



## **LF 7: Eine Beleuchtungsanlage für ein Architektenbüro modernisieren und anpassen**

Ausbildungsberuf	Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration
Fach	Steuerungstechnik
Lernfeld	LF7: Komponenten und Funktionen in gebäudetechnische Systeme integrieren
Lernsituation	Lernsituation 1: Eine Beleuchtungsanlage für ein Architektenbüro modernisieren und anpassen
Zeitraumen	Ca. 22 Unterrichtsstunden
Benötigtes Material	Arbeitsblätter, Fachliteratur (Fachkundebuch, Tabellenbuch, Herstellerkataloge), Endgeräte mit Internetzugang, Tafel / Stifteingabegeräte; DALI-Hardwarekomponenten;



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

## Konzeptionsmatrix für die Lernsituation 1

Konzeptionsmatrix für Lernsituation 1		In einem Architektenbüro soll ein intelligentes Beleuchtungskonzept entstehen. Für den großen Gruppenarbeitsraum und das Sekretariat soll eine Allgemeinbeleuchtung, die energieeffizient abhängig vom Tageslicht über einen Sensor gesteuert wird, realisiert werden. Die Architektenarbeitsplätze sollen allerdings unabhängig von der Regelung manuell dimmbar sein. Der Kunde wünscht sich eine Beratung, Planung und Umsetzung des Vorhabens.						
Zeit	Thema/ Beschreibung	Sachwissen	Prozesswissen	Reflexions- wissen	Aufgabe			
					Aktivitäten	Lernprodukte	Medien/ Materialien	Kontroll- und Reflexionselemente
90	Analyse der Kunden- anforderungen	<u>Projektmanagement</u> Lasten- und Pflichtenheft nach DIN 69901-5:2009-01  <u>Gebäudetechnische Gewerke:</u> Beleuchtung		Bedeutung von Lasten- und Pflichtenheften im Projektmanage- ment anhand exemplarischer Beispiele	Informelle Vorbereitung auf die Überführung des Lastenhefts in ein Pflichtenheft			
					Analysieren der Kundenanforderun- gen  Erkennen der Notwendigkeit von Lasten- und Pflichtenheften	Stichpunktartige Auflistung der Kunden- anforderungen;  Installationsplan;	<u>Literatur:</u> Fachkundebuch Elektrotechnik, Tabellenbuch  Infobox 1: Lastenheft  Infobox 2: Pflichtenheft	<u>Aufgaben Skript:</u> Beantworten Fragen zum Lasten- und Pflichtenheft  Ergänzen Installationsplan
		<u>Bussysteme:</u>			Informationsbeschaffung und Auswahl eines geeigneten Bussystems			



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

90	Auswahl eines geeigneten Bussystems	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SMI</li> <li>• LON</li> <li>• BACnet</li> <li>• DALI</li> </ul>	Analyse verschiedener Bussysteme	Erkennen der Einsatzschwerpunkte von SMI, DALI, LON und BACnet	Recherche zu Bussystemen in der Gebäudetechnik	Stichpunktartige Analyse der Bussysteme	<u>Endgeräte:</u> Laptop mit Internetzugang;	<u>Aufgabe Skript:</u> Begründete Auswahl des DALI-Bussystems
270	Analyse der Bustechnologie und deren Komponenten	<u>Exemplarische DALI-Betriebsgeräte:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spannungsversorgung</li> <li>• Dimmer</li> <li>• Leuchten</li> <li>• Leitungen</li> <li>• Steuergeräte</li> <li>• Sensoren</li> </ul>	Berücksichtigung von speziellen Kundenwünschen während des Planungsverlaufs z. B. <i>Individuelle Einzelarbeitsplatzbeleuchtung</i>	<u>Physikalisch, technische Hintergründe:</u> Spannungsfall LDR, LED und Dimmer	Kennenlernen des Bussystems DALI und dessen Betriebsgeräte bzw. Komponenten			
					Erarbeiten sich die Grundlagen des DALI-Systems;  Erfassen exemplarische Komponenten und deren Funktionsweise.	Beantwortete Kontrollfragen zum DALI-System;  Plakate oder Handouts zu Systemkomponenten	<u>Literatur:</u> Tabellenbuch; Informationstext; Fachkundebuch;  <u>Endgeräte:</u> Laptop mit Internetzugang;	<u>Aufgabe Skript:</u> Kontrollfragen im Skript (Betriebsmittelliste)
90	Auswahl passender Komponenten für die Kundenanforderung	<u>Eigenschaften von DALI-Controllern</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppen</li> <li>• Szenen</li> <li>• Schnittstellen</li> </ul> Durchführung einer Anforderungsanalyse an DALI-Controller inkl. Auswahl  <u>Umgang mit Hersteller-katalogen:</u> Vergleich verschiedener	-	<u>Betriebswirtschaftliche Hintergründe:</u> Kalkulation eines einfachen Angebots	Anforderungsbasierte Auswahl von Hardware inkl. Erstellung eines Angebots			
					Analyse verschiedener Controller inkl. Festlegung der Art und Anzahl notwendiger Betriebsmittel;	Angebot zum Kundenauftrag	<u>Literatur:</u> Firmenkataloge, Datenblätter	<u>Aufgabe Skript:</u> Kontrollfragen; Kostenvoranschlag;



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

		Systemlösungen/ Controller						
180	Anfertigung planungsspezifischer Unterlagen	<u>Exemplarische Inhalte eines Pflichtenhefts:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schaltpläne,</li> <li>Material- und Werkzeuglisten</li> </ul>	Vervollständigen eines Pflichtenhefts	Installationsplanung	Erstellen einer Anlage zum Abschluss des Pflichtenhefts			
					Zeichnen eines Schaltplans;  Vervollständigen einer Werkzeugliste für die Installation	Schaltplan in mehrpoliger Darstellung;  Material- und Werkzeugliste; Pflichtenheft;	<u>Arbeitsmaterial:</u> Rechnergestütztes Zeichenprogramm für Installationspläne; Alternativ: Zeichenutensilien	Vergleich des vereinfachten Pflichtenhefts mit exemplarischem Pflichtenheft aus Industrie;
225	Installation der Hardwarekomponenten und Konfiguration software-spezifischer Anwendungen	Vorschriften zur Integration von Systemkomponenten in einer bestehende Elektroinstallation	Anschluss, Integration und Parametrierung der DALI-Komponenten;	Physikalische Adressen in Netzwerken; Broadcast; Einzeladressierung;	Projektumsetzung auf Hardware- und Softwareebene			
					Verdrahtung/Anschluss und Parametrierung der DALI-Komponenten;	Vereinfachte, funktionsfähige Miniaturanlage	<u>Literatur:</u> Installations- und Konfigurationsanleitung  <u>Hardware:</u> DALI-Komponenten,	<u>Vereinfachter Versuchsaufbau</u> Je eine Leuchte Tageslichtsensitiv, eine Leuchte manuell dimmbar, eine Leuchte mit Szene
45	Prüfen der Kundenanlage	Diagnosegeräte <ul style="list-style-type: none"> <li>Spannungsprüfer</li> <li>Multimeter</li> </ul> <u>Vorgehensweise bei der Inbetriebnahme und Installationsprüfung:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnose und Fehlersuche</li> <li>Spannungsfall</li> </ul>		Broadcasttelegramm;  Übergabeprotokoll	Testen der Hard- und Softwarefunktionalität			
					Funktionsprüfung und Fehlersuche	Vereinfachtes Übergabeprotokoll zum Projektabschluss	<u>Arbeitsmaterial:</u> Diagnosegeräte  Vordruck Übergabeprotokoll;	Funktionsfähige Anlage;



# Unterrichtskonzept mit illustrierenden Aufgaben

Berufsschule, Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration, 2. Ausbildungsjahr

		Installationsprüfung mit Broadcasttelegramm							
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

## Unterlagen, Medien, Materialien

1.1 Sie sind Auszubildender bei der Firma Electric Company. Ihr Chef kommt mit einem Kundenauftrag in Form eines Lastenhefts auf Sie zu und bittet um Mithilfe bei der Erstellung des Pflichtenhefts.

a) Analysieren Sie zunächst die Anforderungen des Kunden und beantworten Sie anschließend die Fragen ggf. unter Verwendung des Fachkundebuches sowie der Infoboxen.



### 1. Ausgangssituation

Das Architekturbüro Müller fertigt individuelle Pläne für diverse moderne Bauvorhaben. In einigen Wochen soll der Umzug des Büros in neue Räumlichkeiten erfolgen. Das neue Büro soll in einer ehemaligen und zu wohnzwecken umfunktionierten Werkshalle Platz finden. Allerdings muss die Beleuchtung für die Arbeit der Architekten erneuert werden.

### 2. IST-Zustand

Aktuell befinden sich in den neu zu beziehenden Büroräumen einige veraltete Leuchten in typischer Ausführung der Elektroinstallation. Die Zustand der alten, unter Putz verlegten Elektroinstallationsleitungen wurde bei der Übernahme des Büros bereits als kritisch eingestuft.

### 3. SOLL-Zustand

Die noch bestehenden Leuchten sollen inklusive Leuchtmittel ausgetauscht werden. Für das Büro soll mit modernen Leucht- und Steuerkomponenten ein auf die Arbeitsplatzanforderungen abgestimmtes Beleuchtungskonzept erstellt werden. Hierfür sollen neue Leitungen sichtbar nachinstalliert werden, um den industrienahe Charakter der neuen Büroräume zu betonen.

### 4. Detailanforderungen

Die Allgemeinbeleuchtungen in den Büroräumen und im Besprechungszimmer sollen energieeffizient abhängig vom Tageslicht über Sensoren gesteuert werden. An den CAD-Arbeitsplätzen der Architekten soll die Beleuchtung jedoch auch unabhängig über einen manuellen Dimmer eingestellt werden können. Im Showbereich sollen spezielle Lichtszenen für 3D-Entwürfe einstellbar sein. Dieses Beleuchtungskonzept soll über energieeffiziente und dimmbare Betriebsmittel sichergestellt werden. Eine Erweiterung um andere Gewerke (Heizung, Lüftung, Beschattung) wird nicht gewünscht.

b) Fassen Sie die Anforderungen des Kunden stichpunktartig zusammen.

- Energieeffiziente Bürobeleuchtung (mit modernen LEDs)
- Sensorgesteuerte, dimmbare Allgemeinbeleuchtung
- CAD-Arbeitsplätze manuell dimmbar
- Nachinstallation neuer Leitungen
- Spezielle Lichtszenen für den Showbereich

c) Erläutern Sie den Begriff Lastenheft im Kontext des Projektmanagements.

Ein Lastenheft enthält alle wichtigen technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Anforderungen eines Kunden. Es wird vom Kunden erstellt und dem Auftragnehmer übergeben.

d) Grenzen Sie den Begriff des Pflichtenhefts von dem des Lastenhefts ab.

Im Pflichtenheft wird beschrieben wie die Anforderungen des Kunden vom Auftragnehmer umgesetzt werden. Das Pflichtenheft wird auf Basis des Lastenhefts vom Auftragnehmer erstellt.

e) Erläutern Sie den Vorteil des Einsatzes von Lasten- und Pflichtenheften innerhalb eines Projekts.

Klare, schriftliche fixierte Absprachen zur Projektanforderung- und umsetzung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer;

#### Infobox Lastenheft (DIN 69901-5:2009-01)

Das Lastenheft enthält die Gesamtheit aller Forderungen des Auftragnehmers an die Leistungen eines Auftragnehmers.

Es beschreibt die Forderungen aus Anwendersicht einschließlich aller Randbedingungen. Diese sollen qualifizierbar und prüfbar sein. Meist enthält das Lastenheft Anforderungen an die Leistung, die Randbedingungen (z. B. Normen) und/oder vertragliche Konditionen (z. B. Gewährleistungen).

#### Infobox Pflichtenheft (DIN 69901-5:2009-01)

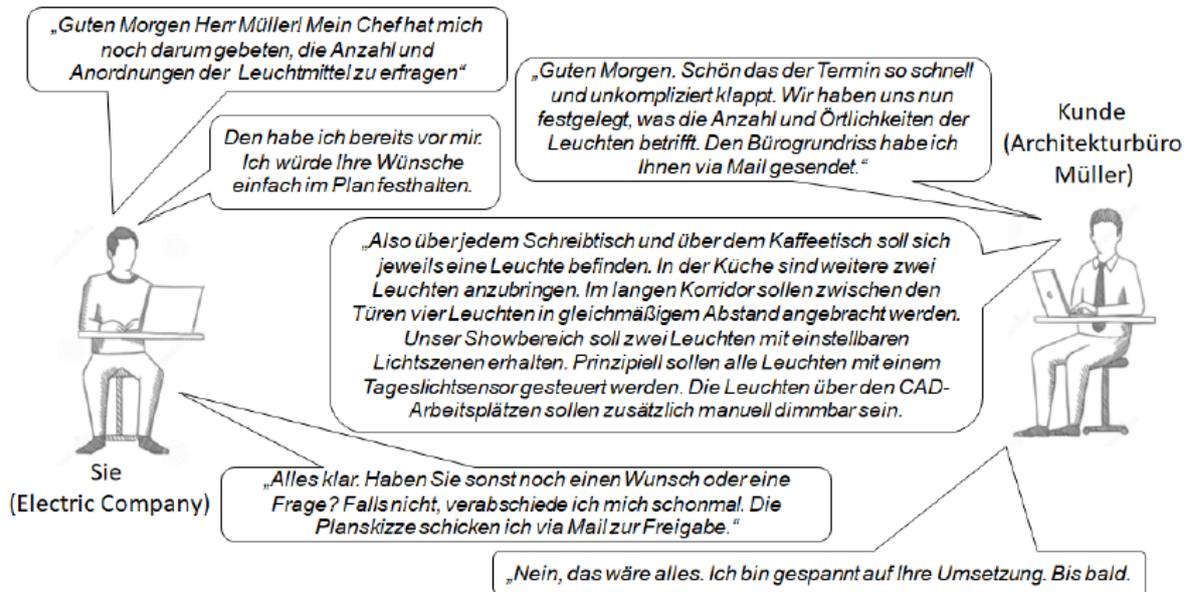
Das Pflichtenheft enthält die vom Auftragnehmer erarbeitete Umsetzung des Lastenhefts in auszuführende Leistungen.

Die Anwendervorgaben werden detailliert und erweitert hinsichtlich ihrer Umsetzung beschrieben.

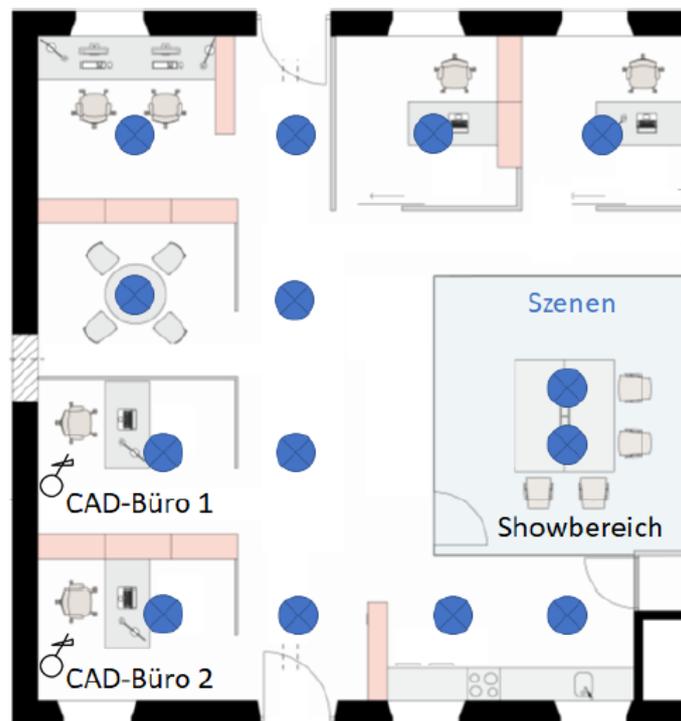
Oft wird das Pflichtenheft in einen rechtlich-organisatorischen Bereich und einen technisch-fachlichen Bereich unterteilt. Das Pflichtenheft vom schließlich vom Auftragnehmer genehmigt werden.

1.2 Nach einer ersten Analyse des Lasthefts sollen Sie nun eine Online-Baubesprechung mit dem Kunden durchführen um die Anordnung und Anzahl der entsprechenden Leuchtmittel in den Räumlichkeiten zu fixieren.

a) Folgen Sie aufmerksam der nachfolgenden Baubesprechung mit Herrn Müller.



b) Vervollständigen Sie auf Basis der obigen Besprechung den Installationsplan für das Beleuchtungskonzept. Platzieren Sie die Leuchten und die Dimmer sinnvoll.



Hinweis: Pro Fenster ein Lichtsensor (Nicht im Installationsplan aufgeführt!)

1.3 Der Installationsplan mit den Leuchten wurde vom Kunden freigegeben. Zur Erstellung eines Pflichtenhefts müssen Sie sich im Klaren darüber sein, wie Sie die Anforderungen des Kunden realisieren möchten. Beim Einsatz der Leuchtmittel fällt die Wahl auf moderne LEDs. Allerdings wünscht sich der Kunde ein richtiges Lichtmanagementsystem.

Die Umsetzung des Beleuchtungskonzepts für den Kunden erfordert also den Einsatz eines modernen Bussystems. Ihre Firma wirbt auf der Unternehmenshomepage mit folgender Abbildung.

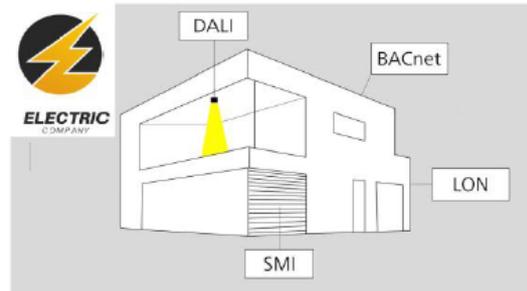
Arbeitsaufträge:

Recherchieren Sie mit Hilfe des Internets die Bedeutung, die Eigenschaften und Einsatzgebiete der folgenden Bussysteme.

Fassen Sie Ihre Rechercheergebnisse in der untenstehenden Tabelle kurz und bündig zusammen.

Entscheiden Sie anschließend, mit welchem Bussystem das Beleuchtungskonzept realisiert werden soll.

„Die Electric Company bietet Ihnen ein umfassendes Paket für individuelle Lösungen im Bereich der Gebäudeautomation unter Verwendung moderner Bussysteme.“



SMI: Standard Motor Interface; Dient zur Steuerung und Positionierung von Sonnenschutzsystemen;

Einsatz einer NYM-Leitung als Busleitung; Arbeitet auf der Feldebene und benötigt zusätzlich ein zusätzlich ein Managementsystem;

LON: Local Operating Network; Einsatzbar in allen Gewerken; Schwerpunkt liegt auf Automation im im Bereich Heizung, Lüftung Klima;

Verwendung einer LON-Busleitung; Arbeitet auf der Feld- und Automationsebene und zum Teil auf der Managementebene.

BACnet: Building Automation and Control Network; Für Zweckbauten mit großer räumlicher Ausdehnung; Einsatzgebiet über alle Gewerke hinweg; Prädestiniert für die Managementebene; Als Übertragungstechnologie kommt vorwiegend Ethernet zum Einsatz

DALI: Digital Adressable Lighting Interface; Verbreitetes System zur Realisierung eines Intelligenten Lichtmanagements; Einsatz einer NYM-Leitung als Busleitung möglich da für Gebrauch in der Gebäudeinstallationstechnik optimiert; Arbeitet auf der Feld- und Automationsebene;

Beurteilen Sie auf Basis Ihrer Erkenntnisse, welche Bussysteme aus dem Kompetenzprofil Ihrer Firma zur Realisierung des prinzipiell Beleuchtungskonzepts geeignet sind und erläutern anschließend



Ungeeignet



Prinzipiell geeignet



Prinzipiell geeignet



Geeignet

Erläuterung: LON und BACnet wären für die Zielanwendung geeignet, aber überdimensioniert; DALI stellt für Kundenwünsche des zweckdienlichste System dar;

1.4.1 Für die Realisierung des Kundenauftrages wurde nun ein geeignetes Bussystem identifiziert. Um im Pflichtenheft die entsprechende Umsetzung möglichst genau zu beschreiben, sind zunächst vertiefte Kenntnisse zum Lichtmanagementsystem DALI erforderlich.

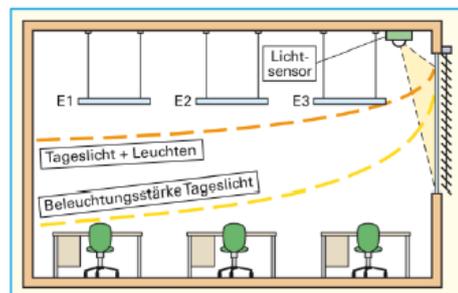
a) Lesen Sie sich den folgenden Informationstext zum DALI-Systems unter Verwendung der Markierungsregeln aufmerksam durch.

## Lichtmanagementsystem DALI

### Anwendungsbereiche des DALI-Systems:

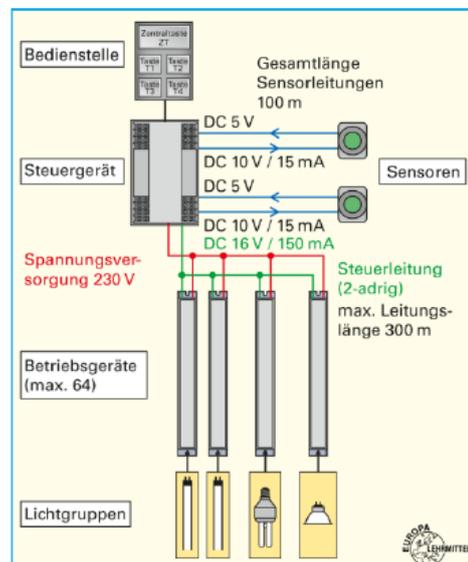
DALI steht für Digital Adressable Lighting Interface und war ursprünglich als Schnittstelle für dimmbare Vorschaltgeräte definiert. Mittlerweile hat sich das herstellerübergreifende Steuerungssystem zu einem vollständigen digitalen Interface für die Beleuchtung etabliert. So können folgenden Faktoren mit der Lichtsteuerung erfasst werden:

- **Zeitabhängige Lichtsteuerung:** Die Beleuchtung eines Raumes kann zu einer bestimmten Uhrzeit ein- oder ausgeschaltet werden
- **Tageslichtabhängige Lichtregelung:** Lichtsensoren erfassen das vorhandene Tageslicht. Konstantlichtregler dimmen dann je nach Tageslicht einzelnen Leuchten so, dass die Beleuchtungsstärke konstant gehalten wird. So kann beispielsweise die Leuchte E1 im nebenstehenden Bild auf einen höheren Lichtstrom also die fensternahe Leuchte E3 eingestellt werden.
- **Anwesenheitsabhängige Lichtsteuerung:** Präsenzmelder erfassen, ob jemand im Raum ist und schalten die Beleuchtung ab, wenn der Raum nicht benutzt wird.



### Komponenten des DALI-Systems:

- **Betriebsgeräte:** Betriebsgeräte sind bei DALI prinzipiell den einzelnen Lichtgruppen vorgeschaltet. Nach dem herstellerübergreifenden Schnittstellenstandard erlaubt DALI die Steuerung von maximal 64 Betriebsgeräten. Darunter fallen vor allem elektronische Vorschaltgeräte (EVG), Transformatoren oder elektronische Dimmer.
- **Steuergeräte:** Die Steuergeräte oder Controller dienen als Master zur Ansteuerung der verschiedenen Betriebsgeräte (Slaves). Sie stellen zum einen die Spannungsversorgung der einzelnen Slaves (230 V), als auch die eigentliche Ansteuerung in Form verschiedener Lichtszenen sicher. Die für das automatisierte Lichtenpassung nötigen Signale erhalten die Steuergeräte über entsprechende Sensoren oder Bedienstellen.
- **Bedienstelle:** Mit Hilfe der manuell zu nutzenden Bedienstelle können die Lichtgruppen bedarfsgerecht von Hand gedimmt und angepasst werden. Bedienstellen können als Taster, als Touchdisplay als auch drahtlos beispielsweise über ein Smartphone eingerichtet werden.
- **Sensoren:** Erfassen entweder Licht und/oder Bewegung innerhalb eines Bereiches und melden diese dem Steuergerät. Die Montage erfolgt jeweils in Fensternähe.
- **Leitungen:** Als Busleitung kann bei DALI eine 5-adrige NYM-Leitung verwendet werden. Während über L1 die Spannungsversorgung der Betriebsgeräte sichergestellt wird, können die freibleibenden Adern zur Übermittlung der Steuersignale verwendet werden.



b) Welche Funktionen lassen sich mit dem Bussystem DALI im Bereich des Lichtmanagements realisieren?

- *Lichtsteuerung in Bezug zu einer festgelegten Uhrzeit*
- *Tageslichtabhängige Regelung der Beleuchtung*
- *Anwesenheitsabhängige Beleuchtung*

e) Erläutern Sie das Master-Slave-Prinzip in Bezug auf das DALI-System.

*DALI verwendet zur übergeordneten Ansteuerung einzelner Betriebsgeräte sogenannte Steuergeräte bzw. Controller (Master) Sie den Betriebsgeräten hierarchisch übergeordnet und geben Befehle (z. B. Ein/Aus) an diese untergeordneten Komponenten (Slaves) weiter.*

f) Welche Bedienstellen ermöglicht DALI?

*Der Abruf verschiedener Lichtszenen kann bei DALI über klassische Bedienfelder in Form von Tastern oder Touchdisplays erfolgen. Darüber hinaus können Befehle auch über eine Drahtlosverbindung via Smartphone ausgeführt werden.*

g) Erstellen Sie eine kurze, stichpunktartige Übersicht zu den notwendigen Komponenten für die Umsetzung des Kundenauftrags. Nutzen Sie hierfür Ihren angefertigten Installationsplan.

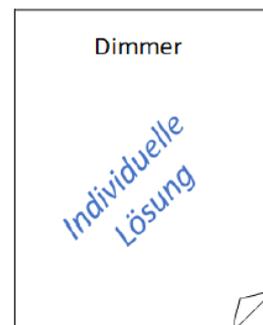
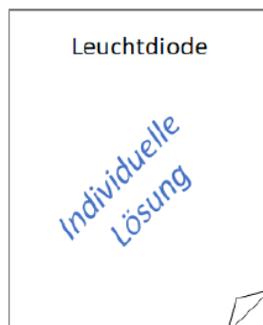
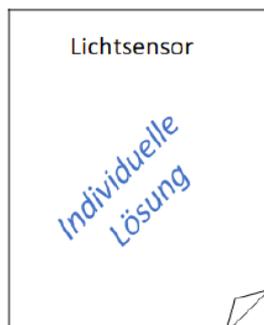
- |  |   |
|--|---|
| • <i>14 Leuchten/Lichtgruppen</i>              | • <i>1 Steuergerät (DALI-Controller)</i>          |
| • <i>6 Tageslichtsensoren</i>                  | • <i>5-adrige NYM-Leitung, 1,5 mm<sup>2</sup></i> |
| • <i>Mindestens 2, besser 3-4 Bedienfelder</i> |   |

**Exkurs:**

Im DALI-System werden verschiedene Komponenten aus dem gebäudetechnischen Teilgewerk „Beleuchtung“ verwendet. So kommen unter anderem lichtabhängige Sensoren, Leuchtdioden und Dimmer zum Einsatz. Der Zweck der Komponenten ist meist bekannt, wohingegen die technischen und physikalischen Hintergründe die zum Verständnis der Funktionsweise führen, oftmals unbekannt sind.

*Erstellen Sie in Kleingruppen unter Verwendung der verfügbaren Fachliteratur, des Tabellenbuches und des Internets aussagekräftiges Plakat (alternativ Informationsblatt) zu einer der oben genannten technischen Komponenten (Lichtabhängige Sensoren oder Leuchtdiode oder Dimmer).*

*Verwenden Sie in Ihrer Ausarbeitung Kennlinien und aussagekräftige Technologieschemen. Vermeiden Sie das Kopieren von Fließtext. Präsentieren Sie Ihre Arbeitsergebnisse der Klasse.*



1.4.2 Ehe die Planung der Installation des Beleuchtungskonzepts konkret angegangen werden kann muss die Konzeption des DALI-Stromkreises und dessen Randbedingungen klar sein. Hierfür

*Lesen Sie sich den folgenden Text zur den installationsspezifischen Randbedingungen bezüglich des DALI-Systems. Ergänzen Sie erforderliche Formeln für die Leitungslänge und den Querschnitt.*

## Installationspezifische Randbedingungen eines DALI-Systems

Die räumliche Ausdehnung des DALI-Systems ist auf eine Leitungslänge von 300 m begrenzt. Die Verwendung eines Querschnitts von 1,5 mm<sup>2</sup> gewährleistet, dass der maximal zulässige Spannungsfall auf der Steuerleitung von 2 V bei einer Steuerspannung von 16 V eingehalten wird. Prinzipiell sind auch geringere Querschnitte erlaubt, allerdings reduziert sich damit auch die maximal zulässige Leitungslänge.

Leitungslänge	Mindestquerschnitt
< 100 Meter	0,5 mm <sup>2</sup>
100-150 Meter	0,75 mm <sup>2</sup>
> 150 Meter	1,5 mm <sup>2</sup>

Für die Einhaltung des Spannungsfalls ist auch die reelle Stromaufnahme des DALI-Systems von Bedeutung. Dabei darf die Summe der aufgenommenen Stromstärken aller DALI-Betriebsgeräte den maximalen Strom des DALI-Steuergerätes bzw. der DALI-Spannungsversorgung nicht überschreiten. Dieser maximale zulässige Strom ist auf 250 mA begrenzt.

Generell lässt sich sagen: Je geringer die aufgenommene Gesamtstromstärke des DALI-Kreises und je kürzer die Leitungslänge, desto geringer ist der zu erwartende Spannungsfall.

Die Berechnung des maximalen zulässigen Spannungsfalls erfolgt über die aus der Installationstechnik bekannte Beziehung:

Spannungsfall  $\Delta U$ :

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot A}$$

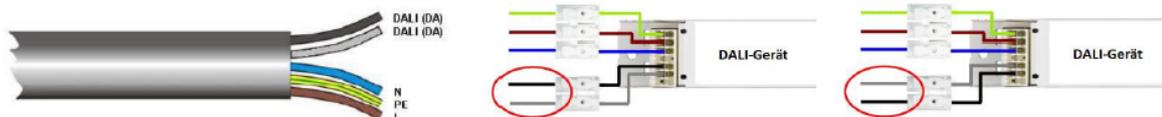
Maximale Leitungslänge l:

$$l = \frac{\Delta U \cdot \gamma \cdot A}{2 \cdot I}$$

Mindestquerschnitt A:

$$A = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot \Delta U}$$

Zur Verdrahtung eignet sich eine 5-adrige NYM-Leitung, da bei DALI Netzleitung und Busleitung innerhalb einer Leitung geführt werden können. Für den Steuerstromkreis sind zwei Adern der Leitung erforderlich. DALI unterliegt keiner Polarität, somit kann ein Vertauschen von + und – nicht auftreten.



Bei der Wahl der Verdrahtungstopologie ist darauf zu achten, dass der DALI-Bus nicht für Ringstrukturen oder vermischte Netze ausgelegt ist. Die Systemkomponenten sind in Stern- oder in erweiterter Baumstruktur ohne Vermaschung

Im Installationsplan der DALI-Anwendung sollten schließlich folgende Aspekte abdeckt werden:

- Die Positionierung aller DALI-Geräte (inklusive Gerätetyp und Gerätename)
- Die Gruppierung der DALI-Geräte
- Die Verdrahtung der DALI-Kreise inkl. der Abzweigdosen
- Die Leitungslängen der DALI-Kreise

a) Warum wird die räumliche Ausdehnung eines DALI-Systems auf 300 m begrenzt?

Damit wird sichergestellt, dass der maximal zulässige Spannungsfall von 2 V auf der 16 V Steuerleitung eingehalten wird. Voraussetzung ist die Verwendung eines NYM-Querschnitts von 1,5 mm<sup>2</sup>.

b) Welche maximale Leitungslänge (NYM, 1,5 mm<sup>2</sup>) wäre rein theoretisch bei einem Betriebsstrom von 250 mA für die Steuerleitung möglich?

$$l = \frac{\Delta U \cdot \gamma \cdot A}{2 \cdot I} = \frac{2V \cdot 56 \cdot 1,5\text{mm}^2}{2 \cdot 0,15A} = 336 \text{ m}$$

Hinweis: Der maximal zulässige Spannungsfall bei DALI-Betriebsgeräten ist immer messtechnisch zu prüfen. DALI gewährleistet eine sichere Funktionsweise der Betriebsmittel nur bis zu maximal 300 m Leitungslänge!

c) Warum begrenzt DALI die Leitungslänge auf 300 m, wenn die theoretisch zulässige Leitungslänge größer ist?

Anschluss- und Klemmstellen im Stromkreis weisen oftmals höhere Widerstandswerte als Kupferadern auf. Dies wurde bei der Festlegung der Leitungslänge entsprechend berücksichtigt.

d) Überprüfen Sie den Spannungsfall eines DALI-Systems mit einer NYM-Leitung (1,5 mm<sup>2</sup>) und einer Leitungslänge von 122 m für einen DALI-Stromkreis mit 48 LED-Treibern und acht Bedienfeldern.

Dimmbarer DALI LED-Treiber:  $I_{\text{Treiber}} = 2 \text{ mA}$

Bedienfeld:  $I_{\text{Bedienfeld}} = 6 \text{ mA}$

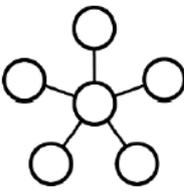
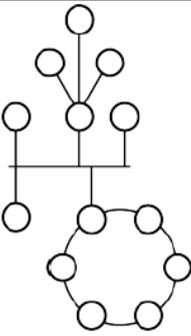
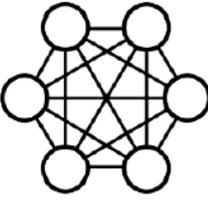
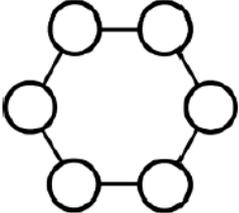
$$I_{\text{Ges}} = 48 \cdot I_{\text{Treiber}} + 8 \cdot I_{\text{Bedienfeld}} = 48 \cdot 2 \text{ mA} + 8 \cdot 6 \text{ mA} = 144 \text{ mA}$$

$$\Delta U = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot A} = \frac{2 \cdot 122 \text{ m} \cdot 144 \text{ mA}}{56 \cdot 1,5 \text{ mm}^2} = 0,42 \text{ V}$$

Der maximal zulässige Spannungsfall im oben genannten DALI-System wird einhalten.

e) Entscheiden Sie durch Ankreuzen, ob die unten dargestellten Bustopologien (A-D) für die Verwendung innerhalb von DALI zulässig oder unzulässig sind.

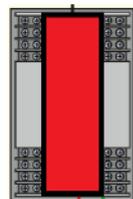
eii) Bezeichnen die Bustopologien mit den korrekten Fachbegriffen.

	A	B	C	D
				
Zulässig	X			
Unzulässig		X	X	X
Bezeichnung	Sternnetz	Vermischtes Netz	Maschennetz	Ringnetz

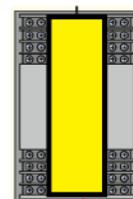
1.5 Die technische Funktionsweise des gewählten Bussystems, die Komponenten und deren Randbedingungen sind nun weitgehend bekannt. Jetzt ist es an der Zeit die entsprechende Hardware zur Umsetzung der Kundenanforderungen auszuwählen. Ihr Chef hat bereits die passenden Leuchtmittel inklusive der zugehörigen Betriebsmittel (Dimmer) sowie die Tageslichtsensoren und insgesamt 4 Bedienpanele herausgesucht und einen Kostenvoranschlag aufgesetzt. Die Tageslichtsensoren sollen via Funk mit den Steuergeräten kommunizieren. Ihre Aufgabe besteht darin, nun ein passendes Steuergerät auszuwählen. Hierfür stehen Ihnen folgende Steuergeräte aus dem Bestellpool zur Verfügung.

a) Analysieren Sie die folgenden DALI-Controller unter Berücksichtigung der Kundenanforderungen sowie der in den Infoboxen dargestellten Informationen zu den Themen DALI-Gruppen und DALI-Szenen.

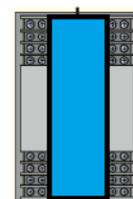
DALI-Controller 1



DALI-Controller 2



DALI-Controller 3



Hersteller	Rot GmbH	Yellow Light Company	Blau AG
Nennspannung	230 V / 50 Hz	230 V / 50 Hz	230 V / 50 Hz
Integrierte Spannungsversorgung	Nein	Ja	Ja
DALI-Spannung	10 V	16 V	9,5-22 V
DALI-Systemstrom	Max. 100 mA	Max. 150 mA	Max. 250 mA
Max. Anzahl an DALI-Teilnehmern	64	64	64
Max. Anzahl an DALI-Gruppen	4	16	16
Max. Anzahl an DALI-Szenen	4	16	16
Max. Anzahl Bedienstellen inkl. Sensoren	4	10	12
Sensor Funkempfang	Nein	Ja	Ja
Sensorschlüsse	2	6	6
Schutzart	IP 20	IP 20	IP20
Nettopreis	55,00 €	85,00 €	100,00 €

#### Infobox DALI-Gruppen

DALI bietet innerhalb eines Bussystems jedes Gerät einer Gruppe von 1 bis 16 zuzuordnen. Dabei kann ein Gerät auch gleichzeitig mehreren Gruppen zugehören. Beispiel:

Gruppe	Lampe 1	Lampe 2	Lampe 3
1	X		X
2		X	
3	X	X	X

#### Infobox DALI-Szenen

Jedes DALI-Gerät verfügt auch über die Möglichkeit mehrere individuelle Lichtszenen zu speichern. Diese Szenen können einen Wert von 0...100% annehmen. Beispiel:

Szene	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
1	Aus	30 %	80 %
2	50 %	Aus	20 %
3	Aus	100 %	Aus

b) Recherchieren Sie in Katalogen und Handreichungen verschiedener Hersteller zu den DALI-Funktionalitäten der Gruppen- und Szenenbeleuchtung.

c) Beschreiben Sie, welche Kundenanforderung mit Hilfe der DALI-Gruppenfunktionalität abgedeckt werden kann.

*Der Kunde wünscht sich eine tageslichtgesteuerte Allgemeinbeleuchtung für sein Büro.*

*Somit können prinzipiell alle Leuchten der Gruppe 1 (Sensorgruppe) zugeordnet werden.*

*Neben Ihrer Zugehörigkeit zur Gruppe 1 sollen die Leuchten an den CAD-Arbeitsplätzen aber auch manuell über Bedienfelder dimmbar sein. Somit können diese beiden Leuchten zusätzlich in einer Gruppe 2 (Manuelle Gruppe) zusammengefasst werden.*

d) Erläutern Sie, inwieweit die Szenenfunktionalität für Ihr Projekt von Bedeutung ist.

*Für seinen Showbereich wünscht sich der Kunde eine Szenenbeleuchtung mit unterschiedlicher Lichtleistung. Hier kann durch Verwendung einer dritten Gruppe eine an die Kundenvorstellung angepasste Leuchtinszenierung umgesetzt werden.*

e) Wählen Sie unter Berücksichtigung aller gegebenen Randbedingungen ein passendes Steuergerät aus dem verfügbaren Pool aus. Begründen Sie Ihre Auswahl.

*Die erforderliche Anzahl an Beleuchtungsszenen und Gruppen wird von allen verfügbaren DALI-Controllern mehr als ausreichend abgedeckt.  
Der DALI Controller 1 erfüllt die Anforderungen des Kunden trotzdem nicht. Er kann die gewünschte Anzahl an Sensorsignalen (6 Tageslichtsensoren!) nicht verarbeiten. Außerdem besitzt er keine Funkschnittstelle.*

*Der DALI Controller 2 und 3 erfüllen die Anforderungen des Kunden. Die Steuergeräte können jeweils die erforderliche Anzahl an Sensorsignalen bedienen und verfügen über eine Funkschnittstelle.*

*Der DALI Controller 2 wäre mit den Kundenanforderungen voll belegt und nicht erweiterbar (6 Sensoren + 4 Bedienfelder), wohingegen der DALI Controller 3 den Anschluss zwei weiterer Bedien- oder Sensorelemente erlaubt. Um den Kunden hier etwas Flexibilität hinsichtlich potenzieller Erweiterungen einzuräumen, fällt die Wahl auf den dritten Controller.*

f) Vervollständigen Sie das vorläufige Angebot Ihres Betriebs für die Umsetzung des vom Architektenbüro gewünschten Beleuchtungskonzepts.

Electric Company  
Stromstraße 11  
01234 Ohmberg  
Tel.: 987 654321

Architekturbüro Müller  
Zeichenallee 99  
01235 Ohmberg-Mitte



Angebot zum Projektvorhaben: „Erneuerung der Beleuchtungsanlage“  
Projektnummer: 99 881      Kunde: Architekturbüro Müller

Pos.	Menge	Bezeichnung	Einzelpreis €	Gesamtpreis €
1	14	LED-Design Büro Pendelleuchte (schwarz) mit integriertem Dimmer inkl. Leuchtmittel	139,-	1946,-
2	6	Tageslichtsensoren (Funkgesteuert)	39,-	234,-
3	4	Design-Bedienfeld (schwarz, matt)	59,-	236,-
4	1	<i>DALI-Controller (Blau AG)</i>	100,-	100,-
5	1	Rolle Mantelleitung (NYM 5x1,5mm <sup>2</sup> )	100,-	100,-
6	1	Klemmen, Schrauben, Montagemittel, etc.	50,-	50,-
7	16	Arbeitsstunden inkl. Gewünschter Montage und Inbetriebnahme	75,-	1200,-
			Summe:	3.866,-
			Zzgl. 19 % Mehrwertsteuer:	734,54
			<b>Gesamtpreis:</b>	<b>4.600,54</b>



## Hinweise zum Unterricht

In der Lernsituation und dem illustrierenden Beispiel wird die theoretische Herangehensweise bei der Konzeption eines kleinen DALI-Systems beschrieben. Die beispielhaft dargestellten Arbeits- und Informationsmaterialien decken etwa zwölf Unterrichtseinheiten ab und können bei Bedarf ergänzt oder gekürzt werden. Als mögliche Fortsetzung der Situation bietet sich eine vereinfachte Anfertigung eines Pflichtenhefts mit entsprechenden Schalt- und Installationsplänen oder einer Umsetzungsbeschreibung an. Im Idealfall können die SuS anschließend ein kleines DALI-System selbst in Betrieb nehmen. Hier können bereits mit einer geringen Anzahl an Lampen pro Versuchsstand die Gruppen- und Szenenfunktionen des Bussystems praktisch erprobt werden. Zudem erhalten die Schüler die Möglichkeit die Parametrierung der DALI-Oberfläche kennenzulernen. Durch einen modularen Versuchsaufbau könnte beispielsweise bei Austausch der Busleitungen (2 Adern einer NYM-Leitung, unterschiedliche Querschnitte und/oder Leitungslängen) der Einfluss des Querschnitts und/oder der Leitungslänge auf den Spannungsfall mit Diagnosegeräten untersucht werden. Abschließend kann eine situative Einweisung des Kunden in die Anlage (Versuchsaufbau) inklusive eines dazugehörigen Übergabeprotokolls durchgeführt werden. Sollte der Zeitumfang der Lernsituation zu knapp bemessen sein, besteht die Möglichkeit sprachintensive Teilmomente wie die Umsetzungsbeschreibung des Pflichtenhefts oder das Übergabeprotokoll in den Deutschunterricht zu integrieren.

## Quellen- und Literaturangaben

### Fachliteratur

- Fachkundebuch, Europa-Verlag
- Herstellerkataloge