sind alle Faktoren der natürlichen Entwicklung und der Änderung der Nutzung einer Umgebung, die den Betrieb unseres LCS stören können, was entweder zu einem erhöhten Energieverbrauch oder sogar zu einer Steuerung führt, die nicht mehr die erforderlichen Beleuchtungsstärken garantiert.
- Es ist möglich, die Anzahl der Ereignisse im Zusammenhang mit der Erkennung der Anwesenheit eines bestimmten Raumes aufzuzeichnen (was bedeuten würde, seinen tatsächlichen Abwesenheitsfaktor  $F_{A1}$  zu bestimmen, auf den in Tabelle A-6 des ersten Teils dieses Handbuchs Bezug genommen wird), unabhängig von dem tatsächlich angewandten Kontrollalgorithmus, um die Wirksamkeit einer funktionellen Änderung des Systems zu bewerten. Das heißt, diese Daten ermöglichen es uns, echte Simulationen durchzuführen, ohne das System unbedingt zu verändern.

Gegebenenfalls kann der Instandhalter oder Energiemanager diese Datensätze mit „Leistungsindizes“ verknüpfen und Schwellenwerte festlegen, deren Überschreitung vom System gemeldet werden kann<sup>(86)</sup>.

Diese Aufzeichnungen müssen nicht notwendigerweise kontinuierlich und in jeder Umgebung erfolgen, sondern sollten in einem Analyseplan festgelegt werden, der durch die Bestimmung eines oder mehrerer Probenräume und spezifischer Zeitabstände für jede dieser Proben die Durchführung vereinfacht.

Es sollte bedacht werden, dass diese Art der Analyse der vom System erzeugten Daten Teil der in der EN 15232 geforderten und für die Erreichung der Leistungsklasse A notwendigen Aktivitäten des technischen Gebäudemanagements (TBM) ist.

In mittelgroßen bis großen Gebäuden kann schon eine kleine Änderung der Steuerungslogik eines Raumes zu wichtigen Ergebnissen führen, wenn sie auf das gesamte Gebäude ausgedehnt wird.

(86) Dieser Aspekt führt uns allmählich an die wahrscheinlich nächste Generation von Überwachungsgeräten und -systemen heran, die mit Hilfe von Algorithmen des maschinellen Lernens in der Lage sein werden, die Leistung eines Systems selbständig zu bewerten und Abweichungen, Abweichungen und Anomalien, die im Laufe der Zeit unweigerlich auftreten, spontan zu erkennen.



# 8

## Projektverfahren

B



## 8. Projektverfahren

### Einführung

Wir haben gesehen, dass die Entwicklung eines LCS-Systems einem 6-Punkte-Prozess folgt. Dieser Ansatz ist unabhängig von der Art des Gebäudes, Schulen, Industrie, Büros usw., und auch unabhängig von der Größe der Anlage, ob es sich um die Steuerung von einigen Dutzend oder mehreren Tausend Leuchten handelt.

Step	
1	Beleuchtungsplanung (normale/dekorative Beleuchtung/Notbeleuchtung)
2	Dimensionierung des DALI-Netzes
3	Definition der DALI-Kontrollgruppen Auswahl des Kontrollalgorithmus für jede Gruppe
4	Auswahl der Sensoren
5	Dimensionierung des KNX-Netzwerks
6	Definition des Zubehörs (Überwachung, Messung, usw.)

B

Dieser modulare Aufbau ergibt sich weitgehend aus den Eigenschaften der KNX/DALI-Architektur und damit aus der funktionalen Trennung der Komponenten.

Die Leuchten und das DALI-Netzwerk bilden zusammen eine digitale Lichtinfrastruktur, die unabhängig von Betriebs- und Steuerungskriterien ist.

Die Sensorik bestimmt die Funktionslogik unseres Systems, die unabhängig von der Gestaltung der Beleuchtungsanlage, d.h. der Anzahl oder Art der Leuchten und der Gestaltung der DALI-Segmente, ist. Das KNX-Netzwerk ermöglicht die Kommunikation und den effektiven Betrieb all dieser Elemente.

Auf den folgenden Seiten werden wir diese 6 Punkte näher betrachten.



Dieses Konzept ist unabhängig von der Art des Gebäudes (Schulen, Industrie, Büros usw.) und auch unabhängig von der Größe der Anlage, d. h. ob einige Dutzend oder mehrere Tausend Leuchten gesteuert werden sollen.

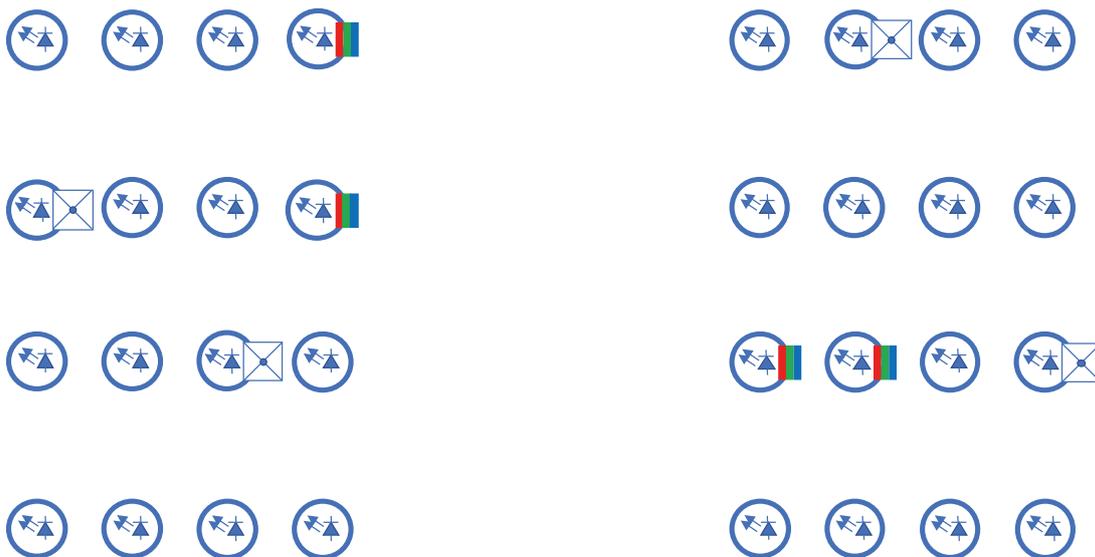
## 8. Projektverfahren

### Step 1

#### Projekt Beleuchtungstechnik

Die Beleuchtungsplanung muss möglichst alle im Gebäude vorhandenen Beleuchtungsarten berücksichtigen, also auch Notbeleuchtung, dekorative Anwendungen, Beleuchtung von Außenbereichen usw.

B



Am Ende des Bemessungsprozesses müssen die technischen Spezifikationen für die Leuchten erstellt werden, die neben den photometrischen Aspekten auch vollständige Angaben zu folgenden Punkten enthalten müssen:

- DALI oder DALI2 Protokoll Version
- Anzahl der Treiber, die in der Leuchte vorhanden sind
- Gerätetyp erforderlich

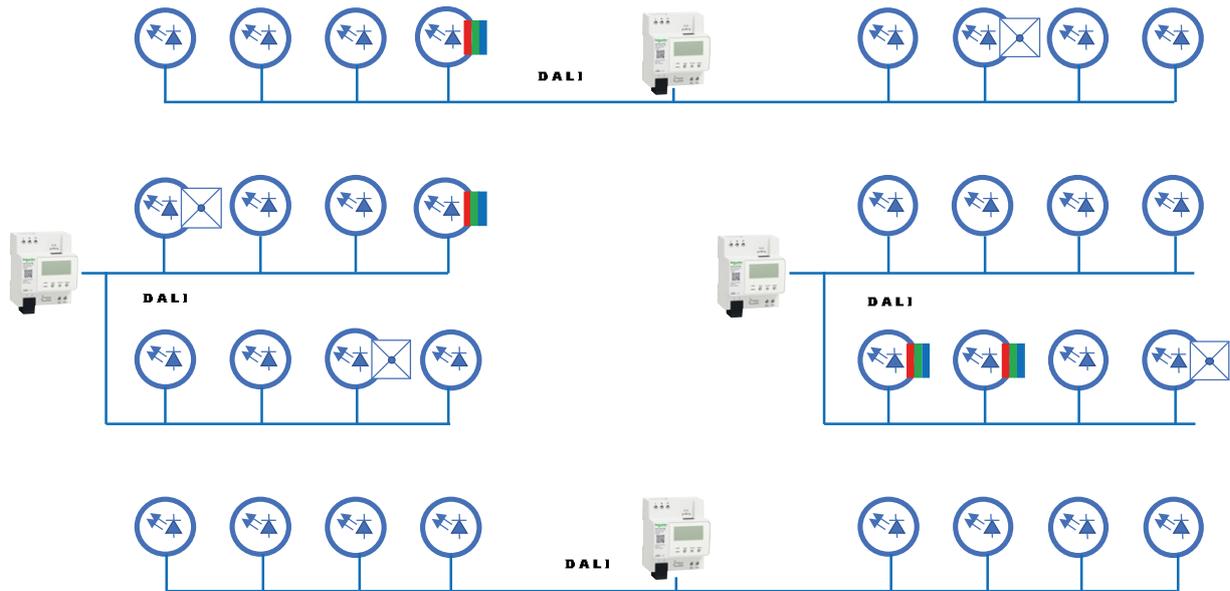
Diese Informationen können in die Projektspezifikation aufgenommen werden.

## 8. Projektverfahren

### Step 2

#### Dimensionierung des Networks DALI

In diesem Stadium werden die DALI-Busanschlüsse durch Gruppierung auf maximal 64 Lampen pro DALI-Linie dimensioniert. Die Leuchten werden den einzelnen Segmenten zugeordnet, wobei Aspekte wie die Einhaltung der Bus-Grenzlängen, die Verlegung der elektrischen Leitungen usw. Vorrang haben. Die Leuchten in einem Raum müssen nicht unbedingt an denselben Bus angeschlossen sein.



Jedes DALI-Segment sollte eine ausreichende Anzahl von freien Adressen enthalten, um spätere Änderungen und Erweiterungen des Systems zu ermöglichen.

B

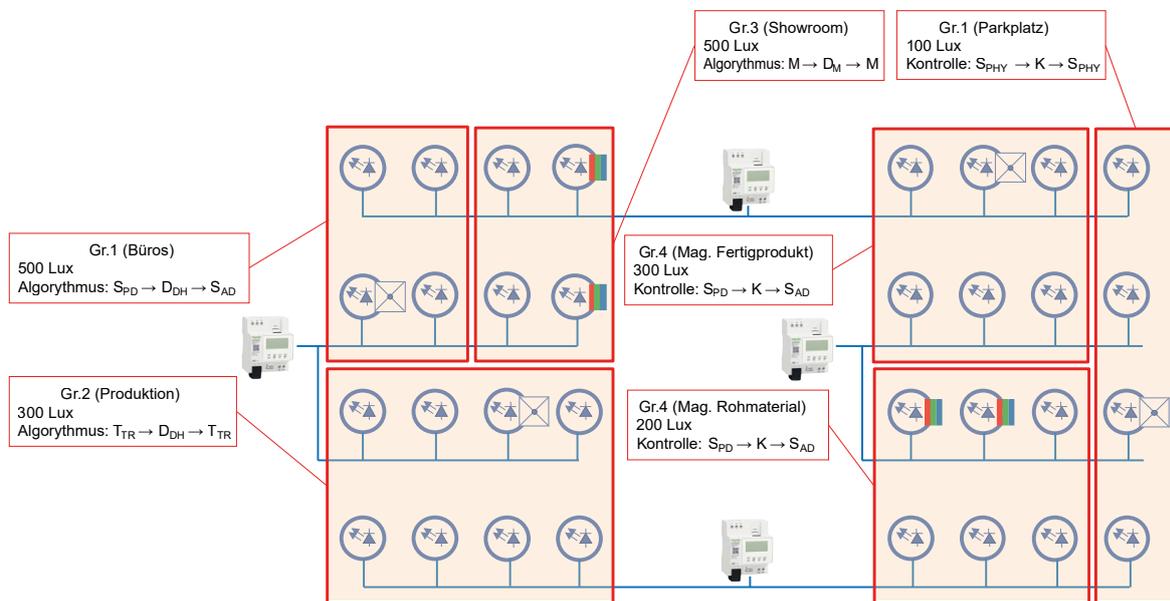
### Step 3

#### Wahl des Kontrollalgorithmus

Für jeden Raum oder jede Zone im Gebäude wird ein Regelungsalgorithmus gewählt, der die Merkmale berücksichtigt, die seine Energieeffizienz beeinflussen:

- Instandhaltungsfaktor
- Beleuchtungsstärke
- Abwesenheitsfaktor
- Verfügbarkeit von natürlichem Licht

B



Bei der Wahl der verschiedenen Steuerungsalgorithmen können in diesem Stadium Energieeffizienzfaktoren berücksichtigt werden, wie in einigen praktischen Beispielen in Anhang A gezeigt wird.

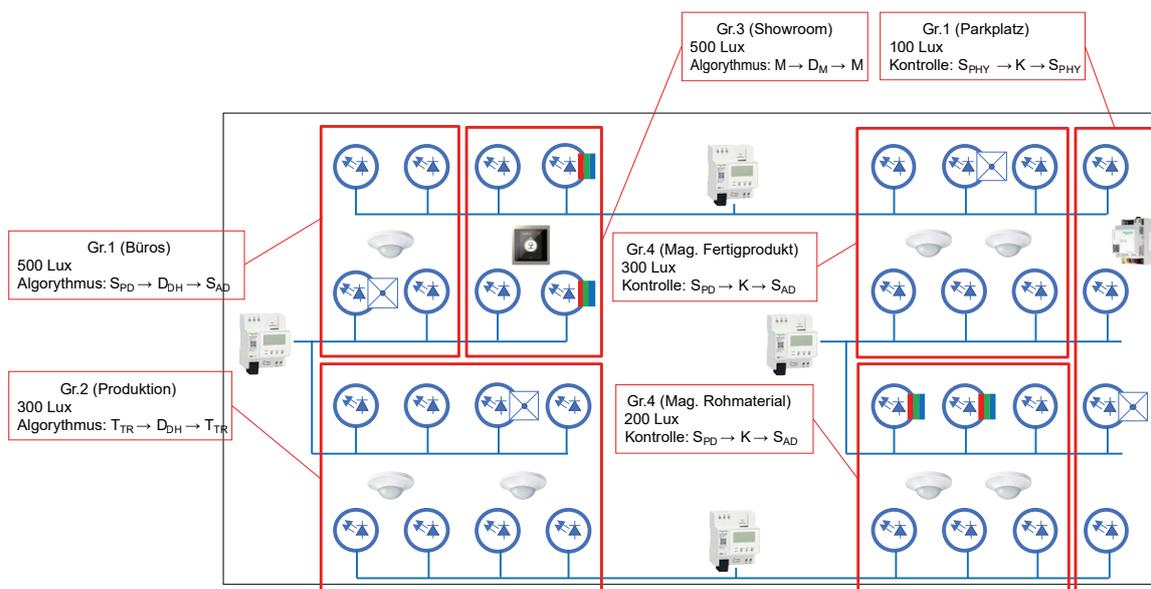
## 8. Projektverfahren

### Step 4

#### Dimensionierung der Sensoren

Auf der Grundlage der für jeden Raum gewählten Algorithmen wird die Art und Anzahl der zu installierenden Sensoren ausgewählt. Es müssen Sensoren verwendet werden, die in der Lage sind, die geforderte Funktionalität korrekt umzusetzen.

Anhand der Merkmale der Umgebung müssen die Anzahl und der richtige Standort bestimmt werden.



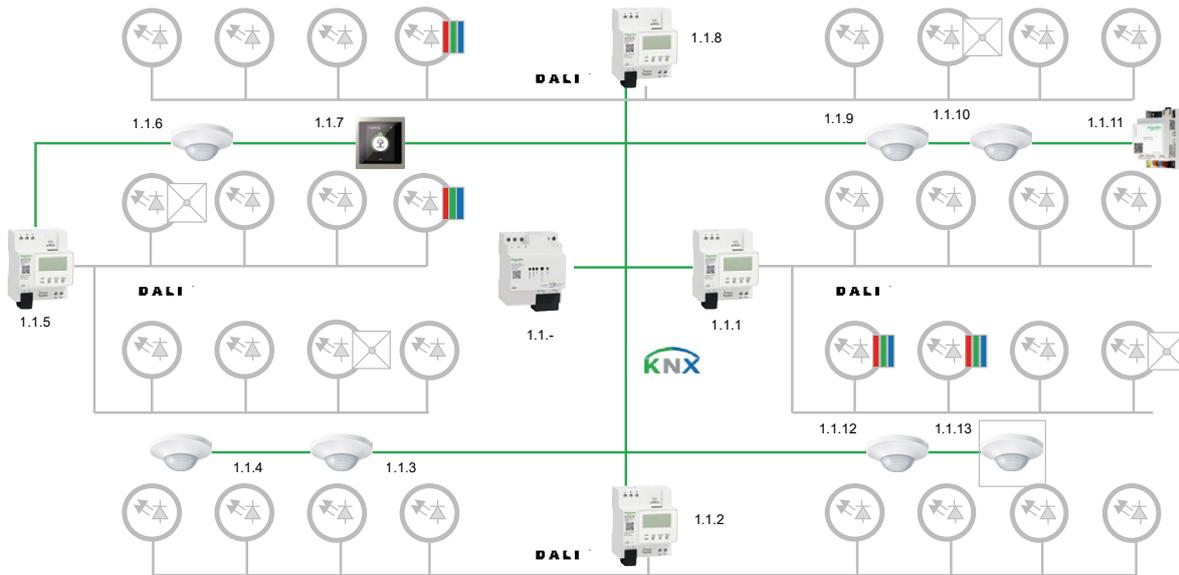
Manuelle Bedienelemente wie Tasten, Selektoren, Touchscreens usw. müssen in diesem Stadium ebenfalls definiert werden.

B

Step 5

Dimensionierung des Networks KNX

Unter Berücksichtigung der im vorigen Punkt angenommenen Anzahl von Geräten ist es nun möglich, das KNX Netzwerk nach den allgemeinen Regeln für die Dimensionierung dieser Systeme zu dimensionieren. Wenn die Anzahl der KNX-Geräte auf 64 pro Linie begrenzt ist, ist es in der Regel nicht notwendig, den Stromverbrauch zu überprüfen und die Stromversorgung zu dimensionieren. Die Topologie des Systems sollte mit der Architektur des Gebäudes übereinstimmen und mögliche Systemerweiterungen mit einbeziehen.



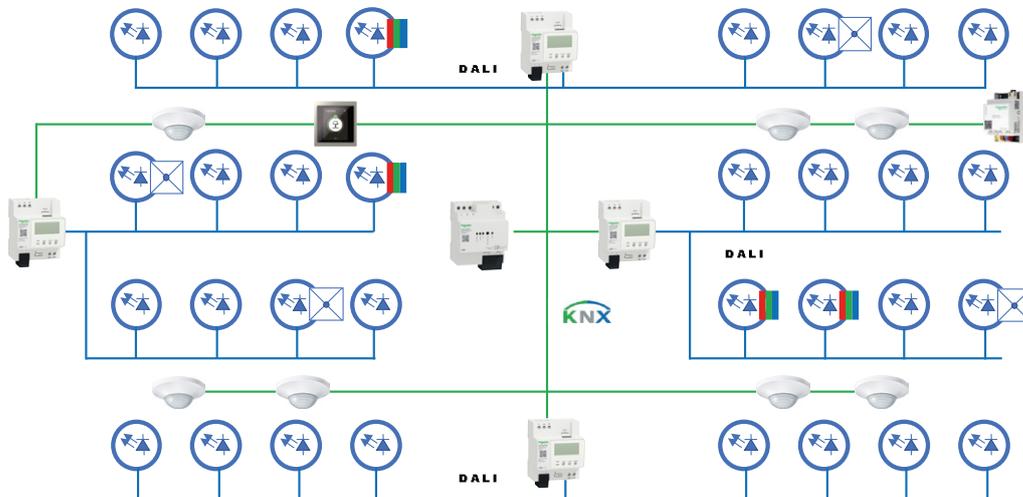
Auf der Grundlage der sich aus dem Entwurf ergebenden Topologie müssen die Systemgeräte, d. h. Netzteile und Koppler, ausgewählt werden.

Step 6

Definition der Zubehörteile

Das LCS ist nun mit allen Komponenten ausgestattet, die für die Umsetzung der Entwurfsmöglichkeit erforderlich sind. Die folgenden Punkte müssen noch definiert werden:

- Modus der Energiemessung und damit die Sub-Metering-Lösung;
- Überwachungs- und Kontrollsystem



Die Lösung sollte es dem Benutzer zum Beispiel ermöglichen:

- Die Möglichkeit, einige Funktionsparameter zu ändern (z. B. Sollwert der Raumbeleuchtung, Wartezeit des Sensors usw.).
- Signalisierung von Systemfehlern und Anomalien
- Wenn die Anlage auch eine Notbeleuchtung umfasst, muss ein System zur Überwachung und Verwaltung der regelmäßigen Tests eingerichtet werden.

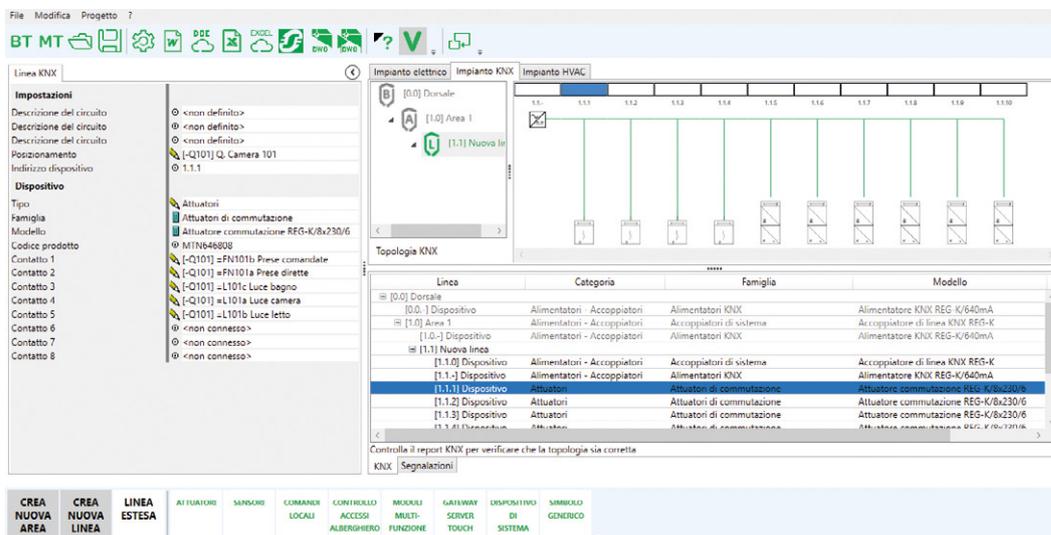
## 8. Projektverfahren



### Dokumentation des Projekts

Die Projektdokumentation für elektrische Anlagen bezieht sich im Allgemeinen auf die Norm CEI 0-2 und wird im Fall von HBES-Anlagen durch die im Leitfaden CEI 205-14 aufgeführten Dokumente ergänzt, der die folgenden spezifischen Dokumente enthält:

- a) Vorläufiger Entwurf
  - Liste der mit dem Kunden vereinbarten Dienstleistungen
  - Überblick über die Funktionen
  - Zeitplan
  - Wirtschaftliche Schätzung
- b) Abschluss-/Ausführungsprojekt
  - Technischer Bericht
  - Logisches Diagramm
  - Anschlussplan
  - Planimetrisches Diagramm
  - Liste der Komponenten und Anschlüsse
- c) Installationsunterlagen
  - Beschreibung des HBES-Betriebs
  - Anweisungen zur Konfiguration
  - Testspezifikationen
- d) Dokumente für Endnutzer
  - Abschließende Projektdokumentation
  - HBES Benutzerhandbuch
  - ETS5 -Konfigurationsdatei



Für die Ausarbeitung der KNX Projektdokumente kann die in der Elektroplanungssoftware IProject 6.1 integrierte Funktionalität genutzt werden.

I-Project 6.1 bietet dem Planer die Möglichkeit, die gesamte KNX Installation in sein Schaltschrankprojekt zu integrieren. Auf diese Weise werden Gebäudeautomationsprojekte entwickelt, die sowohl den elektrischen Teil als auch die KNX-Automatisierung berücksichtigen, sowohl bei der Erstellung des Blockschaltbildes als auch der Frontplatte.

Nach dem Anlegen des Projekts in I-Project 6.1 stehen sofort das CAD aller verwendeten KNX-Komponenten, die Anschlusspläne und die Funktionstabelle mit Angaben zu den verwendeten Produktcodes, den Kanälen zugeordneten Funktionen und den Angaben zu den verwendeten Installationsräumen (z.B. die Namen der Schaltschränke) zur Verfügung.



## Inhalt Anhang

Einführung	124
Übersichtstabelle für Kontrollalgorithmen	126
1. Manuelle Steuerung ON/OFF	127
2. Manuelle Steuerung mit zeitgesteuerter Abschaltung	128
3. Manuelles EIN und AUS mit Abwesenheitssensor	129
4. Manuelles EIN und AUS mit Abwesenheitssensor und Helligkeitsschwelle	130
5. Automatisches EIN/AUS mit Tageslichtnutzung (Daylight Harvesting)	131
6. Manuell EIN, AUS über Abwesenheitssensor	132
mit Daylight Harvesting (Regulierung)	132
Überlegungen	133
7. Anwesenheitskontrolle in der Industrie	134
8. Algorithmus für ein Krankenhauszimmer	137

In Kapitel B.3 dieses Leitfadens wurde das Konzept der Beleuchtungssteuerungsalgorithmen vorgestellt und es wurde gezeigt, wie diese vom Planer ausgewählt werden müssen, um das Design des LCS-Systems zu realisieren, wobei Geräte wie Sensoren, Drucktasten usw. eingesetzt werden. In diesem Anhang werden die Funktionsbeschreibung und die Leistung einiger Beleuchtungssteuerungsalgorithmen angegeben, von denen einige sehr einfach sind und andere als Beispiele für die Anpassung an den jeweiligen Kontext dienen.

Hinsichtlich der **Energieeffizienz** ist es interessant zu sehen, dass ein Algorithmus an sich nicht besser oder schlechter ist als ein anderer; der Leistungsunterschied ergibt sich allenfalls aus der Zweckmäßigkeit seiner Verwendung in einer bestimmten Art von Umgebung. Es ist also die Art des Raumes mit seiner besonderen Nutzungsart, die die Effizienz und Effektivität der Steuerungslösung charakterisiert und diejenigen bestraft, die nicht in der Lage sind, die Effizienzfaktoren des Raumes auszunutzen.

Zur Erinnerung, in diesem Handbuch werden die Aspekte, die sich auf die Komponenten beziehen, die eng mit dem Steuerungssystem verbunden sind, eingehend behandelt. Jedoch hängt der Gesamtwirkungsgrad  $e_L$  auch von dem Faktor  $e_{L,ES}$  ab, der von der Leistung der Leuchte abhängt.

$$e_L = (e_{L,C} \cdot e_{L,O} \cdot e_{L,D}) \cdot e_{L,ES}$$

Die Energiebewertung für jeden beschriebenen Algorithmus wird dann für bestimmte Arten von Umgebungen und Anwendungen durchgeführt, die jeweils durch spezifische Faktoren gekennzeichnet sind. Es obliegt dem Konstrukteur, von Fall zu Fall die Eignung und Wirksamkeit der zu wählenden Kontrolllösung zu beurteilen.

Typische Umgebungen	Projektdaten				
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-

Zeichenerklärung:  
 MF: Instandhaltungsfaktor  
 F<sub>A</sub>: Abwesenheitsfaktor (Tabelle A -6 - Kap. A.2 - Seite 26)  
 E<sub>m</sub>: Mittlere Bemessungsbeleuchtungsstärke (Lux)  
 Tageslicht: Verfügbarkeitsniveau natürliches Licht (Tabelle A -9 - Kap. A.2 - Seite 29)  
 t<sub>Day</sub>/t<sub>Tot</sub>: Verhältnis zwischen Tageszeit und Nutzungsgesamtzeit. (Tabelle A -12 - Kap. A.2 - Seite 30)

Bei der Auswahl eines Steuerungsalgorithmus sollte immer auch der Nutzungskomfort berücksichtigt werden, d.h. die Fähigkeit des Algorithmus, den Betrieb der Beleuchtungsanlage in Übereinstimmung mit der Nutzung der Räume zu gewährleisten.

## Einführung

Dieser Aspekt, der keineswegs zweitrangig ist, sollte unter zwei Gesichtspunkten bewertet werden:

- a) Funktionaler Komfort, d.h. die Möglichkeit, Handlungen auszuführen, die sonst vom Benutzer (egal ob mit einem Knopf oder einem Smartphone) ausgeführt werden müssten, was die funktionale Innovation des Systems, die echte Automatisierung, darstellt.
- b) Die geringere Auswirkung der Automatisierung, d.h. die Möglichkeit, Anpassungen und Änderungen am System vorzunehmen, die vom Benutzer nicht als negativ empfunden werden, und somit ihre Funktion zu erfüllen, ohne den Benutzerkomfort zu beeinträchtigen.

In den folgenden Beispielen wird dies durch ein Symbol dargestellt:

	Neutral: Der Algorithmus verändert das Verhalten einer herkömmlichen Anlage nicht wesentlich, der Nutzer sieht keinen nennenswerten Vorteil.
	Negativ: Die Automatisierung führt störende Elemente ein, erfordert einen Benutzerakzeptanzprozess oder ist in einer bestimmten Anwendung nicht verwendbar.
	Positiv: Die Automatisierung erleichtert und vereinfacht die Tätigkeit des Benutzers, Anpassungen werden bei der normalen Tätigkeit nicht wirklich wahrgenommen.

C



Unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz ist es interessant festzustellen, dass ein Algorithmus an sich nicht besser oder schlechter ist als ein anderer, der Leistungsunterschied ergibt sich allenfalls aus der Zweckmäßigkeit seiner Verwendung in einer bestimmten Art von Umgebung.

### Übersichtstabelle für Kontrollalgorithmen

ANLAGENAKTIVIERUNG		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>M</b>	Manuell	Z.B. Druckknopf, Schalter, Smartphone
<b>S<sub>PD</sub></b>	Sensor (Anwesenheitserfassung)	der Sensor aktiviert das System, indem er die Anwesenheit von Personen erkennt
<b>S<sub>PHY</sub></b>	Sensor für physikalische Größen	z.B. Dämmerungssensor
<b>T<sub>SC</sub></b>	Uhr (Scheduler)	z.B. Timer mit täglicher oder wöchentlicher Programmierung
<b>T<sub>AL</sub></b>	Prädiktiver Algorithmus	Algorithmus, der selbständig bestimmen kann, wann das System aktiviert werden muss

STEUERUNG UND REGELUNG (LICHTSTROM)		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>K</b>	Konstante	Der Lichtstrom wird in keiner Weise verändert
<b>K<sub>CLO</sub></b>	Konstante mit Funktion CLO	Der Lichtstrom wird so geregelt, dass er konstant bleibt, wobei der Rückgang der Lichtquelle durch die im Leuchentreiber integrierte CLO-Funktion (Constant Lumen Output) kompensiert wird.
<b>D<sub>M</sub></b>	Manuell eingestellt (gedimmt)	Z.B. Taste, Schieberegler, Smartphone
<b>D<sub>DH</sub></b>	Automatisch an das Tageslicht angepasst (Daylight Harvesting)	Erfordert einen Umgebungslichtsensor
<b>S<sub>DH</sub></b>	Automatische Umschaltung je nach Tageslicht	Umgebungslichtsensor, der im Schaltmodus arbeitet
<b>LC<sub>PD</sub></b>	Änderung des Sollwerts oder des Flussniveaus aufgrund der Anwesenheit von Personen	Ein Raum, in dem die Beleuchtungsstärke (oder der Lichtstrom) in Abhängigkeit von der Anwesenheit von Personen verändert wird. Das System liefert zum Beispiel routinemäßig eine Beleuchtungsstärke von 500 lx, die auf 250 lx reduziert wird, wenn kein Personal anwesend ist.
<b>LC<sub>TSC</sub></b>	Änderung des Sollwerts oder der Durchflussmenge auf der Grundlage eines Zeitprogramms	Wie bei der vorigen Variante, aber der Wechselvorgang wird durch einen Zeitgeber gesteuert. So wird beispielsweise die Außenbeleuchtung in der Nacht gegenüber dem Nennwert reduziert.

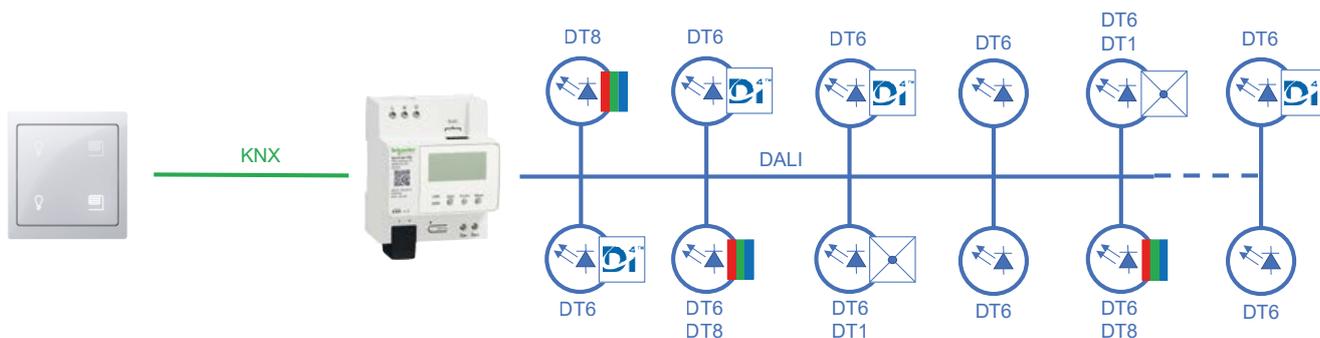
STEUERUNG UND REGELUNG (FARBSTEUERUNG)		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>C<sub>TC</sub></b>	ColourType Tc, Kontrolle Temperatur Farbe	Regulierungsverlauf
<b>C<sub>xy</sub></b>	ColourType XY, Farbsteuerung auf der Grundlage von Farbkoordinaten	Regulierungsverlauf
<b>C<sub>RGB</sub></b>	ColourType RGBWAF, Farbsteuerung auf RGBWAF-Kanälen	Regulierungsverlauf

SYSTEMABSCHALTUNG		
Ref.	Beschreibung	Anmerkungen
<b>M</b>	Manuell	Z.B. Druckknopf, Schalter, Smartphone
<b>S<sub>AD</sub></b>	Sensor (Absence Detection)	Der Sensor deaktiviert das System, wenn er die Anwesenheit von Personen nicht mehr erkennt
<b>S<sub>PHY</sub></b>	Sensor für physikalische Größen	z.B. Dämmerungssensor
<b>T<sub>SC</sub></b>	Uhr (Scheduler)	Bsp. Timer mit täglicher oder wöchentlicher Programmierung
<b>T<sub>TR</sub></b>	Timer	z.B. Treppenhauslichtfunktion, unabhängig von der Anwesenheit von Personen
<b>T<sub>AL</sub></b>	Prädiktiver (voraussagender) Algorithmus	Algorithmus, der selbstständig die Abschaltung bestimmen kann

# 1. Manuelle Steuerung ON/OFF

(M → K → M)

Der erste betrachtete Algorithmus ist die einfache und traditionelle manuelle Steuerung. Wir gehen notwendigerweise von diesem Punkt aus, vor allem, um anschließend die Effizienzfaktoren mit denen anderer automatischer Kontrollalgorithmen vergleichen zu können.



Obwohl die Funktionsweise mit der eines herkömmlichen analogen Schalters identisch ist, handelt es sich um ein digitales Steuersystem. Mit einer einfachen Änderung der Konfiguration kann es jederzeit den Steuerungsmodus ändern oder durch Hinzufügen weiterer KNX-Geräte um die Automatisierung erweitert werden.

## Energieeffizienz

Dieser Steuerungsmodus hat offensichtlich eine schlechte Energiebilanz, insbesondere in Umgebungen, in denen eine Automatisierung das System effizienter machen würde, z.B. wenn die Verfügbarkeit von natürlichem Licht nicht vernachlässigt werden kann (z.B. Einzelbüro oder Klassenzimmer).

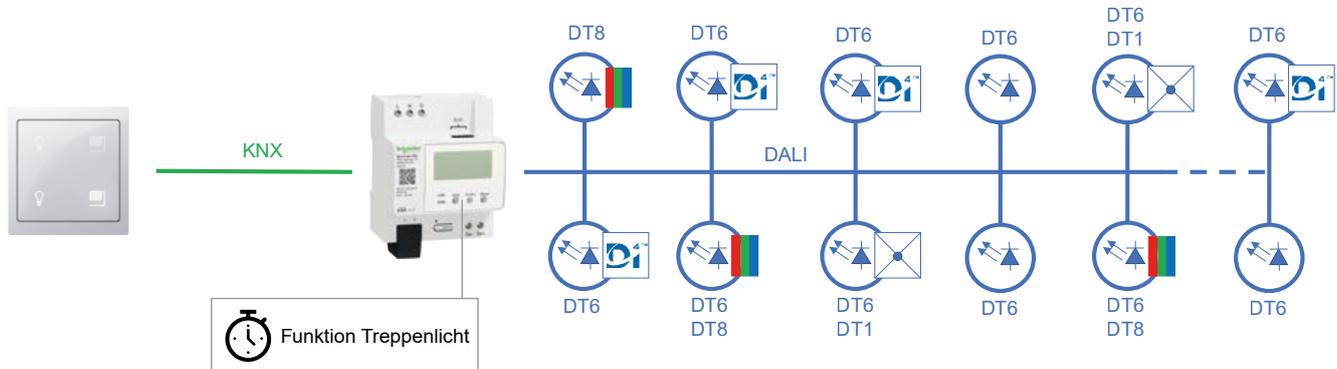
Typische Umgebungen	Projektdaten				Effizienzfaktoren					Komfort
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>	e <sub>L,c</sub>	e <sub>L,o</sub>	e <sub>L,d</sub>	e <sub>L</sub>	
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9	1,11	1,33	2,92	<b>4,31</b>	☹️
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9	1,11	1,27	2,29	<b>3,23</b>	☹️
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9	1,11	3,00	1,70	<b>5,66</b>	☹️
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6	1,11	1,50	1,42	<b>2,36</b>	☹️
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62	1,18	1,00	1,53	<b>1,81</b>	☹️
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62	1,14	1,33	1,32	<b>2,00</b>	☹️
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-	1,14	2,00	1,00	<b>2,28</b>	☹️

## C Algorithmen zur Beleuchtungssteuerung

### 2. Manuelle Steuerung mit zeitgesteuerter Abschaltung

(M → K → T<sub>TR</sub>)

Dieses zweite Beispiel verwendet immer noch eine manuelle Aktivierung, führt aber einen automatischen Abschaltmechanismus ein, der in diesem Fall auf einer im Aktuator voreingestellten Zeit basiert.



Die Komponenten ändern sich nicht, es genügt, das KNX/DALI-Gateway zu konfigurieren, um diese Funktionalität mit den entsprechenden Parametern zu aktivieren:

- Wartezeit
- Ausschaltmeldung
- Rückstellung bei Einschaltung

Dieser Kontrollmodus eignet sich natürlich für den Einsatz in Durchgangsbereichen und sicherlich nicht an Orten, an denen sich Menschen aufhalten sollen.

Dieser Algorithmus emuliert die traditionelle Zeitsteuerung, die seit langem in herkömmlichen Systemen verwendet wird.

## Energieeffizienz

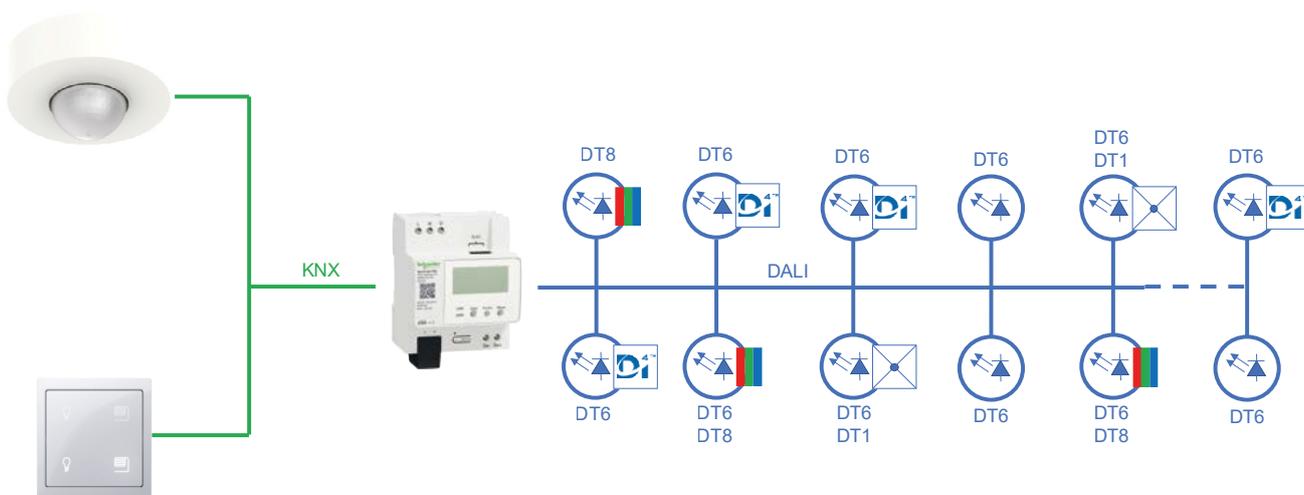
Typische Umgebungen	Projektdaten					Effizienzfaktoren				Komfort
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>	e <sub>L,c</sub>	e <sub>L,o</sub>	e <sub>L,d</sub>	e <sub>L</sub>	
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9				<b>N/A</b>	-
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9				<b>N/A</b>	-
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9	1,11	2,50	1,70	<b>4,72</b>	☹️
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6				<b>N/A</b>	-
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62				<b>N/A</b>	-
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62	1,14	1,25	1,32	<b>1,88</b>	☹️
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-	1,14	1,75	1,00	<b>2,00</b>	☹️

### 3. Manuelles EIN und AUS mit Abwesenheitssensor

$$(M \rightarrow K \rightarrow S_{AD})$$

Dieser Steuermodus ist dem vorherigen sehr ähnlich, verwendet jedoch die Abwesenheitserkennung anstelle einer voreingestellten Zeit, um das System zu deaktivieren. Es eignet sich daher sowohl für den Einsatz in vorübergehenden Umgebungen als auch für Orte, an denen sich Menschen über einen längeren und in jedem Fall nicht konstanten Zeitraum aufhalten können.

Unter einem „Abwesenheitssensor“ ist ein Sensor zu verstehen, der die Anwesenheit von Personen erkennt und beim Betreten des Raums keinen Befehl auslöst, sondern das System nach Abschluss der Erkennung deaktiviert.



Natürlich kann der Benutzer das System auch manuell ausschalten, indem er die Taste drückt, mit der es aktiviert wurde. Der Sensor hat die Funktion der automatischen Deaktivierung bei Abwesenheit von Personen.

### Energieeffizienz

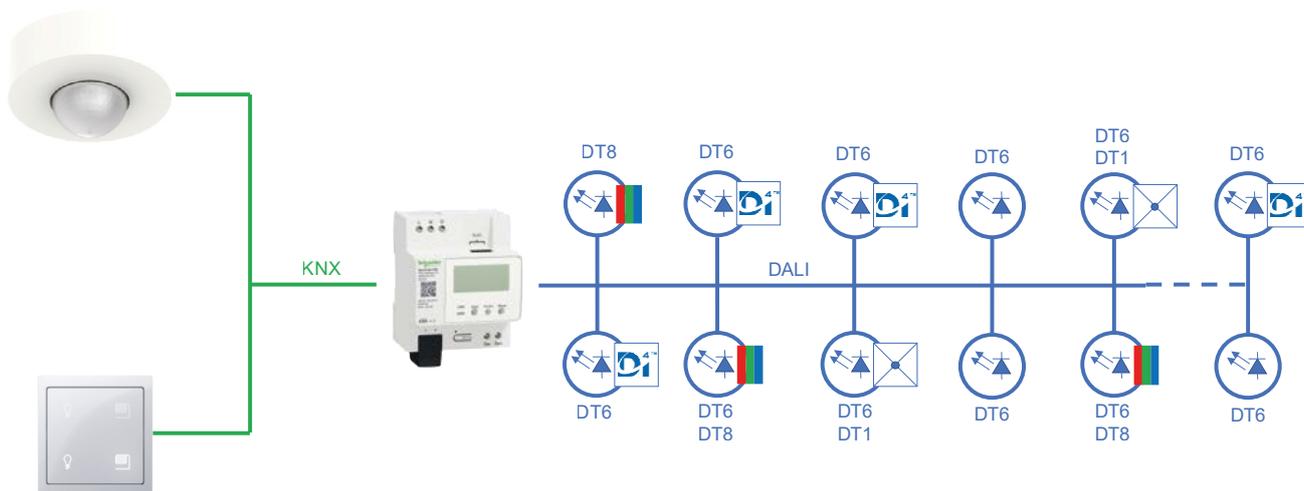
Typische Umgebungen	Projektdaten				Effizienzfaktoren					Komfort
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>	e <sub>L,C</sub>	e <sub>L,O</sub>	e <sub>L,D</sub>	e <sub>L</sub>	
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9	1,11	1,00	2,92	<b>3,24</b>	😊
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9	1,11	1,00	2,29	<b>2,54</b>	😊
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9	1,11	1,00	1,70	<b>1,89</b>	😊
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6	1,11	1,00	1,42	<b>1,58</b>	😊
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62	1,18	1,00	1,53	<b>1,81</b>	😐
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62	1,14	1,00	1,32	<b>1,50</b>	😊
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-	1,14	1,00	1,00	<b>1,14</b>	😞

## C Algorithmen zur Beleuchtungssteuerung

### 4. Manuelles EIN und AUS mit Abwesenheitssensor und Helligkeitsschwelle

$$(M \rightarrow S_{DH} \rightarrow S_{AD})$$

Im Vergleich zum vorherigen Fall schaltet dieser Algorithmus die Beleuchtung sowohl aus, wenn keine Personen mehr anwesend sind, als auch, wenn bei Anwesenheit von Personen eine Beleuchtungsstärke erreicht wird, die über dem Sollwert liegt.



Nach EN 15193-1 entspricht dieses System einem Typ II DRCS (Tabelle A -10), wenn er eine automatische Reaktivierung vorsieht, wenn die natürliche Beleuchtung nicht mehr ausreicht, oder Typ IV, wenn die Reaktivierung eine manuelle Steuerung erfordert. In diesem Fall wurde ein DRCS des Typs IV in Betracht gezogen.

Das vollständige Ausschalten einer Beleuchtungsanlage, wenn die Umgebungshelligkeit durch die natürliche Lichtzufuhr Werte erreicht hat, die über dem Sollwert liegen, führt im Allgemeinen dazu, dass der Mensch eine plötzliche Verringerung des Lichts wahrnimmt, die subjektiv als unzureichend empfunden wird, zumindest bis sich das Auge an den neuen Wert gewöhnen konnte. Obwohl der Sollwert immer eingehalten wird, wird dieser Algorithmus in manchen Anwendungen nicht geschätzt.

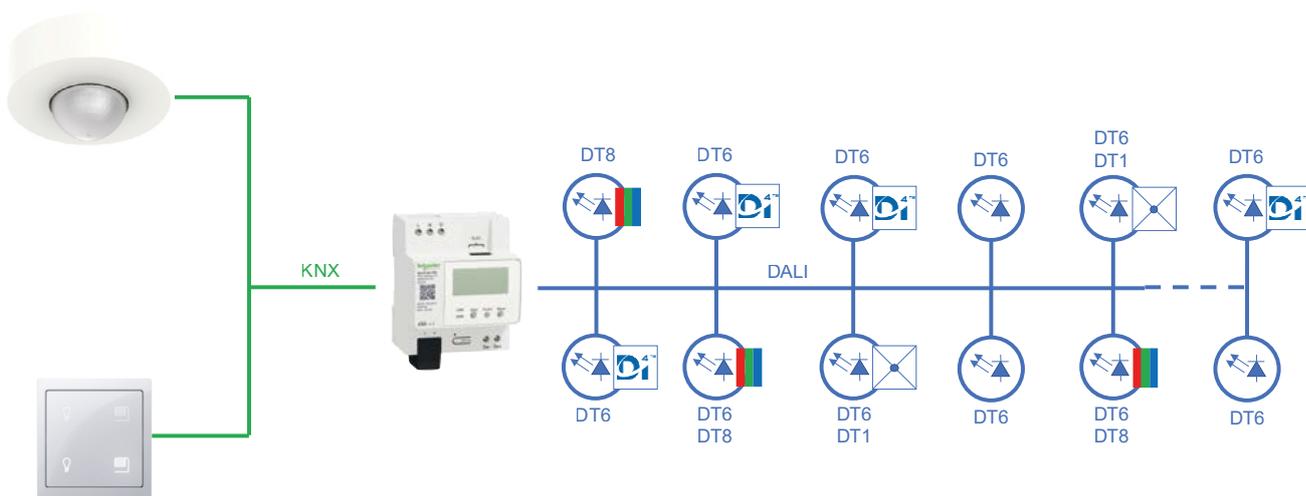
## Energieeffizienz

Typische Umgebungen	Projektdaten				Effizienzfaktoren					Komfort
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>	e <sub>L,c</sub>	e <sub>L,o</sub>	e <sub>L,d</sub>	e <sub>L</sub>	
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9	1,11	1,00	2,07	<b>2,30</b>	☹️
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9	1,11	1,00	1,64	<b>1,82</b>	☹️
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9	1,11	1,00	1,49	<b>1,65</b>	😐
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6	1,11	1,00	1,28	<b>1,42</b>	☹️
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62	1,18	1,00	1,29	<b>1,52</b>	☹️
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62	1,14	1,00	1,22	<b>1,39</b>	😊
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-	1,14	1,00	1	<b>1,14</b>	☹️

### 5. Automatisches EIN/AUS mit Tageslichtnutzung (Daylight Harvesting)

$$(S_{PD} \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD})$$

Diese Lösung wird häufig in Umgebungen wie Büros oder Klassenzimmern eingesetzt, in denen viel natürliches Licht vorhanden ist und die Anwesenheit von Menschen eine gewisse Diskontinuität aufweist.



Eine manuelle Steuerung ist in der Regel ebenfalls wünschenswert, damit die Beleuchtung durch Abschalten der automatischen Steuerung an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden kann.

### Energieeffizienz

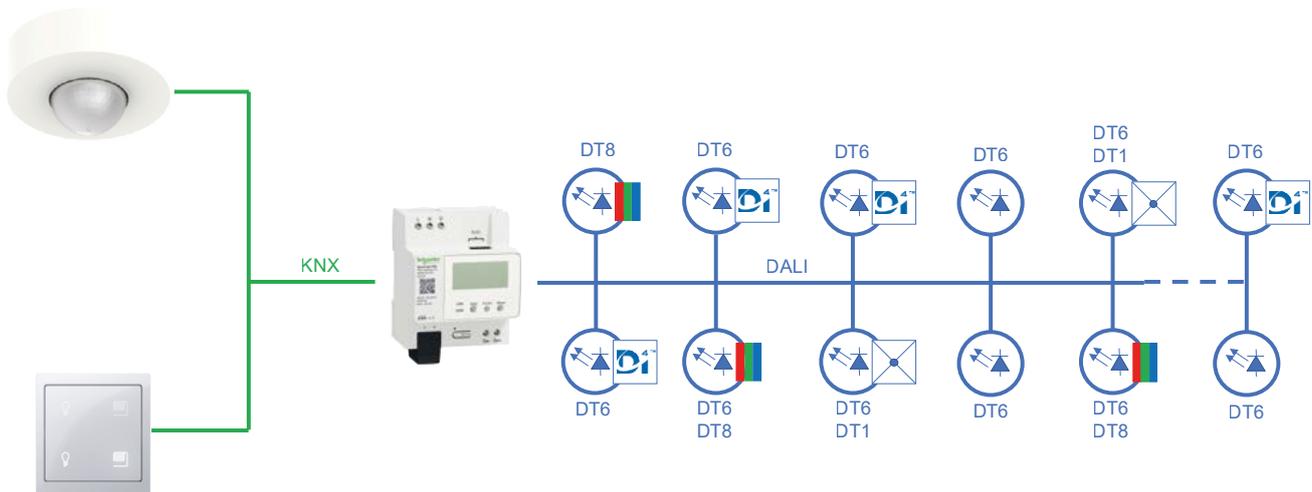
Typische Umgebungen	Projektdaten				Effizienzfaktoren					Komfort
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>	e <sub>L,c</sub>	e <sub>L,o</sub>	e <sub>L,D</sub>	e <sub>L</sub>	
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9	1,00	1,17	1,85	<b>2,16</b>	😊
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9	1,00	1,13	1,51	<b>1,71</b>	😊
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9	1,00	2,00	1,42	<b>2,84</b>	😊
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6	1,00	1,25	1,23	<b>1,54</b>	😞
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62	1,00	1,00	1,23	<b>1,23</b>	😐
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62	1,00	1,17	1,19	<b>1,39</b>	😐
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-	1,00	1,50	1	<b>1,50</b>	😊

## C Algorithmen zur Beleuchtungssteuerung

### 6. Manuell EIN, AUS über Abwesenheitssensor mit Daylight Harvesting (Regulierung)

$$(M \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD})$$

Diese Lösung ist sehr ähnlich wie die vorhergehende, sie verringert den Benutzerkomfort, da die Beleuchtung manuell eingeschaltet werden muss, hat aber eine bessere Energiebilanz.



## Energieeffizienz

Typische Umgebungen	Projektdaten				Effizienzfaktoren					Komfort
	MF	F <sub>A</sub>	E <sub>m</sub>	Tageslicht	t <sub>Tag</sub> /t <sub>Ges.</sub>	e <sub>LC</sub>	e <sub>LO</sub>	e <sub>LD</sub>	e <sub>L</sub>	
Einzelbüro	0,8	0,4	500	hoch	0,9	1,00	1,00	1,85	<b>1,85</b>	😊
Schulraum	0,8	0,25	500	mittel	0,9	1,00	1,00	1,51	<b>1,51</b>	😊
Archiv	0,8	0,98	300	niedrig	0,9	1,00	1,00	1,42	<b>1,42</b>	😊
Hotelzimmer	0,8	0,6	300	mittel	0,6	1,00	1,00	1,23	<b>1,23</b>	😞
Produktionsbereich	0,7	0	500	hoch	0,62	1,00	1,00	1,23	<b>1,23</b>	😞
Lager mit Regalen	0,75	0,40	300	niedrig	0,62	1,00	1,00	1,19	<b>1,19</b>	😞
Öffentliche Tiefgarage	0,75	0,80	300	kein	-	1,00	1,00	1,00	<b>1,00</b>	😞

## Überlegungen

Nachdem wir einige der gängigsten Steuerungsalgorithmen untersucht haben, ist es nun möglich, eine Bewertung unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz vorzunehmen.

Zunächst einmal hat der absolute Wert des Einsparungsfaktors  $e_L$  keine konkrete Bedeutung, sondern er muss für eine bestimmte Umgebung bewertet und mit den anderen anwendbaren Algorithmen und insbesondere mit der manuellen Steuerung verglichen werden (1).

Die Daten für die oben genannten Beispiele sind in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst.

#	Kontrollalgorithmus	Einzelbüro	Schulraum	Archiv	Hotelzimmer	Produktionsbereich	Lager mit Regalen	Öffentliche Tiefgarage
1	$M \rightarrow K \rightarrow M$	4,31	3,23	5,66	2,36	1,81	2,00	2,28
2	$M \rightarrow K \rightarrow T_{TR}$	N/A	N/A	4,72	N/A	N/A	1,88	2,00
3	$M \rightarrow K \rightarrow S_{AD}$	3,24	2,54	1,89	1,58	1,81	1,50	1,14
4	$M \rightarrow S_{DH} \rightarrow S_{AD}$	2,30	1,82	1,65	1,42	1,52	1,39	1,14
5	$S_{PD} \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD}$	2,16	1,71	2,84	1,54	1,23	1,39	1,50
6	$M \rightarrow D_{DH} \rightarrow S_{AD}$	1,85	1,51	1,42	1,23	1,23	1,19	1,00

Tabelle C - 1 - Sparfaktor  $e_L$  in verschiedenen Umgebungen

Es ist klar, dass die Einführung der Automatisierung der Beleuchtungssteuerung eine erhebliche Energieeffizienz gewährleistet, die manchmal höher ist als der einfache Austausch bestehender Leuchten durch neue LED-Modelle.

Der Einsparungsfaktor  $e_L$  stellt eine Leistung des Steuerungssystems dar. Wie viel Energie eingespart wird, hängt davon ab, wie viele Leuchten gesteuert werden. In der Produktionsabteilung beispielsweise müssen selbst bescheidene Effizienzsteigerungen mit einer beträchtlichen Anzahl von Leuchten multipliziert werden, was zu einer erheblichen Verbrauchsreduzierung führt.

Im Fall der öffentlichen Tiefgarage führt die Verwendung einer dimmbaren Steuerung ( $D_{DH}$ ) nicht zu einer Verbesserung des Tageslichts, sondern ermöglicht die Wiederherstellung des Wartungsfaktors.

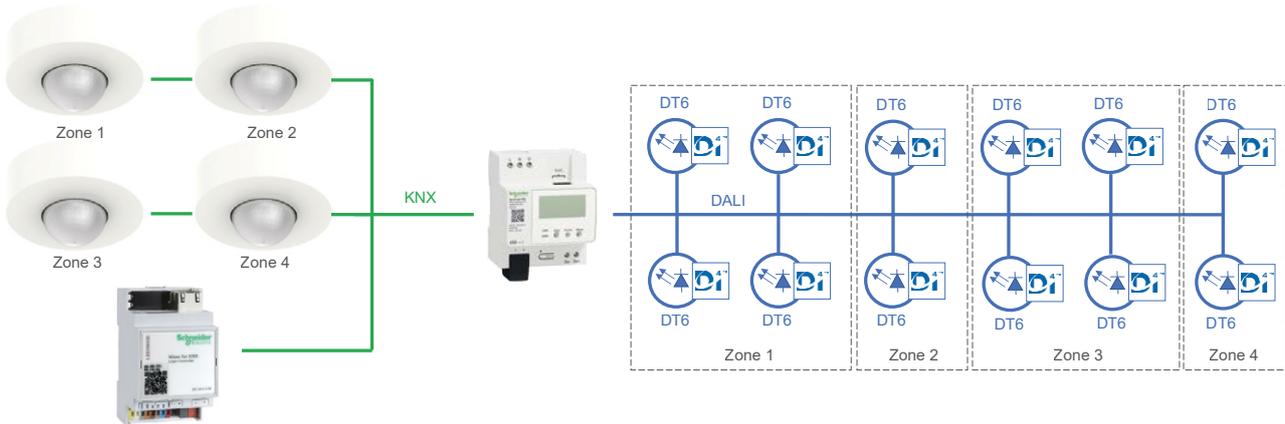


## C Algorithmen zur Beleuchtungssteuerung

### 7. Anwesenheitskontrolle in der Industrie

$$(T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{PD} \rightarrow T_{SC})$$

Die Norm EN 15193-1 gibt für Produktionsumgebungen und insbesondere für Verarbeitungsabteilungen einen Abwesenheitsfaktor  $F_A$  von 0 an, was bedeutet, dass alle Maßnahmen zur Anwesenheitskontrolle zu keinen brauchbaren Ergebnissen führen, da der Bereich als ständig besetzt angesehen wird. Oder man könnte sagen, dass z.B. ein täglicher Timer eine faktische Anwesenheitserkennung darstellt, weil innerhalb dieses Zeitraums immer jemand anwesend ist, das Ergebnis ändert sich nicht.



In der Realität ist in manchen Produktionsbetrieben die Dichte der Beschäftigten im Verhältnis zur Fläche sehr gering, so dass davon auszugehen ist, dass während der Produktion nicht unerhebliche Teile der Fläche diskontinuierlich, auch über einen längeren Zeitraum, belegt sind.

Nehmen wir zum Beispiel eine Abteilung, die in drei Schichten arbeitet und bereits durch einen Algorithmus gesteuert wird:

$$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \rightarrow T_{SC}$$

(Ein- und Ausschalten über eine Tageszeitschaltuhr und Anpassung des Lichtstroms in Abhängigkeit vom Tageslicht) wissen wir, dass unsere Beleuchtungsanlage tagsüber durch Aufrechterhaltung eines konstanten Beleuchtungsniveaus geregelt wird, während sie nachts mit einem festen Wert nahe dem Höchstwert arbeitet.

Der Sollwert der Beleuchtungsstärke bestimmt nämlich das Verhalten der Anlage und den daraus resultierenden Energieverbrauch.

In diesem Fall könnte ein System wirksam sein, das die Beleuchtung bei Abwesenheit nicht ausschaltet, sondern den Sollwert der Beleuchtungsstärke vorübergehend ändert, z.B. um 50% reduziert. Dies hätte einen doppelten Nutzen:

- Während des Tages wäre die tageslichtabhängige Steuerung noch effektiver, weil der Ausschaltzeitpunkt der Lampen schneller erreicht würde;
- Nachts, wenn die Leuchten mit maximaler Leistung arbeiten, könnten sie gedimmt werden.

Diese besondere Funktionalität kann durch den Algorithmus ausgedrückt werden:

$$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{PD} \rightarrow T_{SC}$$

d.h.: Aktivierung und Deaktivierung durch Tageszeitschaltuhr und tageslichtabhängige Vorlaufregelung mit Beleuchtungsstärkesollwertänderung durch Anwesenheitssensor.

Das System ist so konfiguriert, dass die im Bereich befindlichen Sensoren ihren eigenen Sollwert schalten, mit dem die Leuchten aufgrund der Anwesenheitserkennung gesteuert werden. Natürlich muss diese Funktionalität vom Sensor unterstützt werden, aber KNX-Geräte sind heute in der Regel mit einer äußerst vielseitigen Anwendung ausgestattet.

## 7. Anwesenheitskontrolle in der Industrie

### Energieeffizienz

Es besteht nun das Problem, den Wirkungsgrad dieses Algorithmus mit Hilfe der gleichen Berechnungstabellen zu bestimmen, die für die Standardalgorithmen verwendet werden.. Zunächst einmal muss gesagt werden, dass, wenn es stimmt, dass es für eine beträchtliche Zeit unbesetzte Flächen gibt, es nicht mehr richtig ist zu sagen, dass der Abwesenheitsfaktor  $F_A$  gleich 0 ist, sondern dass ein korrekter Wert ermittelt werden sollte<sup>44</sup>. Folglich sind die in den vorherigen Beispielen ermittelten Werte für Kostenfaktor  $e_L$  und L nicht mehr korrekt und müssen aktualisiert werden Wenn  $F_A$  von 0 verschieden ist, bestraft die Norm Lösungen, die keine Form der Anwesenheitskontrolle durchführen.

Wir können einen prozentualen Anteil der Zeit schätzen, der über die verschiedenen Zonen des Produktionsbereichs gemittelt wird, ein Wert, der zwischen 0,1 und 0,4 liegen kann. Wir werden zum Beispiel den Wert 0,2 verwenden (jeder Sektor ist im Laufe eines Tages insgesamt 4,8 Stunden unbesetzt).

In Anbetracht der Tatsache, dass unser System die Anlage nicht abschaltet, sondern den Durchfluss um 50 % reduziert, können wir in einer ersten Annäherung die Kostenfaktoren unter Berücksichtigung der Anwesenheitskontrolle mit der Hälfte der in den normativen Tabellen angegebenen Effizienz neu berechnen.

Algorithmus	Projektdaten					Effizienzfaktoren				Komfort
	MF	$F_A$	$E_m$	Tageslicht	$t_{Tag}/t_{Ges.}$	$e_{L,c}$	$e_{L,o}$	$e_{L,D}$	$e_L$	
<b>M → K → M</b>						1,18	1,25	1,53	<b>2,33</b>	☹️
<b>T<sub>sc</sub> → D<sub>DH</sub> → T<sub>sc</sub></b>	0,7	<b>0,2</b>	500	hoch	0,62	1	1,25	1,23	<b>1,59</b>	😊
<b>T<sub>sc</sub> → D<sub>DH</sub> ^ L C<sub>PD</sub> → T<sub>sc</sub></b>						<b>1</b>	$\frac{1,13}{1,19}$	<b>1,23</b>	<b>1,46</b>	😊

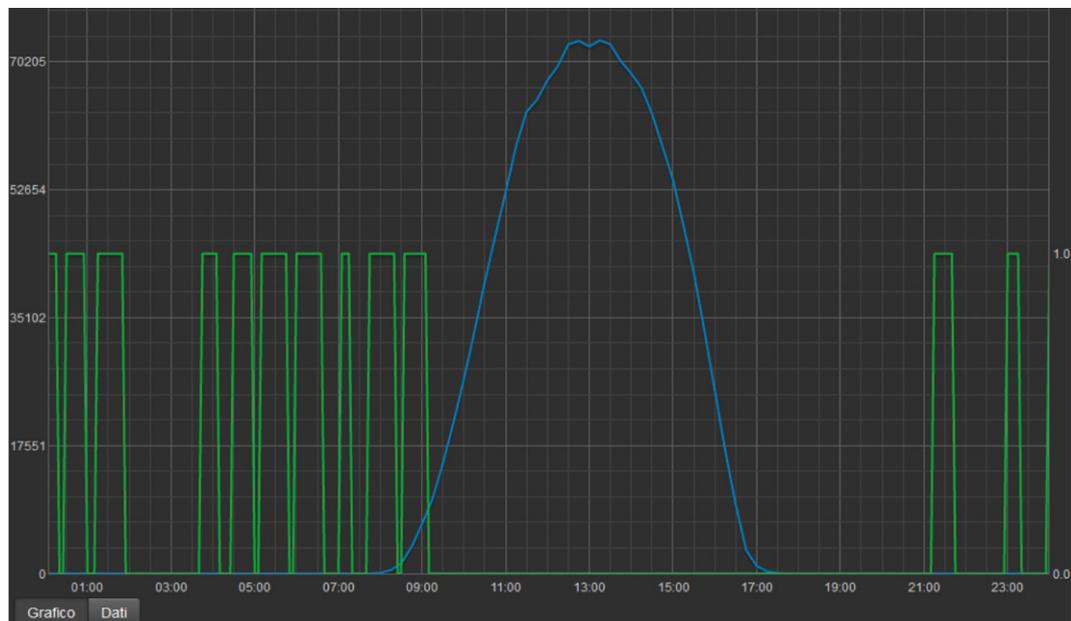
In Bezug auf die Tageslichtnutzung schlägt die Norm vor, keine Verbesserung in Betracht zu ziehen, da in einer Umgebung mit einem hohen Anteil an natürlichem Licht eine Verringerung des Sollwerts das Verhalten des Systems nicht wesentlich ändert, das ohnehin erwartet, dass die Beleuchtung ausgeschaltet wird.

Die Effektivität in Bezug auf die Verringerung des Energieverbrauchs der Funktion **SL<sub>PD</sub>** ergibt einen verbesserten Wirkungsgrad von ca. 8,9% im Vergleich zum Ausgangsalgorithmus, insbesondere aufgrund der Tatsache, dass die Abteilung im Dreischichtbetrieb arbeitet und somit die gesamte Nachtzeit zur Verfügung steht. Dieser Wert ist eine erste Schätzung und wir wissen, dass er stark vom Verhalten der Mitarbeiter in der Abteilung beeinflusst wird, aber es ist auch wahr, dass er nicht zu höheren Installationskosten führt, sondern nur zu einer anderen und genaueren Konfiguration der KNX Sensoren.

Diese zusätzliche Funktionalität kann dann mit Hilfe der Gebäudeanalyse, d.h. der Analyse von Ereignissen über einen ausreichend langen Zeitraum, leicht überprüft werden. Die Sensoren können so konfiguriert werden, dass sie die Anwesenheit von Personen signalisieren, und die anschließende Analyse dieser Daten kann zu der Entscheidung beitragen, den Automatismus zu übernehmen und richtig einzustellen (z.B. Wartezeit der Sensoren).

<sup>44</sup> Die in EN 15193-1 angegebenen vWerte sind als Richtwerte zu betrachten, wenn keine spezifischen Informationen und Daten vorliegen. Der Konstrukteur kann und sollte andere Werte verwenden, wenn ihm reale Daten zur Verfügung stehen oder er in der Lage ist, eine Schätzung auf der Grundlage bestimmter Elemente und Faktoren vorzunehmen.

Durch die nachträgliche Aufzeichnung der Sollwertänderungen während des Nachtzyklus lässt sich feststellen, wie lange die Anlage auf dem niedrigeren Niveau betrieben wurde und damit wie viel Energie sie tatsächlich eingespart hat.

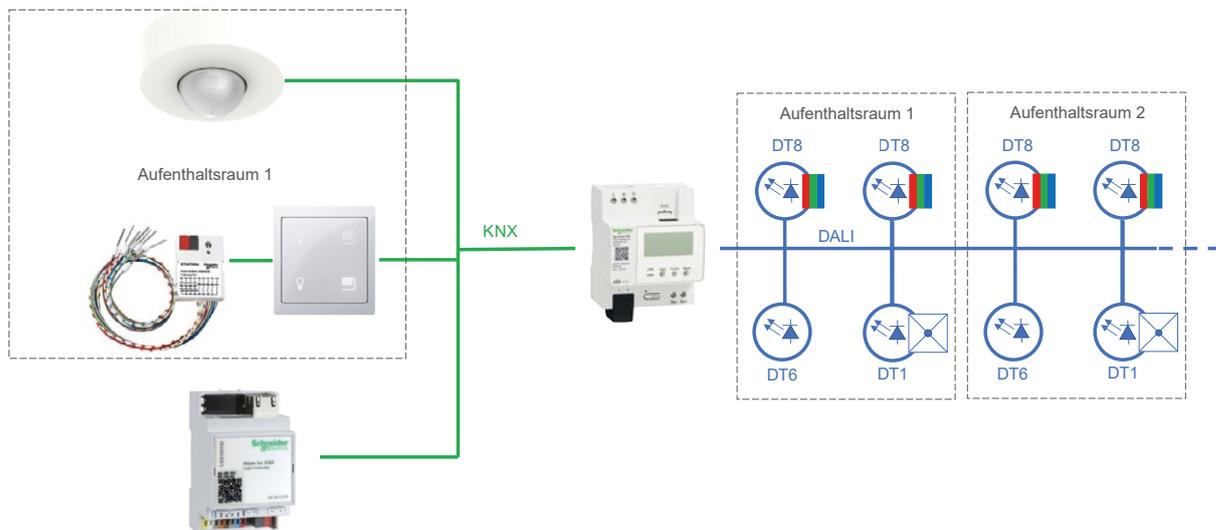


Unter dem Gesichtspunkt des Nutzungskomforts dieser Automatisierung kann man sagen, dass sie in Bereichen arbeitet, in denen sich kein Personal aufhält, und daher die Beleuchtungsstärke in den Bereichen, in denen die Sehaufgabe ausgeführt wird, nicht verändert. Es wird allgemein empfohlen, das System so zu konfigurieren, dass die durch die Sollwertumschaltung ausgelöste Verringerung des Durchflusses langsam und nicht wahrnehmbar ist, während die Wiederherstellung des Auslegungswerts bei Annäherung eines Bedieners schnell erfolgt.

8. Algorithmus für ein Krankenhauszimmer

$$(T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{TSC} \wedge C_{TC} \rightarrow T_{SC})$$

In Krankenhausumgebungen, insbesondere in solchen, die von Patienten bewohnt oder für Therapien genutzt werden, folgen die Kriterien für die Beleuchtungssteuerung völlig anderen Richtlinien. Es ist verständlich, dass die Energieleistung keinen Vorrang vor anderen Faktoren haben kann, die mit dem Wohlbefinden der Menschen oder der Gewährleistung von Kontinuität und Qualität der Dienstleistungen zusammenhängen.



In einem Patientenzimmer wird der Patient tagsüber über einen längeren Zeitraum von künstlichem Licht angestrahlt, was bekanntermaßen eine potenzielle Ursache für Störungen darstellt. Daher ist es wichtig, dass die Folgen dieser langen Exposition durch Systeme begrenzt werden, die in der Lage sind, verschiedene Komponenten der Variation durchzusetzen:

- Verstärkung des direkten Sonneneinfall, mit der Möglichkeit der Beschattung und Verdunkelung;
- Anpassung des Lichtstroms an reduzierte Werte am Abend und in der Nacht;
- Veränderung des Farbanteils der Lichtquellen (Tc - Farbtemperatur) nach geeigneten Dimmschemata.

Der Algorithmus kann zum Beispiel implementiert werden:

$$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{TSC} \wedge C_{TC} \rightarrow T_{SC}$$

(allgemeine Steuerung durch einen Zeitplaner, der den Lichtstrom und die Farbtemperatur verändert, mit einer Tageslichtnutzung während der Tageslichtstunden).

Dieser Ansatz muss natürlich mit einer ebenso spezifischen Beleuchtungsplanung einhergehen, die die allgemeine Umgebungsbeleuchtung, die örtliche persönliche Beleuchtung, die Nachtbeleuchtung usw. richtig interpretiert.

### Energieeffizienz

In Umgebungen, in denen der Lichtstrom in absoluten Werten variiert, ist es nicht möglich, den Wartungsfaktor mit Hilfe von Deckensensoren wiederherzustellen. In diesem Fall können Leuchten mit Driver, die mit einer CLO-Funktion (Constant Lumen Output) ausgestattet sind, verwendet werden, um die Lichtleistung in Abhängigkeit von den Betriebsstunden der Leuchte zu steuern und die Alterung der Lichtquelle automatisch zu kompensieren.

Die Unwirksamkeit von Lösungen zur Anwesenheitskontrolle wird in Normen deutlich, in denen den Patientenzimmern ein Abwesenheitsfaktor  $F_A$  von 0 zugewiesen wird. In Räumen mit hohem Tageslichtanteil leistet das Daylight Harvesting seinen energetischen Beitrag, obwohl es in Wirklichkeit hauptsächlich zur Förderung des Tageslichtanteils eingesetzt wird.



Typische Umgebungen	Projektdaten					Effizienzfaktoren				Komfort
	MF	$F_A$	$E_m$	Tageslicht	$t_{Tag}/t_{Ges.}$	$e_{L,C}$	$e_{L,O}$	$e_{L,D}$	$e_L$	
M → K → M	0,8	0	300	hoch	0,6	1	1,11	1,47	1,63	😐
$T_{SC} \rightarrow D_{DH} \wedge LC_{TSC} \wedge C_{TC} \rightarrow T_{SC}$						$1_{(CLO)}$	1,00	1,23	1,23	😊















# Die kommerzielle Organisation Schneider Electric

## Gebiete

### Nordwesten

- Piemont (ausschließlich Novara und Verbania)  
- Aostatal  
- Ligurien (ausschließlich La Spezia)  
- Sardinien

Via Orbetello, 140  
10148 TURIN  
Tel. 0112281211  
Fax 0112281311

### Lombardei West

- Mailand, Varese, Como  
- Lecco, Sondrio, Novara  
- Verbania, Pavia, Lodi

Via Stephenson, 73  
20157 MAILAND  
Tel. 0299260111  
Fax 0299260325

### Lombardei Ost

- Bergamo, Brescia, Mantova  
- Cremona, Piacenza

Via Circonvallazione Est, 1  
24040 STEZZANO (BG)  
Tel. 0354152494  
Fax 0354152932

### Nordosten

- Venetien  
- Friaul-Julisch Venetien  
- Trentino-Südtirol

Direktionscenter Padua 1  
Via Savelli, 120  
35100 PADUA  
Tel. 0498062811  
Fax 0498062850

### Emilia Romagna - Marken (ausschließlich Piacenza)

Via del Lavoro, 47  
40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)  
Tel. 051708111  
Fax 051708222

### Toskana - Umbrien (einschließlich La Spezia)

Via Pratese, 167  
50145 Florenz  
Tel. 0553026711  
Fax 0553026725

### Zentrum

- Lazio  
- Abruzzen  
- Molise  
- Basilikata (nur Matera)  
- Apulien

Via Vincenzo Lamaro, 13  
00173 ROM  
Tel. 0672652711  
Fax 0672652777

### Süd

- Kalbrien  
- Kampanien  
- Sizilien  
- Basilikata (nur Potenza)

SP Circumv. Esterna Neapel  
80020 CASAVATORE (NA)  
Tel. 0817360611  
0817360601  
Fax 0817360625

Via Trinacria, 7  
95030 TREMESTIERI ETNEO (CT)  
Tel. 0954037911  
Fax 0954037925

## Agenturen

### Nordwesten (ausschl. Sardinien) R.E.P. S.r.l.

Via Ferroggio, 22  
10151 TURIN  
Tel. 0114531118  
Fax 0114550014

### Sardinien

**LEAR di Aramu e Leinardi**  
Via Ferraris, sn  
09092 ARBOREA (OR)  
Tel. 0783800300  
Fax 0783802035

### Trentino-Südtirol und Provinzen BZ-TN-VR REA S.r.l.

Via Spagnole, 2/B  
37015 DOMEGLIARA (VR)  
Tel. 0456888691  
Fax 0456860871

### Friaul-Julisch Venetien und Provinzen TV-BL-VE ARES S.a.s.

Via L. Galvani, 6/C int. 9 e 14 - 2° piano  
31027 SPRESIANO (TV)  
Tel. 0422722905  
Fax 0422887466

### 2P Elettrorepresentanze S.n.c.

Via Ilio Barontini, 15/P  
50018 SCANDICCI (FI)  
Tel. 0557224231  
Fax 0557227178

### Abruzzen und Molise CBR S.n.c.

Via Po, 58 - Sambuceto  
66020 S. GIOVANNI  
TEATINO (CH)  
Tel. 0854460182  
Fax 0854460107

## Schneider Electric S.p.A.

Firmensitz und Zentralleitung  
Via Circonvallazione Est, 1  
24040 STEZZANO (BG)  
[www.se.com/it](http://www.se.com/it)

## Home Page Kundendienst



**Kundendienstcenter**  
Tel. + 39 011 4073333



**Technisches Ausbildungszentrum**  
email: [it-formazione-technica@se.com](mailto:it-formazione-technica@se.com)

Life Is On

**Schneider**  
Electric

Aufgrund von Normen- und Materialänderungen sind die in den Texten und Abbildungen dieses Dokuments angegebenen Eigenschaften bis zur Bestätigung durch Schneider Electric nicht verbindlich.