

5.4 Bussysteme in der Geäudeautomation

Digital Addressable Lighting Interface (DALI)

Lernziele

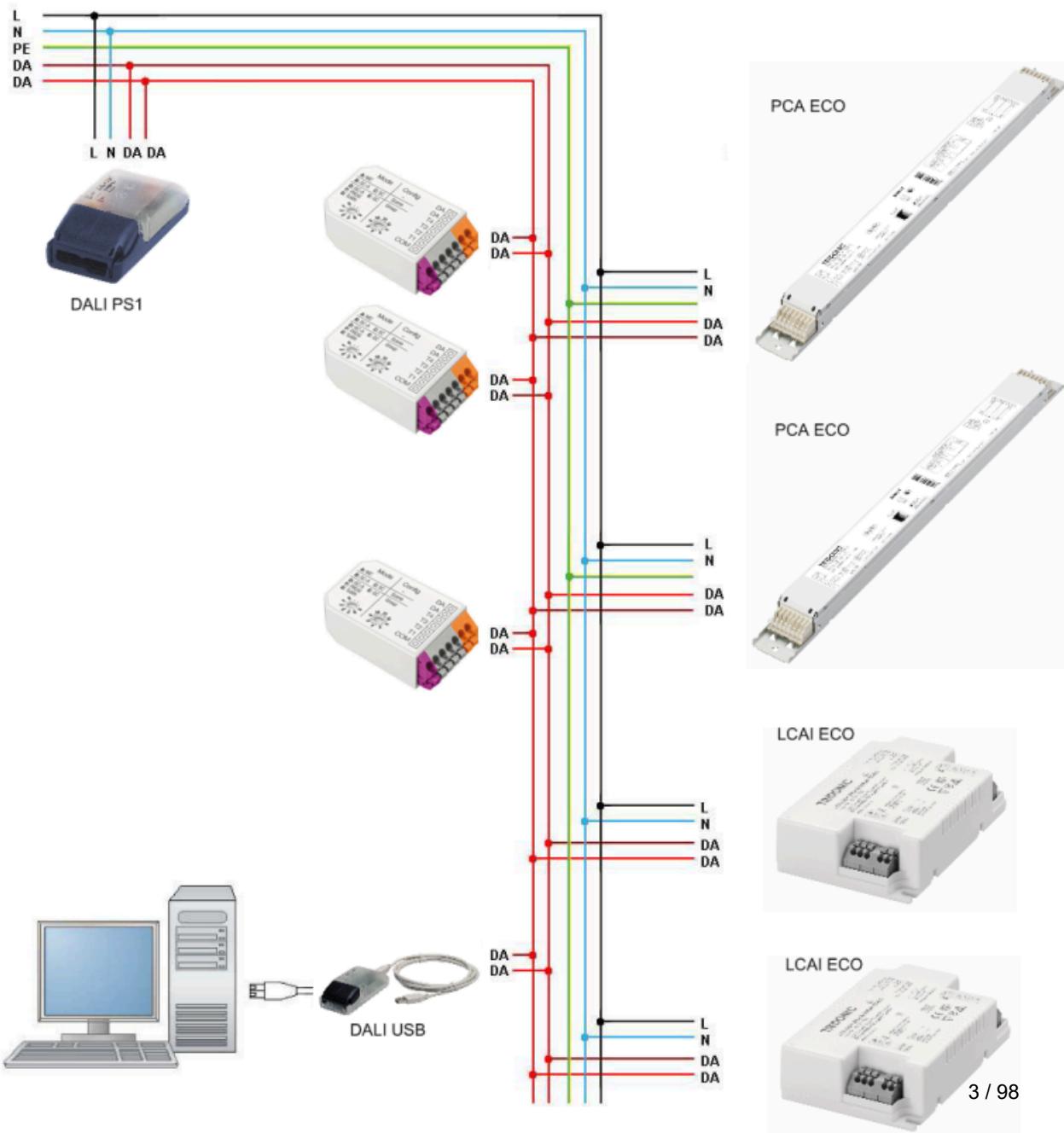
Nach dieser Einheit sind Sie in der Lage dazu

- Komponenten zum Aufbau eines DALI-Systems auswählen
- die Grundlagen von Szenen und Gruppensteuerung beschreiben
- geeigneten Leitungsdurchmesser/Länge einer DALI-Installation bestimmen

DALI Grund-Komponenten

- **Stromversorgung (DALI PS1)** -
Alternativ über Klemme oder
Netzteil
- **Steuerkontroller (links):**
Mikrocontroller mit Buszugriff mit
Tastern oder anderen
Schnittstellen verbunden
- **LED oder Leuchten-Treiber**
(rechts): Mikrocontroller und
Versorger der Leuchtmittel mit
Energie
- DALI-USB: Schnittstelle zur
Programmierung ggf. ersetzt
durch SPS zur Steuerung des
Bussystems

Abbildung: Verdrahtungsdiagramm



- **Protokoll für lichttechnische Betriebsgeräte**
- **kein gesamtheitliches Bussystem** für Gebäude systemtechnik
- **dezentrales** Lichtmanagement für max. 64 Teilnehmer (Betriebsgeräte) mit frei definierbaren 16 **Gruppen** und 16 **Szenen**
- über Gateways auch in die Gebäude systemtechnik (KNX, BACnet, etc.) integrierbar



Gruppen

- Mehrere Leuchtmittel werden zusammengefasst und können über eine gemeinsame Gruppen-Adresse angesprochen



Szene 2 (100 %, 100 %)



Szene 3 (50 %, 20 %)

Szenen

- Vordefinierte Einstellungen für verschiedene Gruppen und Leuchtmittel für bestimmte Situationen



Szene 2 (100 %, 100 %)

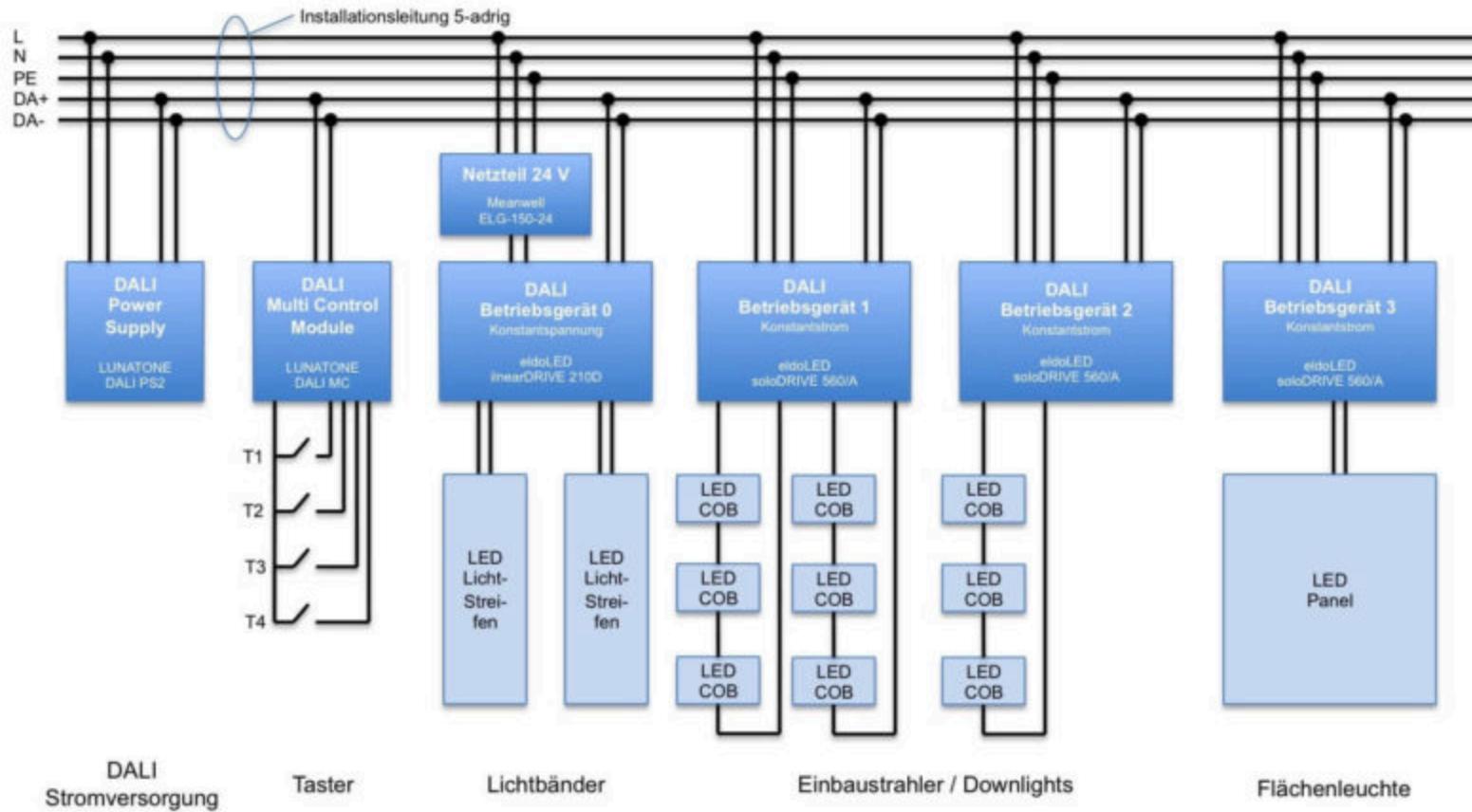


Szene 3 (50 %, 20 %)

Technische Grundlagen

- Separates Kabel mit zwei Signaleitern und Spannungsversorgung
- Spannung der Busleitung 9,5 – 22,4 V
- Systemstrom max. 250 mA
(zur Versorgung keiner Betriebsgeräte z.B. Steuergeräte für Schalter)
- Datenübertragungsgeschwindigkeit 1200 Baud
- Maximale einfache Leitungslänge 300 m (bei 1.5 mm²)

Aufbau



Quelle

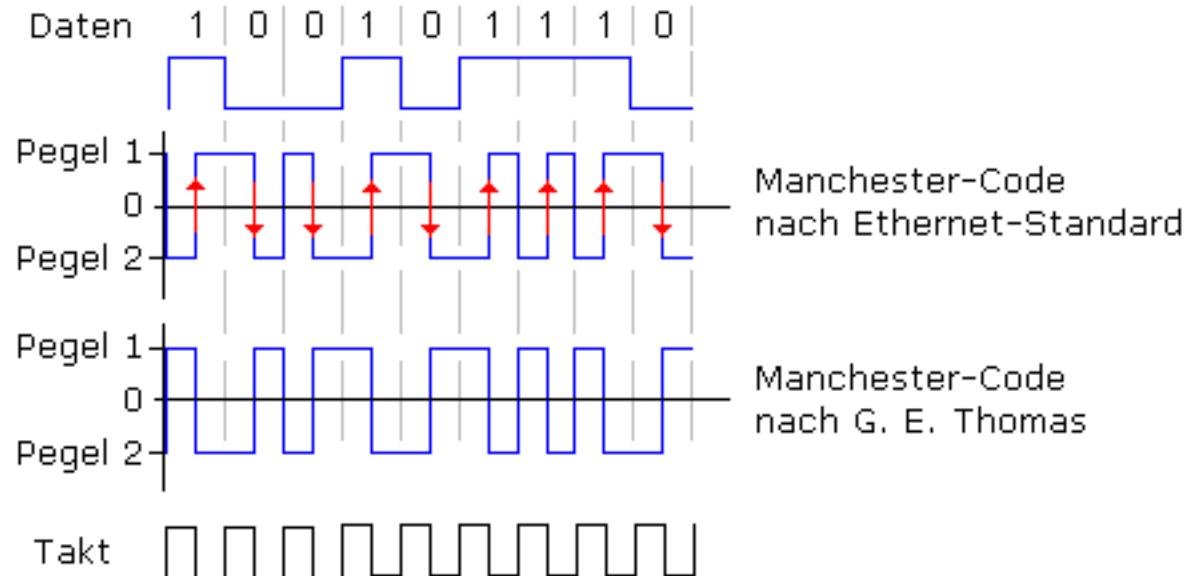
Merkmale von DALI

- Installation:
 - **Versorgungs- und Steueradern** können zusammen **im selben Kabel** verlegt werden.
 - Die **Verdrahtung** kann in Reihe, sternförmig oder in einer **gemischten Form** erfolgen.
 - Keine Polarität: Die Polarität (DA+/DA-) der DALI-Steuerleitung muss nicht beachtet werden
- **Verteilte Intelligenz:**
 - Jeder Controller arbeitet als "Master" und kontrolliert dabei die Kommunikation auf (**Multi-Master**) der Steuerleitung.
 - Gewisse **Parameter** sind dabei direkt **im DALI-Betriebsgerät** abgelegt (z.B. Szenenwerte, Gruppenadresse).

Quelle

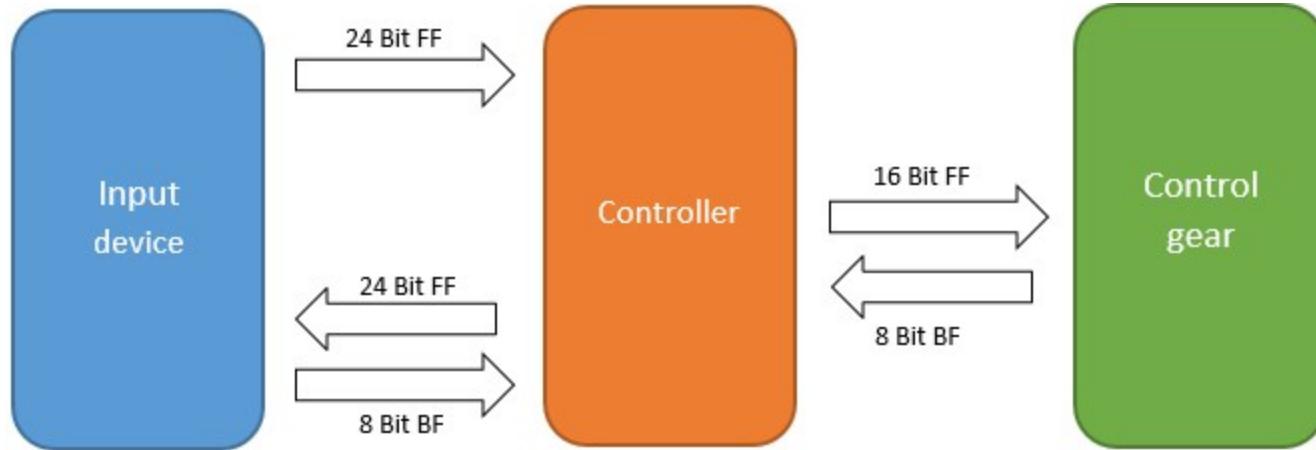
Technische Hintergründe

- Kodierung:
 - Manchester-Codierung
 - High Pegel (idle): 9.5 bis 22.5 V
 - Low Pegel: –6.5 bis 6.5 V
- Buszugriff:
 - Multi-Master
 - CS/MA - CA
 - Echtzeitfähig?
 - nein



Quelle

Telegramm-Format



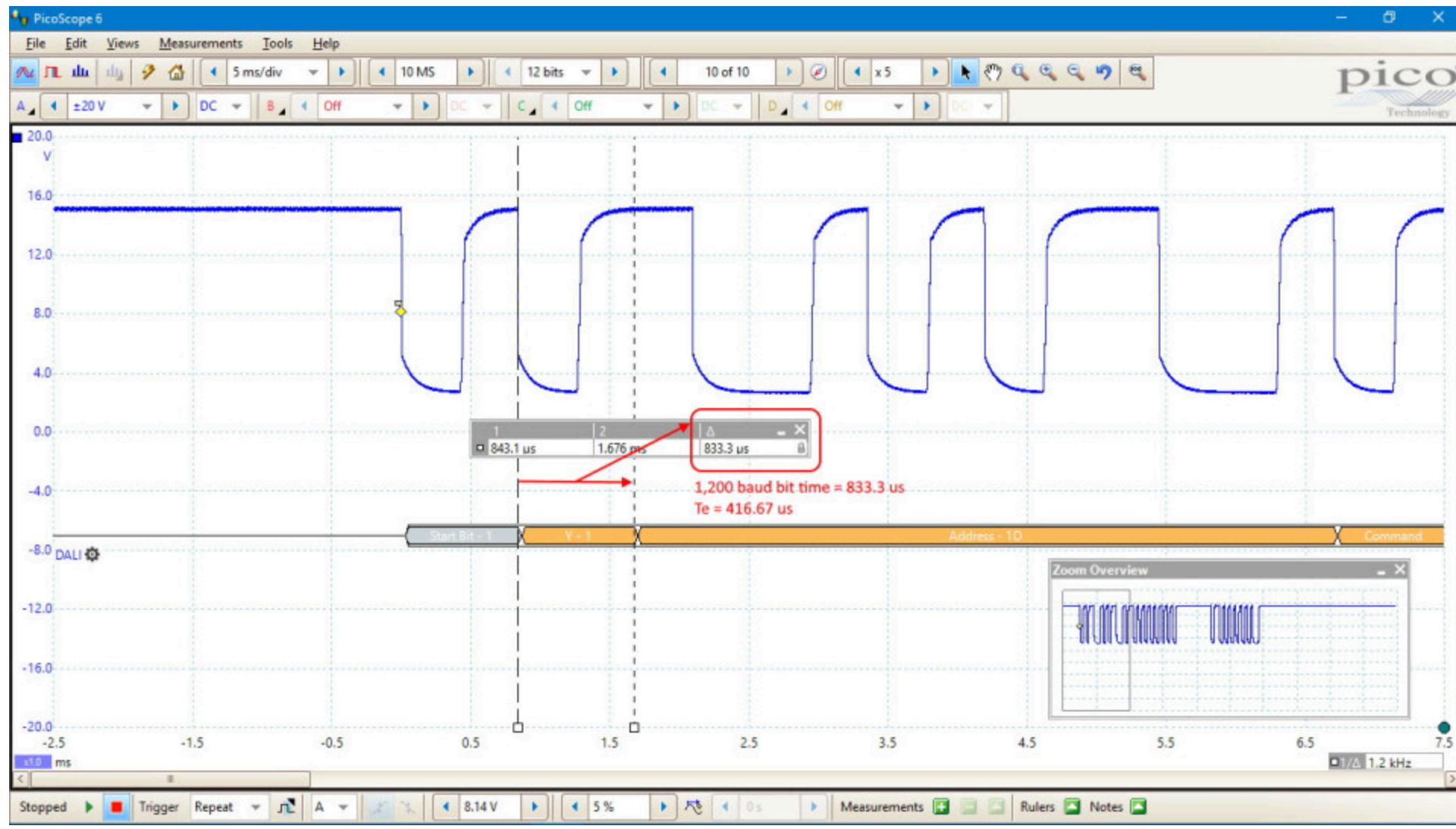
Quelle

- FF: Forward Frame eines Masters
- BF: Backward Frame Antwort eines Slaves
- 16-und-24-Bit-Telegramme: Geräte zu konfigurieren, Parameter abzufragen oder Steuerbefehle oder Ereignisse

Forward Frame

Start bit Logic 1	Address field								Data field								Stop bits Idle line	
	Y	A5	A4	A3	A2	A1	A0	S	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	0	= Individual or short address								If 0, Data byte = direct arc power level								
	1	= Group address or broadcast								If 1, Data byte = command								

Quelle



- 1-1-01110...

Stromversorgung

- Versorgt den gesamten DALI-DALI-Kreis mit **24 V Gleichstrom**
- z.B. Leuchtmittel >5 W, Steuercontroller



Steuermodule

- Bieten **Eingänge für Taster** (Lichtschalter)
- Können **Logik** für die Steuerung basierend auf den Eingaben ausführen



Steuermodule Betriebsarten

Betriebsart	Beschreibung
MC	Einfachtaster und/oder Doppeltaster und/oder Schalter
SC-A	Einfachtaster für Szenenaufruf
GC-A	Einfachtaster und/oder Doppeltaster für Leuchtengruppen ein/aus/gedimmt
TuWh	Doppeltaster für Intensität und Farbtemperatur von "Tunable White"

Quelle

Touchpanele

- Ermöglichen **komplexere Eingaben** als einfache Taster
- **Ausgaben** möglich: z.B. aktuelle Szene mit mit Licht hinterlegen



Sensoren

- Erfassen Umweltparameter, wie
Helligkeit und Bewegungen



Betriebsgeräte

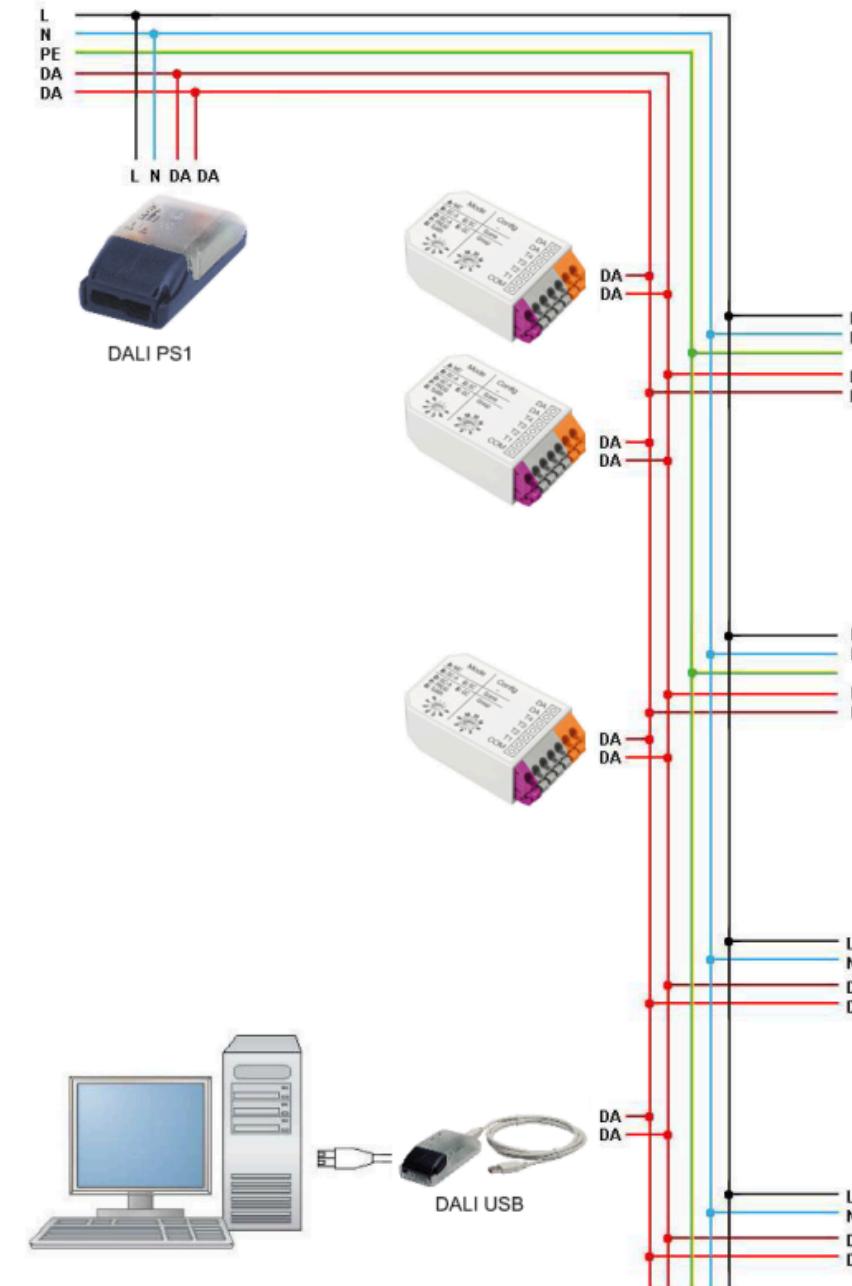
- Steuerung und/oder **Stromversorgung** von Leuchtmitteln (z.B. LEDs)
- Teilweise Transformatoren und Gleichrichter für $230V/AC$
- Mehrere Betriebsgeräte können zu **einer Gruppe zusammengefasst** werden



Technischer Rahmen einer Installation

- Max. 64 DALI-Betriebsgeräte (2^6 Adressen)
- Max. 16 DALI-Gruppen (2^4 Adressen)
- Max. 16 DALI-Szenen (2^4 Adressen)
- **Maximaler Strom** der Stromversorgung (DALI PS1: 200 mA bzw. DALI PS2 240 mA).
- Max. Leitungslänge aus **Spannungsabfall** (2 V d.h. 300 m bei 1,5 mm²)

Abbildung: Verdrahtungsdiagramm



Stromaufnahme berechnen

- Ist die Stromversorgung stark genug für alle Betriebsmittel?
- Hierbei sind nur die Controller gemeint, die durch die DALI-Leitung versorgt werden

Quelle

1. Stromaufnahme abschätzen

- Jedes Gerät im DALI-Kreis nimmt über den DALI-Kreis Strom auf (parallel)
- Die Stromaufnahme der Steuer- und Betriebsgeräte aus Datenblatt (ca. 2 mA).
- maximalen Strom der Stromversorgung z.B. DALI PS1 (200 mA)
- Beispiel: DALI-Kreis mit 24 dimmbaren LED Treibern (LCA), 6 DALI XC
 - Gesamtstrom = Summe Stromaufnahme DALI Betriebsgeräte + Summe Stromaufnahme DALI Steuergeräte
 - Gesamtstrom = $24 \times 2 \text{ mA} + 6 \times 6 \text{ mA} = 84 \text{ mA}$

2. Maximale Kabellänge berechnen

- Spannungsabfall durch Kabel darf 2 V nicht überschreiten
- Berechnung des Spannungsabfalls:

$$U_v = RI = \frac{2 \cdot l}{\gamma \cdot S} \cdot I$$

U_v Spannungsabfall in V

I Strom in A

S Querschnitt in mm^2

l Leitungslänge in m

γ Elektrische Leitfähigkeit in $\frac{m}{\Omega \cdot mm}$, bei Kupferleitungen: $56 \frac{m}{\Omega \cdot mm}$

- Beispiel: DALI-Kreis mit einer Leitungslänge von $300m$ und einem Drahtquerschnitt von $1.5mm^2$ und maximalem Strom von 250 mA

$$U_v = \frac{2 \cdot l \cdot I}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 300m \cdot 0.25A}{56 \frac{m}{\Omega mm^2} \cdot 1.5mm^2} = 1.786V$$

- Spannungsabfall über Kabel ist kleiner als $2V$

Verdrahtung

- handelsübliches Installationsmaterial
- 2 Adern für DALI-Steuerkreis



Quelle

Anschluss

- auf Polarität der DALI-Leitung muss nicht beachtet werden
- DALI-Signal ist **nicht SELV**. Es gelten die Installationsvorschriften für Niederspannung.



Quelle

- **Safety Extra Low Voltage**= Sicherheitskleinspannung) bezeichnet Spannungen, die aufgrund ihrer geringen Spannungshöhe und Isolierung besonderen Schutz gegen elektrischen Schlag bieten

Konfiguration

- Bussysteme werden in der Regel nicht programmiert, sondern anhand von bestehenden Bausteinen einer SPS oder hersteller-spezifischer Software konfiguriert
- Jedem Gerät werden bestimmte Eigenschaftswerte zugewiesen
- Steuer-Controller:
 - Für welche Funktion ist der Schalter zuständig (Szenen, Gruppen, Dimmen)
 - Für welche Leuchtmittel und Gruppen ist der Schalter genau zuständig
- LED-Controller:
 - Zuordnung zu Szenen und Gruppen
 - Zuordnung von Leuchtwerten

Software-seitige Konfiguration

Je nach Bussystem stellen verschiedene Anbieter, verschiedene Softwarelösungen bereit.

New project - masterCONFIGURATOR V2.35.0.913

Settings Commissioning Tools View ?

DALI USB (12648)
LED (A0)

read Update Device List

Device Information
Name: LCO 40/200-1050/64 pD+ NF C PRE3
Date of manufacture: 09/04/2020 Firmware version: V2.1 DALI version: V2.0 eD version: V1.4 Article number: 87500830 Serial number: 0001404755.000517 Light source: LED

Basic configuration LED Status LED

Member of group(s)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Set scenes

<input type="checkbox"/> Scene 0 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 4 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 8 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 12 MASK
<input type="checkbox"/> Scene 1 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 5 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 9 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 13 MASK
<input type="checkbox"/> Scene 2 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 6 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 10 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 14 MASK
<input type="checkbox"/> Scene 3 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 7 MASK	<input type="checkbox"/> Scene 11 MASK	<input checked="" type="checkbox"/> Scene 15 24 % [202]

Set DALI default parameters

Fade time:	0.7 s [1]	Ext. Fade Time:	1	x	=
Fade rate:	45 Steps/s [7]				
Minimum level:	5.1 % [145]	Physical lower limit:	5.1 % [145]		
Maximum level:	100 % [254]				
Power On Level:	100 % [254]				
System Failure Level:	100 % [254]				

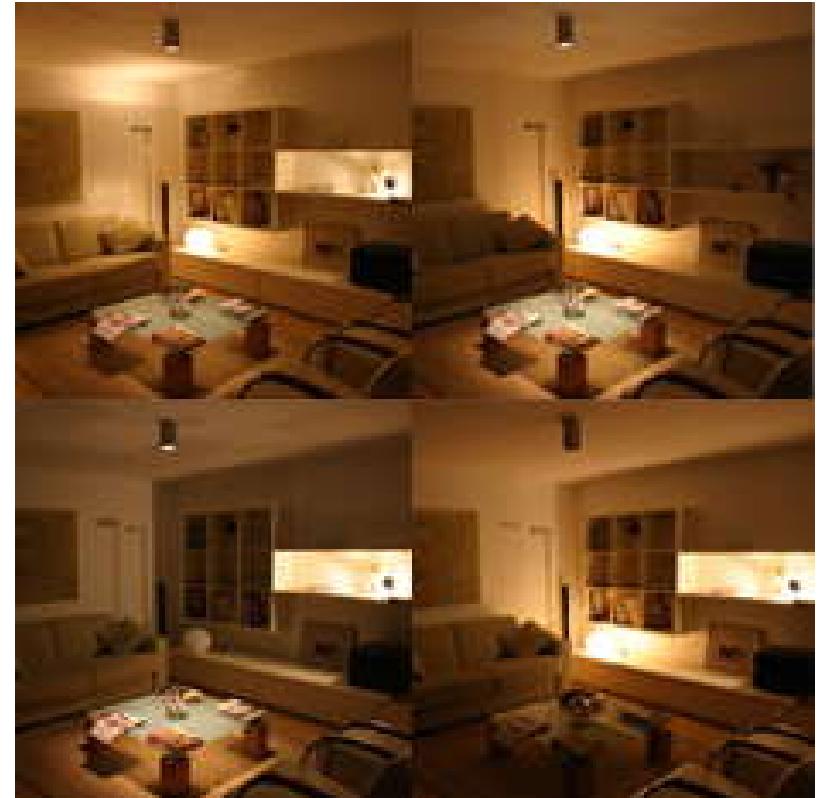
TRIDONIC

Individualadressen und Gruppen

- jeder **DALI Teilnehmer** hat eine (von 64) **Individualadressen**
- Mit der Individualadresse kann jedes einzelne Betriebsgerät identifiziert und angesteuert werden.
- **Mehrkanaligen Betriebsgeräten** sind ggf. mehrere Adressen zuzuordnen (z.B. **Dimmen + Farbe** oder **Warm- + Kaltweiß**)
- Zusätzlich zu den Individualadressen bis zu **16 Gruppenadressen**

Szenen

- bis zu 16 Lichtszenen (Einstellung verschiedener Beleuchtungssituationen)
- **jedem Vorschaltgerät kann ein individueller Lichtwert je Szene hinterlegt werden**
- **Lichtszenen unabhängig von der Gruppenzuordnung**



[Quelle](#)

Farbsteuerung

- Mögliche Farbkanäle
 - RGB: **Drei Kanäle** für rote, grüne und blaue LEDs
 - RGBW: RGB + weißen Lichtquelle (4)
 - RGBWW: Weiß-Weiß (tunable white) für die Wärme-Steuerung des weißen Lichts (2)
- Ansteuerung:
 - DT6: Jeder **Farbkanal** hat eine **eigene DALI-Adresse**. Statt 64 können bei RGBW nur noch 16 Leuchtmittel gesteuert werden
 - DT8: Nur eine Adresse pro Gerät



Anwendungsbeispiel Besprechungszimmer

Besprechungszimmer für ca. 10 Personen

- 6 LED **Langfeldleuchten** und 2 LED **Downlights**.
- **je eine Gruppe** für Langfeldleuchten und Downlights
- Bedienung
 - an Tür: DALI XC (SC Modus) mit den **Szenen „Beleuchtung ein“** und **„Beleuchtung aus“**
 - an Fensterfront 2 DALI XC (SC und GC): Aufrufen von **vier Szenen** und das individuelle **Dimmen der beiden Leuchengruppen**.



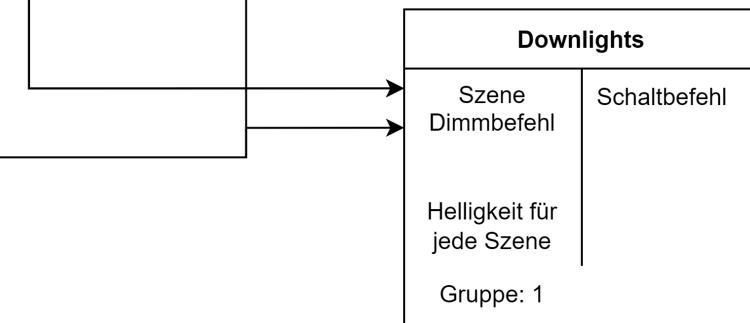
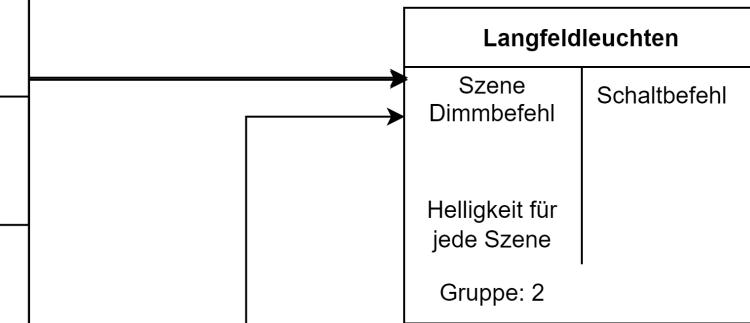
Quelle



Szenenauswahl an/aus	
Taster-Aktivierung	Szene
Taster-Belegung Modus	

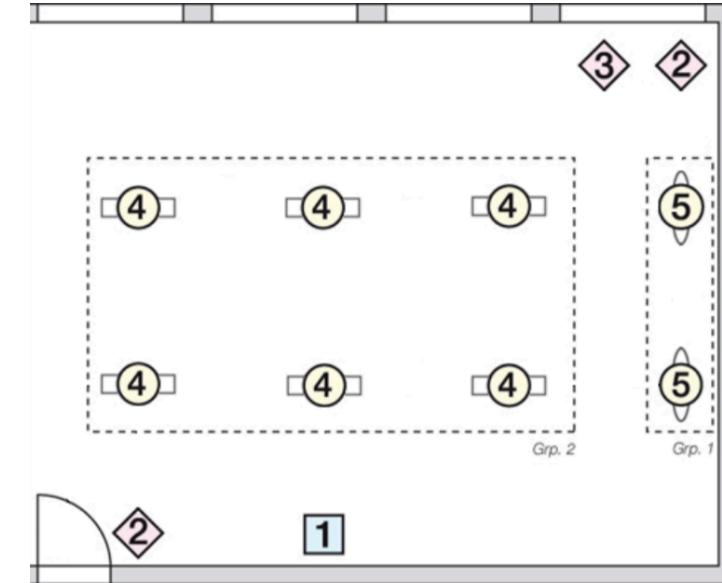
Szenenauswahl 1-4	
Taster-Aktivierung	Szene
Taster-Belegung Modus	

Dimmfunktion	
Taster-Aktivierung	Dimmbefehl für Adresse
Taster-Belegung Modus	



Stückliste

Pos.	Stück	Artikelbezeichnung
1	1	DALI Stromversorgung DALI PS1 / DALI PS2
2	2	DALI XC in SC Modus (Szenenkontroller) DALI XC
3	1	DALI XC in GC Modus (Gruppenkontroller) DALI XC
4	6	DALI LED Betriebsgerät für Langfeldleuchte LCAI one4all
		DALI FD Betriebsgerät für I FD



[Quelle](#)

Checkliste

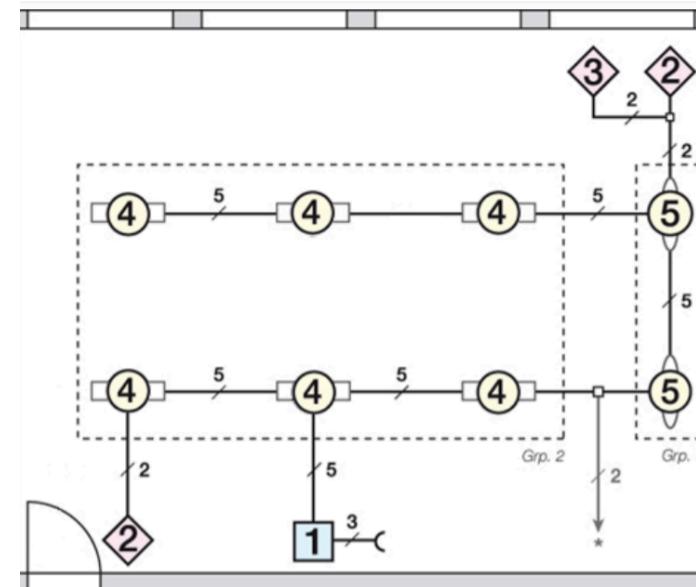
DALI Bedingung	Im Objekt geplant / vorhanden	OK?
Max. 64 DALI Betriebsgeräte	8 DALI Betriebsgeräte	
Max. 16 Gruppen	2 Gruppen	
Max. 16 Szenen	4 Szenen	
Strom DALI-Kreis < Nennstrom Power Supply	34 mA	
Leitungslänge < 300 m (bei 1,5mm ²)	ca. 20m	
5 Adern zu jeder Leuchte	5 x 1,5mm ²	

Quelle

Gruppierung

Komponente	Zuordnung
Downlights	Gruppe 1
Langfeldleuchten	Gruppe 2

- an Fensterfront DALI XC (GC):
 - individuelle **Dimmen der beiden Leuchtengruppen.**
 - 4 Taster, je zwei für jede Gruppe



Quelle

Szenenzuordnung

- an Tür: DALI XC (SC Modus) mit den **Szenen „Beleuchtung ein“ und „Beleuchtung aus“**
- an Fensterfront 1 DALI XC (SC):
 - Aufrufen von **vier Szenen**
 - individuelle **Dimmen der beiden Leuchtengruppen.**

	Bedienstelle Tür	Bedienstelle Leinwand	G1	G2
Szene 1	Licht aus	Licht aus	0 %	0%
Szene 2	Licht 100 %	Licht 100 %	100%	100%
Szene 3	nicht verdrahtet	Präsentation	50%	20 %

Quelle

- Schalter im Programmiermodus
- PC-Anbindung mit Software

Quelle

Ergebnis



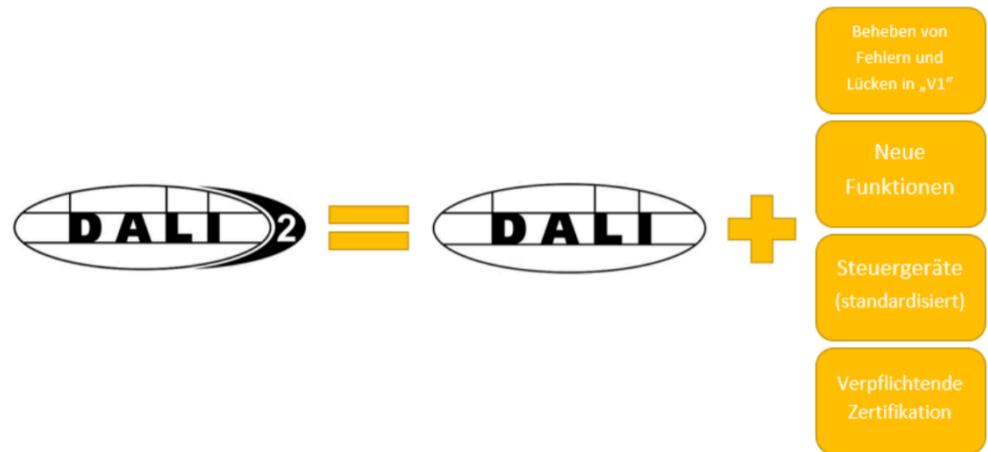
Szene 2 (100 %, 100 %)



Szene 3 (50 %, 20 %)

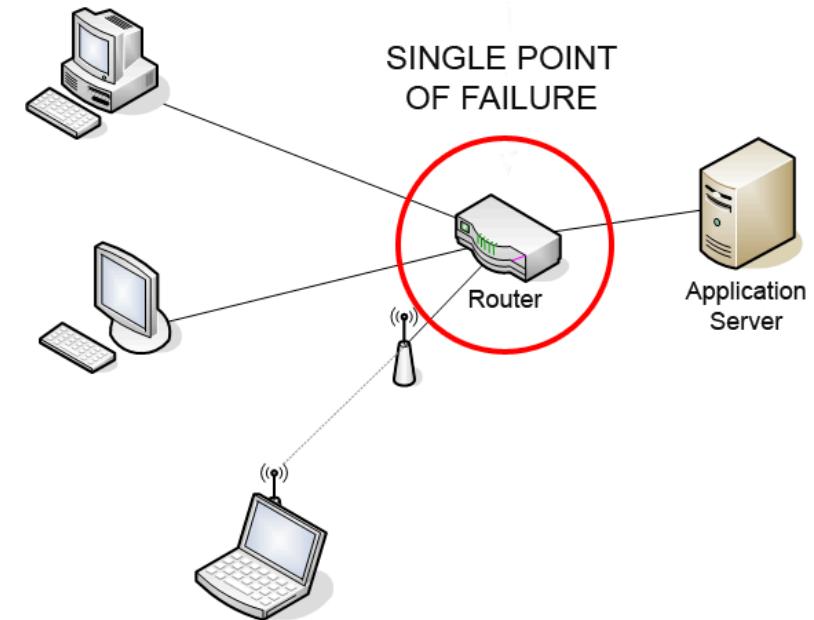
DALI 2

- abwärtskompatibel
- Input Devices (Sensoren) kommunizieren nicht mehr direkt mit DALI-Treibern an Leuchtmitteln
- Application controller verarbeiten zuerst (Multimaster Prinzip)
- Kollisions-Erkennung



Ausfallsicherheit

- da Bussysteme aus mehreren Komponenten bestehen, wird das Fehlermanagement komplexer
- Single-Point-of-Failure: Ein Teil des Systems, dessen Ausfall zum Totalversagen führen kann
- Neben redundanter Auslegung kann eine Fehler-Analyse helfen resiliente Systeme zu entwerfen

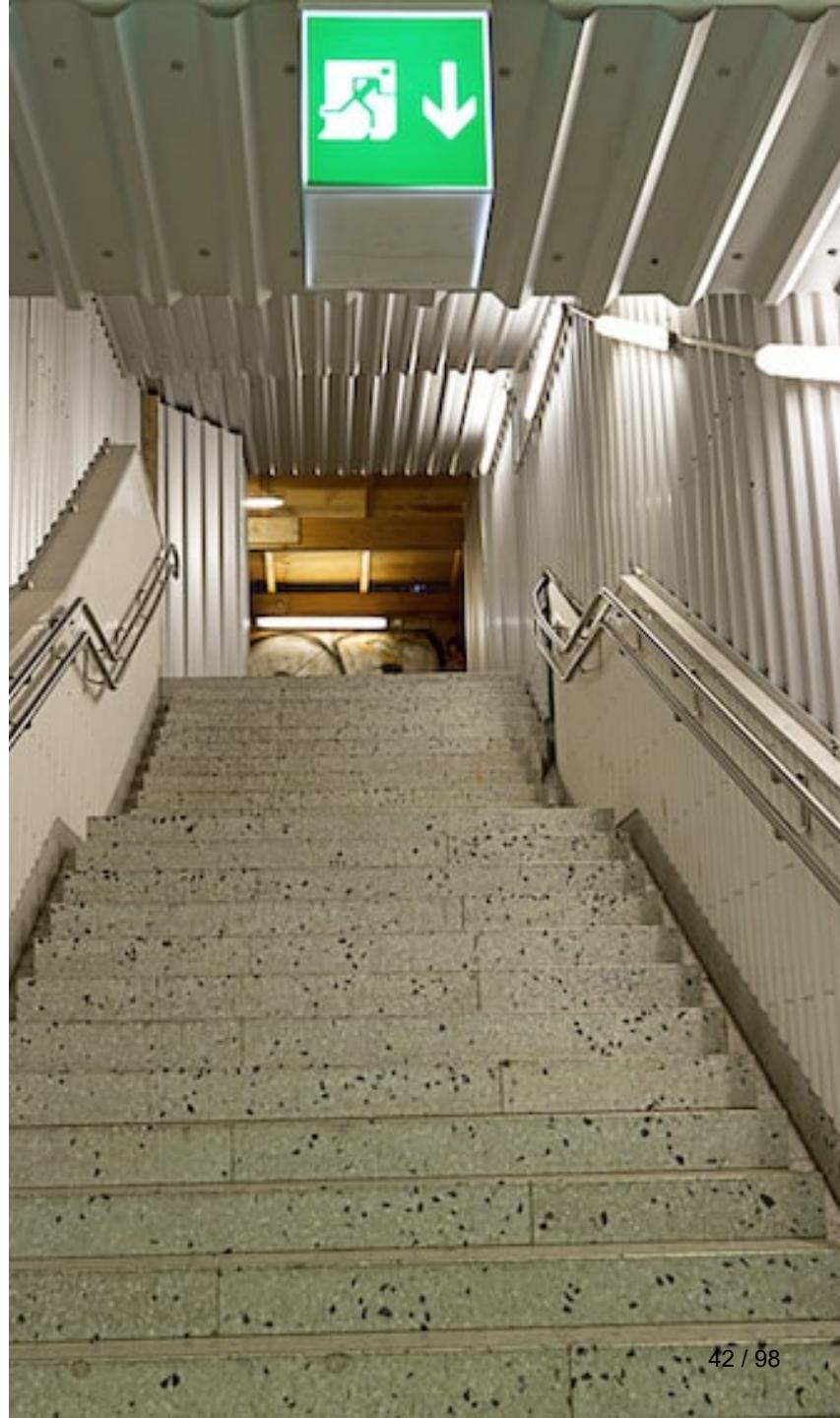


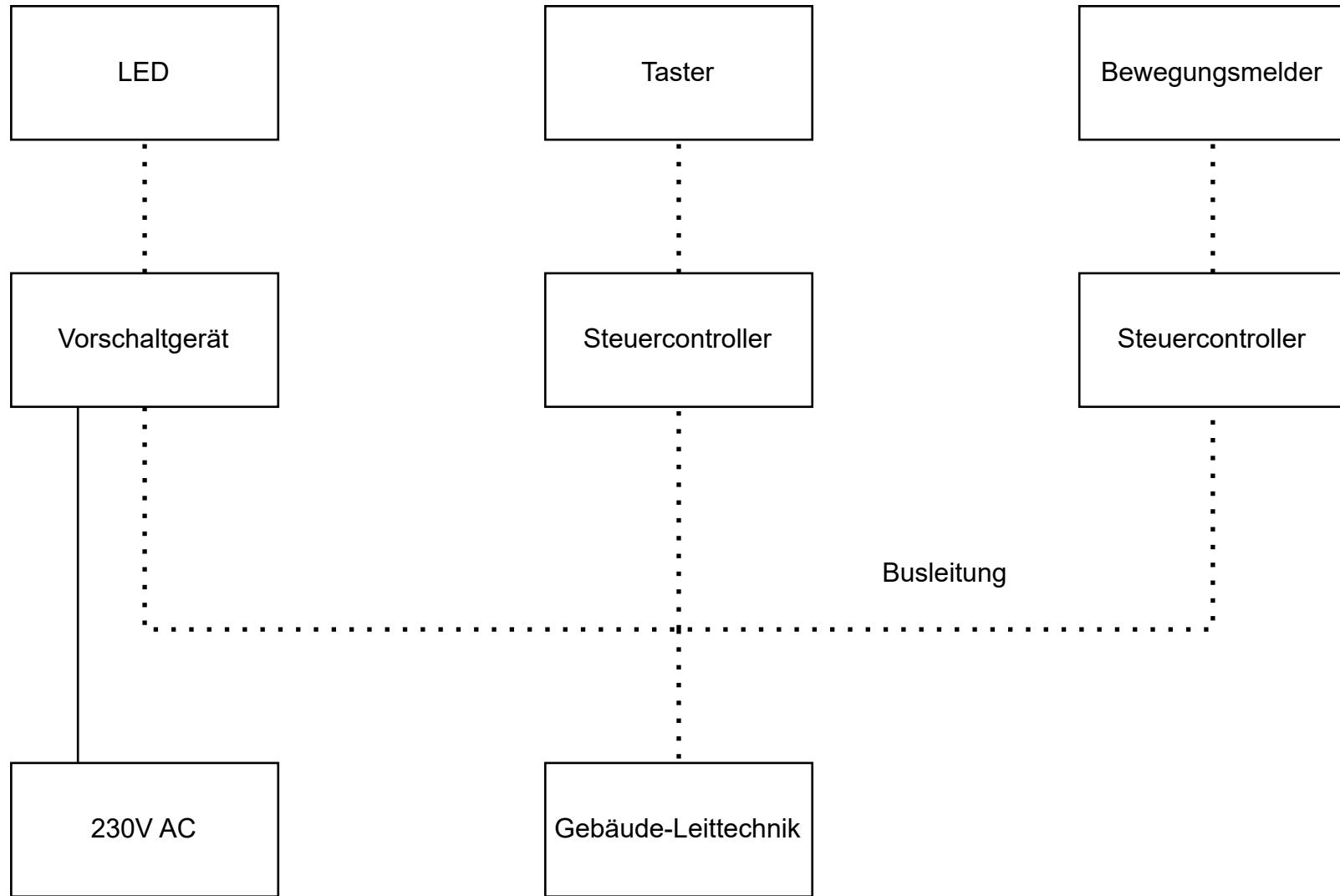
Einfluss-Analyse

- *was-wäre-wenn?*
- Für jede Komponente wird untersucht: was passiert, wenn diese Komponente ausfällt
- Was wäre der gewünschte Zustand des Systems? (i.d.R. festgelegt durch die Akteure)

Beispiel: Beleuchtung in Treppenhäusern

- Licht sollte nicht ohne Bedarf brennen
- Licht kann über Taster, Bewegungsmelder oder GLT aktiviert werden
- In der GLT kann der Systemzustand überwacht werden
- im Falle eines Notfalls muss das Licht in jedem Fall brennen





Buskomponenten

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
LED	AN	Defekte Lampe wird angezeigt		
Vorschaltgerät	AN	Defektes Vorschaltgerät wird angezeigt		
Stromversorgung	AN	Ausfall wird angezeigt		
Busleitung	AN	Störung wird angezeigt		

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
Steuercontroller	AN	Defekter Steuercontroller wird angezeigt		
Taster	AN	Defekter Taster wird angezeigt		
Bewegungsmelder	AN	Defekter Taster wird angezeigt		

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
LED	AN	Defekte Lampe wird angezeigt		

- 1: Nur durch Redundanz möglich
- 2: Das Vorschaltgerät muss in der Lage sein den Ausfall der LED zu erkennen und an die GLT übermitteln

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
Vorschaltgerät	AN	Defektes Vorschaltgerät wird angezeigt		

- 1: i.d.R. Nicht möglich
- 2: Regelmäßiges ansprechen des Vorschaltgerät durch GLT. Meldung bei nicht erreichen

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
Stromversorgung	AN	Ausfall wird angezeigt		

- 1: i.d.R. Nicht möglich
- 2: Regelmäßiges Ansprechen des Vorschaltgerät durch GLT. Meldung bei nicht erreichen

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
Busleitung	AN	Störung wird angezeigt		

- 1: Bei Fehlersignal auf Busleitung schaltet das Vorschaltgerät an
- 2: Regelmäßiges Ansprechen des Gateways durch GLT. Meldung bei Problemen

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
Steuercontroller	AN	Defekter Steuercontroller wird angezeigt		

- 1: Bei Ausbleiben eines Steuerbefehls an Vorschaltgerät für länger als konfigurierte Zeit wird dies als Befehl zum Anschalten interpretiert
- 2: Regelmäßiges Ansprechen des Steuercontrollers durch GLT. Meldung bei nicht erreichen

Komponente \ Aktoren	1 Beleuchtung Notausgang	2 Anzeige Gebäudeleittechnik	Wie wird 1 erreicht?	Wie wird 2 erreicht?
Bewegungsmelder / Taster	AN	Vermuteter Defekt wird angezeigt		

- 1: Bei Ausbleiben eines Steuerbefehls an Vorschaltgerät für länger als konfigurierte Zeit wird dies als Befehl zum Anschalten interpretiert
- 2: Bei längerem Ausbleiben eines Steuerbefehls der Steuercontroller wird eine Warnung angezeigt

KNX

Lernziele

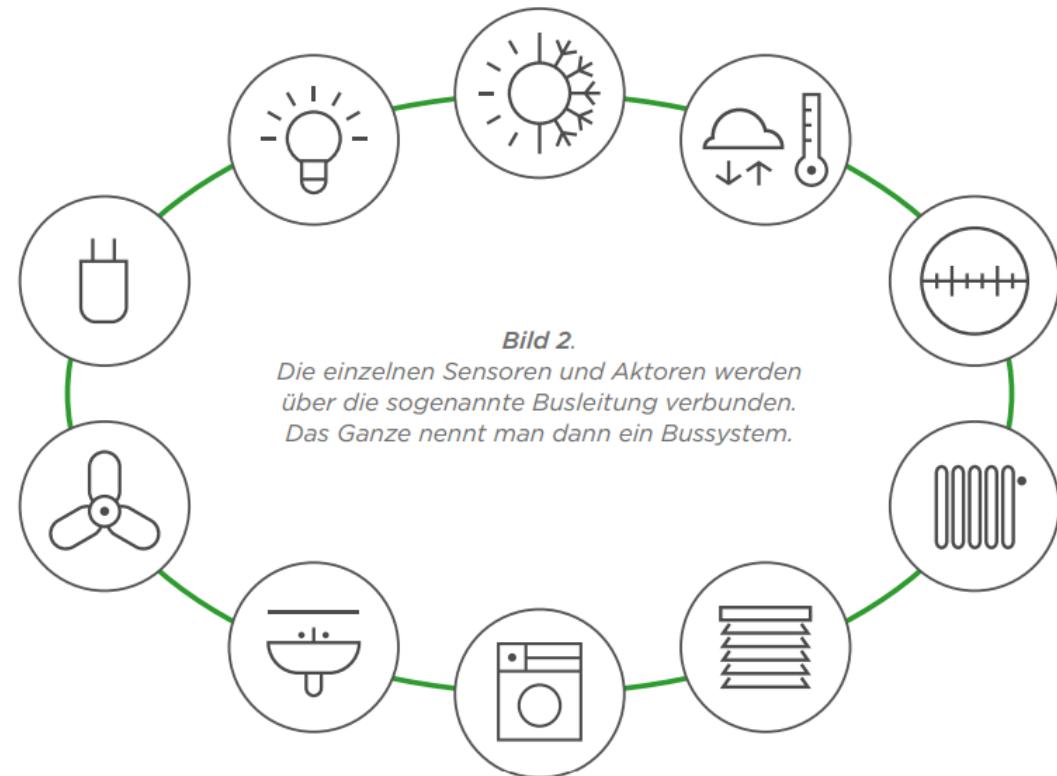
- Studierende können das Einsatzgebiet eines KNX-Systems beschreiben
- Studierenden können typische Aktoren und Sensoren eines KNX-Systems benennen



KNX Eigenschaften

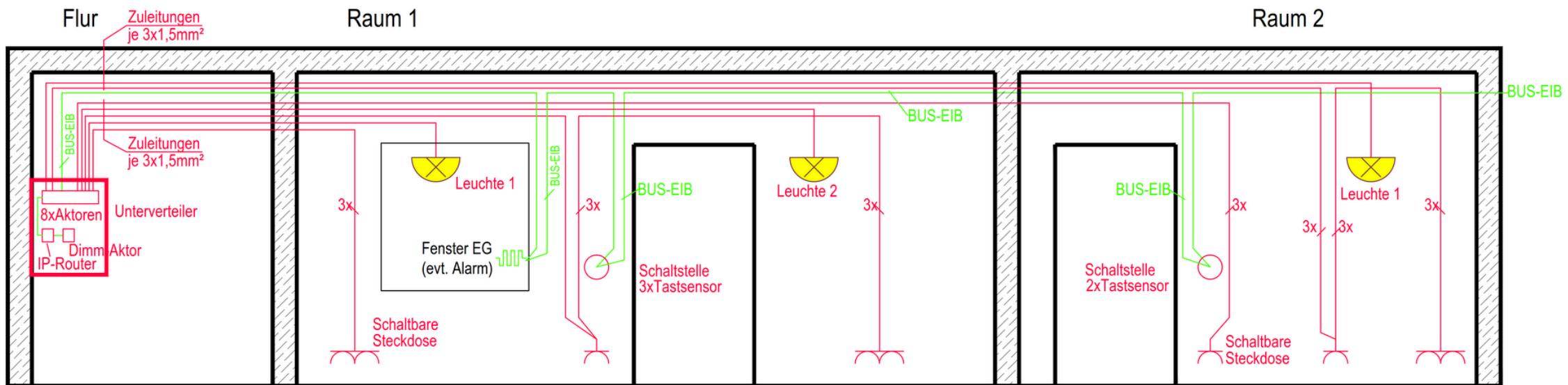
- ein Feldbus zur Gebäudeautomation
- Fokus zunächst auf **Raumautomation**
- Nachfolger des Europäischen Installationsbus (EIB)
- **Einführende Erklärung**

Quelle



🧠 Feldbus-Systeme zur Gebäudeautomation

- KNX trennt die **Gerätesteuerung** und **Stromversorgung**
- Stromversorgung mit Wechselspannung (rot)
- Steuerungsnetz (=EIB/KNX-Bus - grün) mit 30V DC



Quelle

Sensor-Aktor-Prinzip

Quelle

- **Sensoren erkennen Ereignisse** im Gebäude (Tastenbetätigung, Bewegung, Über-/Unterschreitung eines Temperaturwerts etc.) und wandeln diese in
- Telegramme (Datenpakete) um
- **Aktoren** empfangen Telegramme und wandeln diese in **Aktionen** um
- Multi-Master-System: Alle Sensoren sind Master
- [CSMA/CA](#) (für Funkübertragungen) bzw. [CSMA/CR-Prinzip](#) (für kabelgebundene Übertragungen)

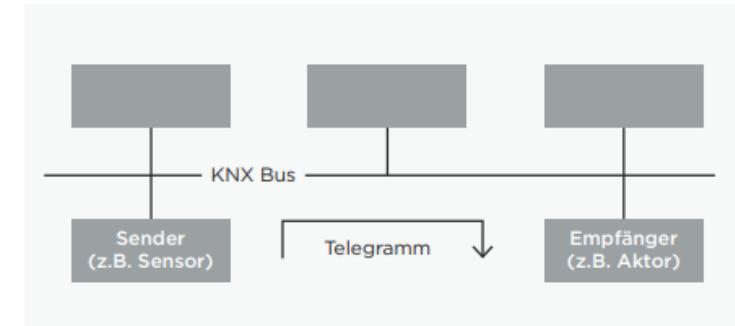


Bild 4. Sensor/Aktor Prinzip



KNX Ablauf

- findet ein **Ereignis** statt, **sendet der Sensor die Nutzinformation** (z.B. Schalter wurde geschaltet oder Windgeschwindigkeit beträgt 8km/h)
- **alle Aktoren** hören die Busleitung ab und regieren, wenn Sie angesprochen wurden mit der **vorprogrammierten Handlung**
- Vorteil: Dezentralität - keinen Totalausfall
- Nachteil: gesteigerte Programmieraufwand. Jeder Teilnehmer muss mit einem Programmiergerät adressiert sowie mit der Applikation, den Parametern und Gruppenadressen programmiert werden.

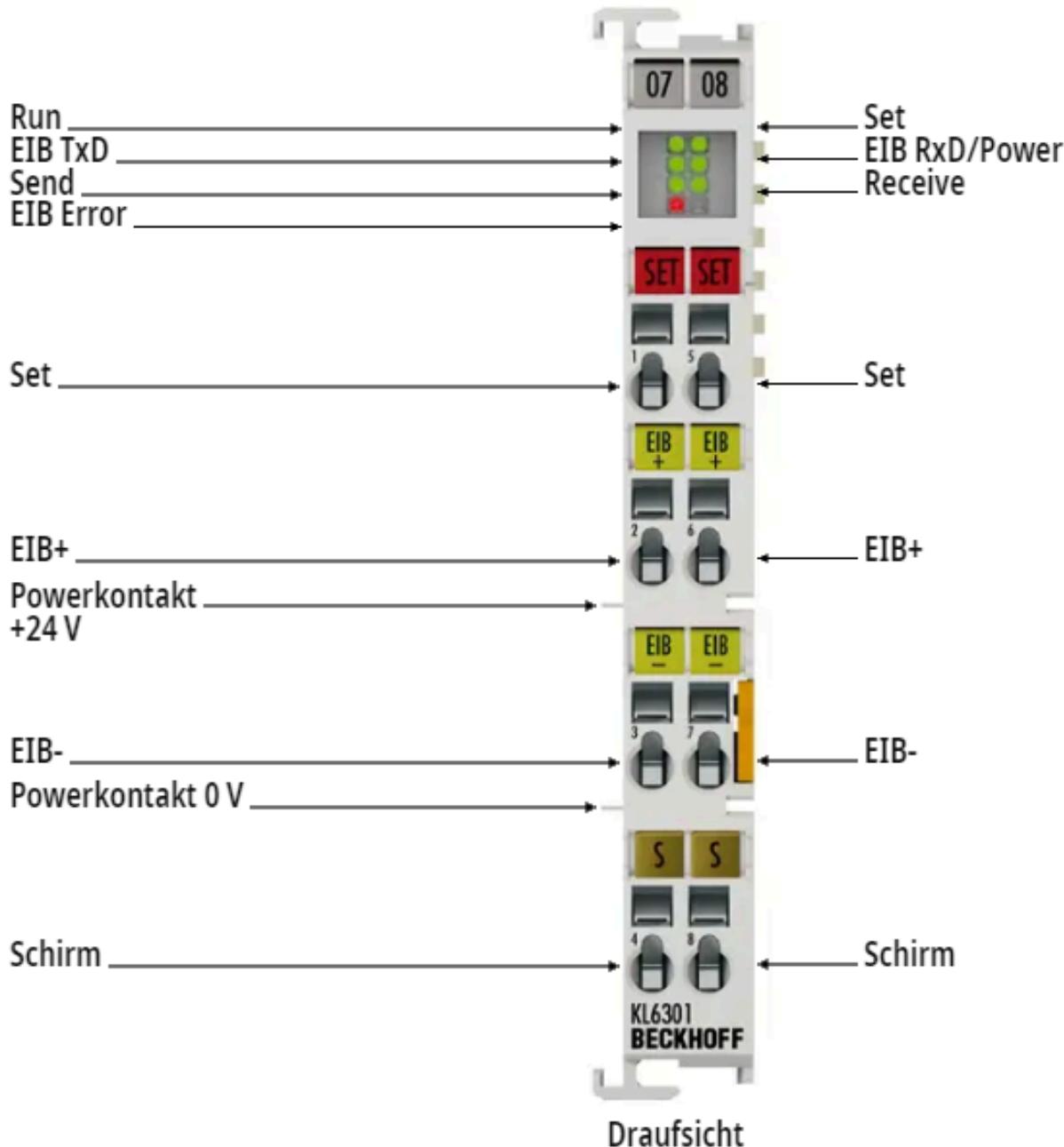
Sensoren und Aktoren

Quelle

Beispiele für Sensoren, die Informationen auf den Bus geben, sind:	Beispiele für Aktoren, die sich über den Bus steuern lassen, sind:	Beispiele für Funktionsmodule (als separate Module oder in Geräten integriert) sind:
Lichtschalter	Relais zum Schalten der Raumbeleuchtung	Raumtemperaturregler
Dimmtaster	Dimmer, Dali-Gateways	Zeitschaltfunktionen
Bewegungsmelder	elektrische Heizkörperventile	Frei programmierbare Logikmodule
Präsenzmelder (stellen auch ohne Bewegung fest, ob sich eine Person im Raum aufhält)	Temperaturanzeigen	SPS mit KNX Schnittstelle
Fenster- und Türkontakte (Sicherheitsanwendungen, Heizungssteuerung)	Antriebe für Markisen, Jalousien, Vorhänge, Garagentore	Konstantlichtregler
Klingeltaster an der Haustür	Fensterantriebe	Alarm- bzw. Gefahrenmeldung
Verbrauchszähler für Wasser, Gas, elektrische Energie, Wärmemengen	Umwälzpumpe der Heizung	Telefonzentralen mit Busanschluss
Überspannungssensoren	Ventilsteuerungen, z. B. für Solarthermieanlagen	Mediensteuerungen
Temperaturfühler für Raum- und Außenluft	Alarmmelder (Leuchte, Hupe)	Heizungsregelung
Temperatursensoren in Heizungs- und Warmwasserkreisen	Informationsdisplays, Anzeige-LED	Pumpenregelung
Module zum Vorwählen der Soll-Raumtemperatur	Relais zum Schalten von Steckdosenkreisen (Standby-Abschaltung)	Anwesenheitssimulation
Helligkeitssensoren für innen und außen, z. B. zur Konstantlichtregelung	Brunnenpumpen	Displays zur Anzeige und Schnittstelle zum Bediener
Windsensoren bei Jalousiesteuerungen	Klimaanlagen	Module zur Verbindung von Bus und Telefon
Stör- und Betriebsmeldungen von weißer Ware (Waschmaschine, Trockner, Spülmaschine, Herd usw.)	Lüftungsanlagen, (WC-Lüfter, kontrollierte Wohnraumlüftung)	Automatischer SMS-Versand für Warnmeldungen
Leckagesensoren, z. B. im Waschkeller	Steuerung von Waschmaschine, Trockner, Geschirrspüler	Zugriff auf Gebäudedaten von außen über das Internet oder Telefon
Füllstandsmessungen, z. B. für Regenwassernutzung, Öltank, Pelletlager	Unterhaltungselektronik	
Funkempfänger am Türschloss	Freigaben für Alarmanlagen	
Empfänger für Infrarotfernbedienungen	Telefonanlage	
Fingerprintmodule oder Chipkartenleser zur Zugangskontrolle	elektrischer Türöffner, Türverriegelung	

Dezentralität

- bei KNX ist kein zentrales Steuergerät notwendig
- **Intelligenz über alle Teilnehmer verteilt** (jedes Gerät hat mindestens einen Mikroprozessor)
- Ausfallsicherheit
- **Zentrale Geräte**, wie SPS möglich



Maximalgröße

- Mindestens ein Sensor und Aktor
- theoretisch mehr als 50.000 Teilnehmer möglich
- Erweiterung einer Anlage muss einer vorgeschriebenen Topologie folgen (vgl. Subnetting bei TCP/IP-Netzen)

Übertragungsmedien

- **KNX Twisted Pair (KNX TP):**
verdrillte Zweidrahtdatenleitung
(Busleitung)
- **KNX Powerline (KNX PL, "D-Lan"):**
Übertragung über das vorhandene 230 V-Netz
- **KNX Radio Frequency (KNX RF):**
Übertragung über Funk
- **KNX IP:**
Übertragung über **Ethernet**

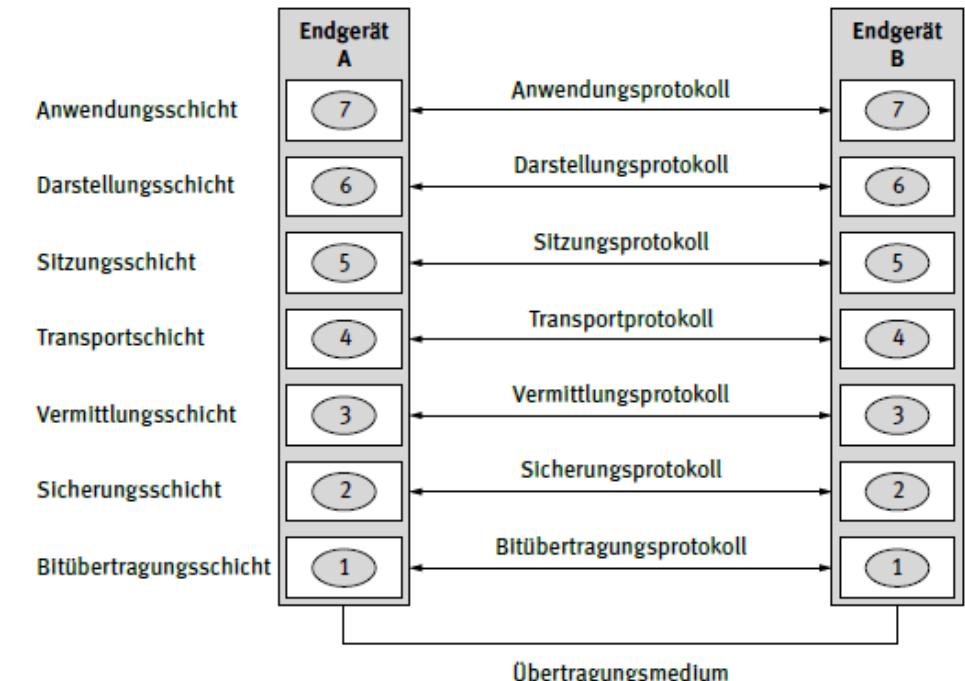


Abb. 12.14: ISO/OSI-Referenzmodell

KNX Zweidraht (TP)

- Busleitung versorgt alle Busteilnehmer mit Daten und Betriebsspannung (24V DC).
- Die Spannungsversorgungen speisen 30 V in das System ein.
- Busteilnehmer arbeiten bei Spannungen zwischen 21 bis 30V fehlerfrei.

Telegrammaufbau - KNX-TP

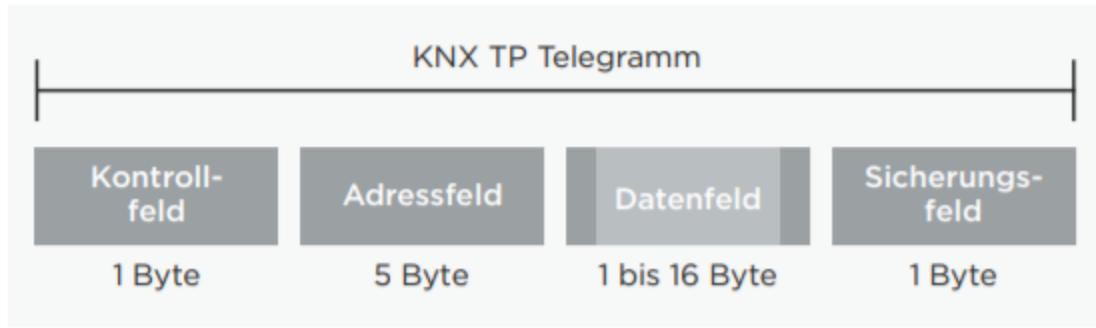
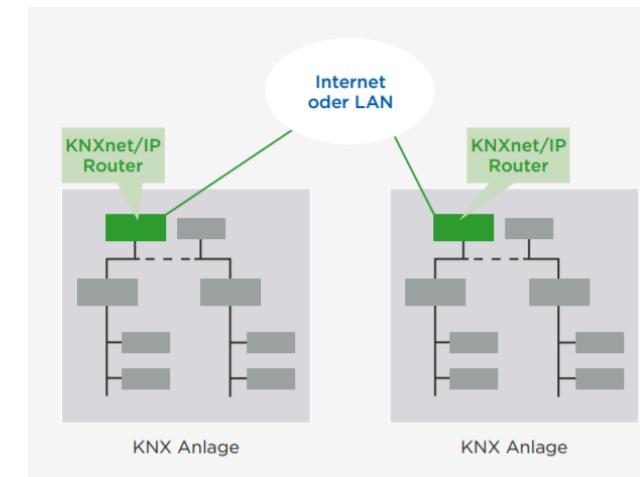
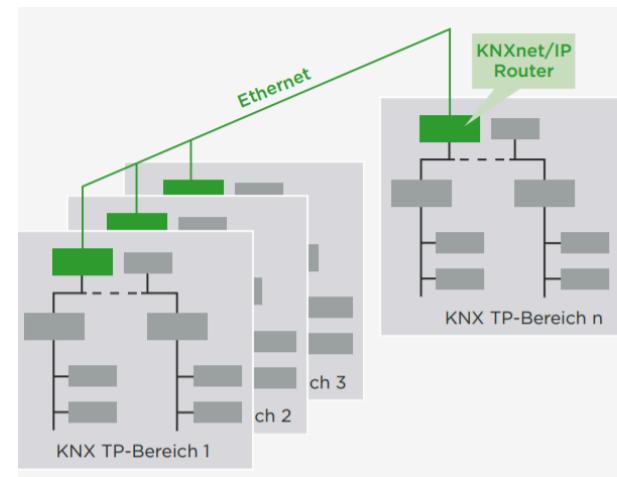


Bild 7. Telegrammaufbau bei KNX TP

- **Kontrollfeld** die **Priorität**, ob ein Telegramm wiederholt wurde
- **Adressfeld** physikalische Adresse des Senders und Empfängers (**Physikalische Adresse** oder **Gruppenadresse**)
- Datenfeld bis 16 Byte Nutzdaten
- Sicherungsfeld für Paritätsprüfungen
- zufälliger Buszugriff: **CSMA/CA-Verfahren** (Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance)

Kopplung bei komplexeren Aufbauten

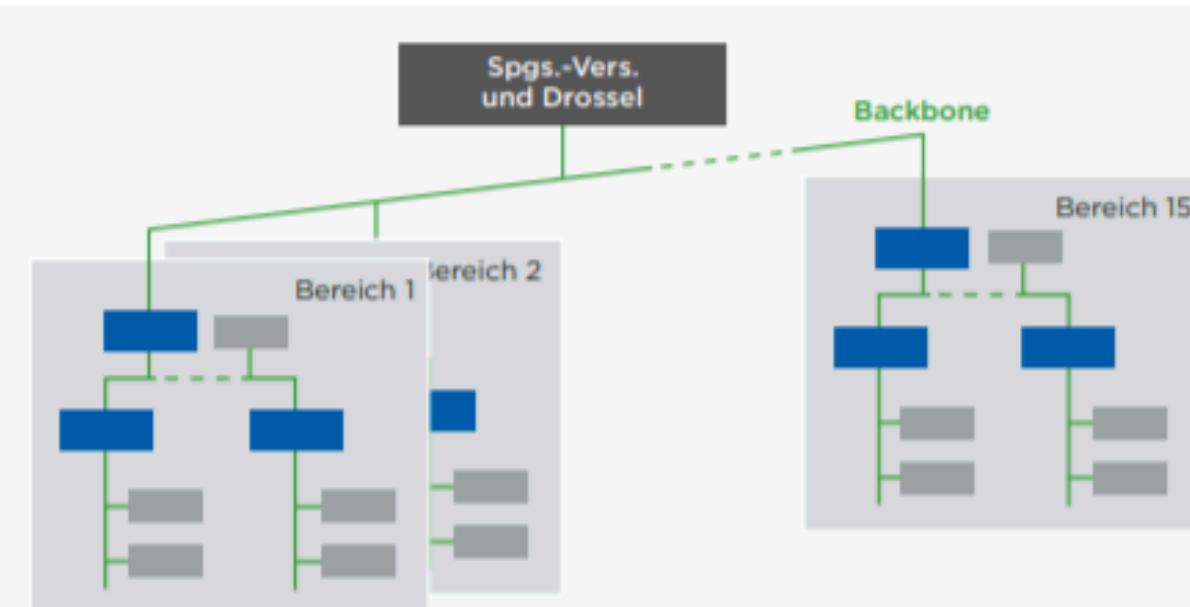
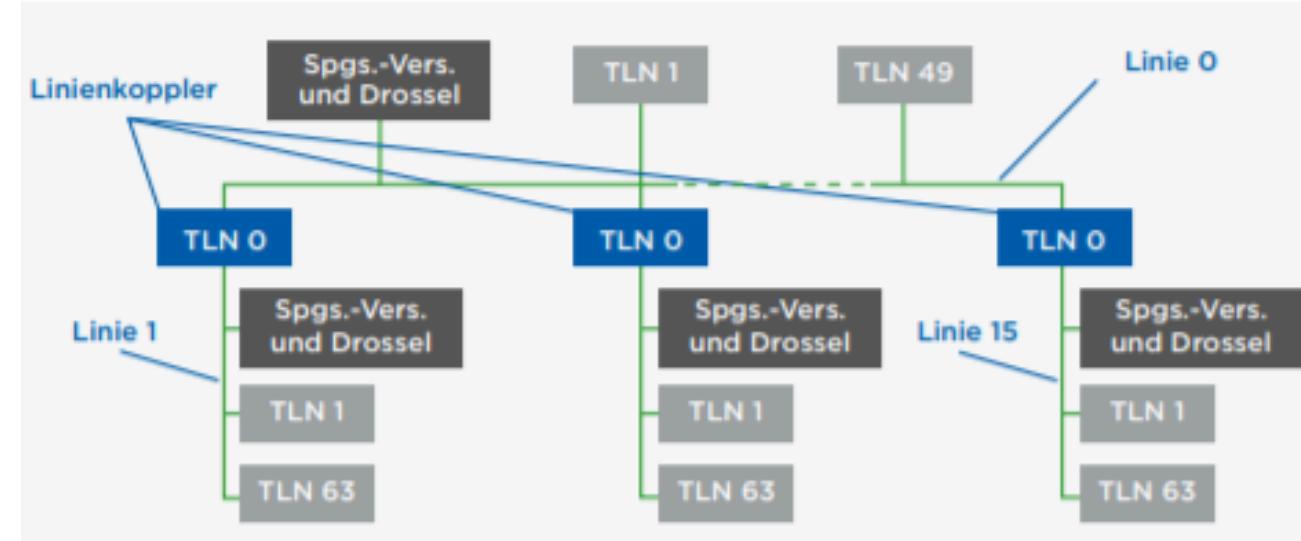
- häufig **hierarchische** Topologien
- **Ethernet** als leistungsfähiger **Backbone** und für komplexe (KNX IP) Geräte
- **KNX TP, KNX PL und KNX RF** für Anbindung **verteilter Sensoren und Aktoren**





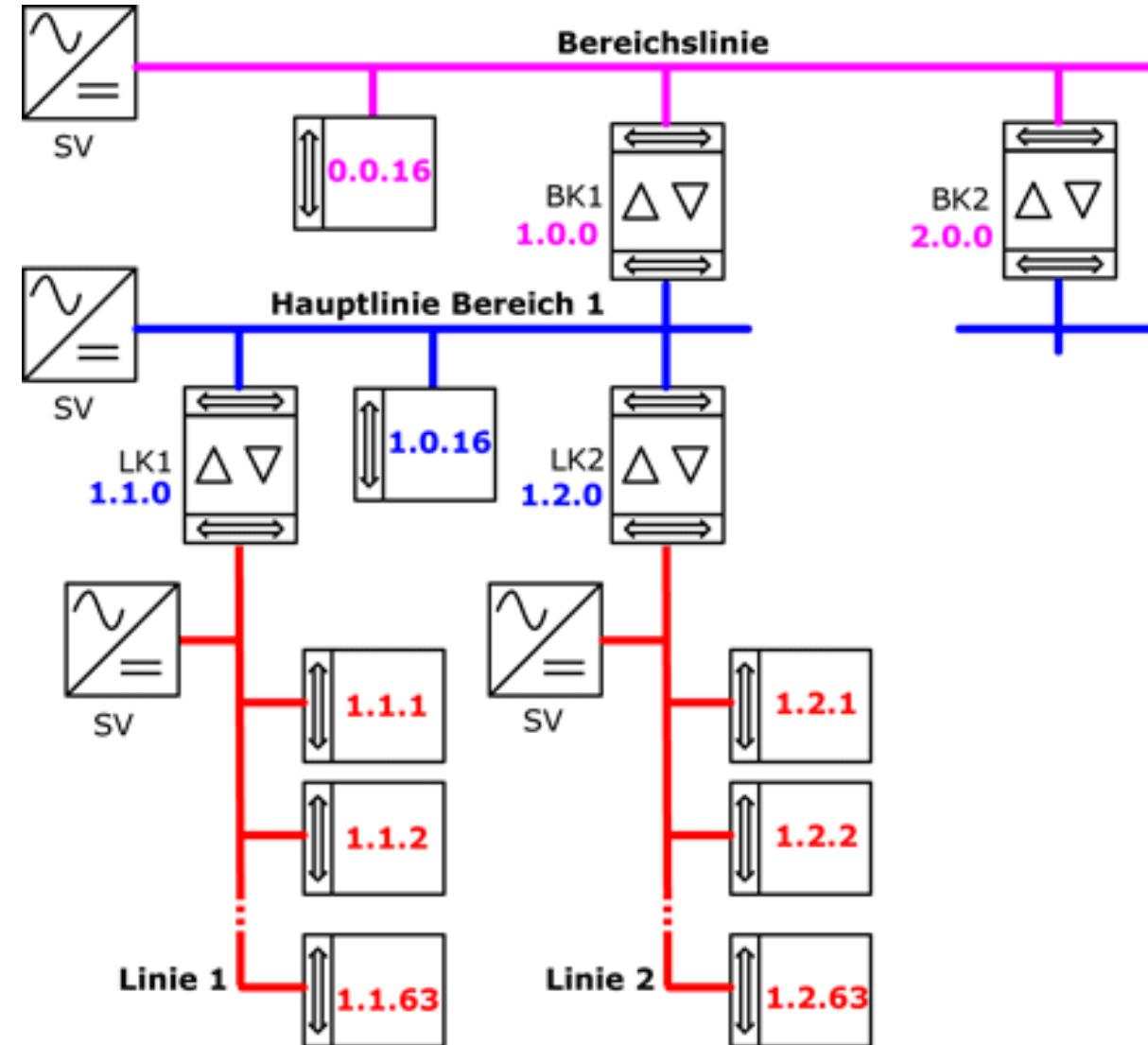
Hierarchie

- Linie: kleinste Installationseinheit bei KNX TP mit Spannungsversorgung und 64 Busteilnehmer
- Linien sind durch Drosseln voneinander getrennt
- bis 15 Bereiche können über Bereichskoppler an einer Bereichslinie zu einem Gesamtsystem erweitert werden



Physikalische Adressen

- jedes Gerät hat eine Nummer
Bereich.Linie.Gerät
- Beispiele:
 - 1.5.0: Systemkoppler, der die fünfte PL-Linie mit der TP-Hauptlinie im ersten Bereich koppelt.
 - 2.3.20: Busteilnehmer mit der laufenden Nummer 20 in der dritten Linie des zweiten Bereichs

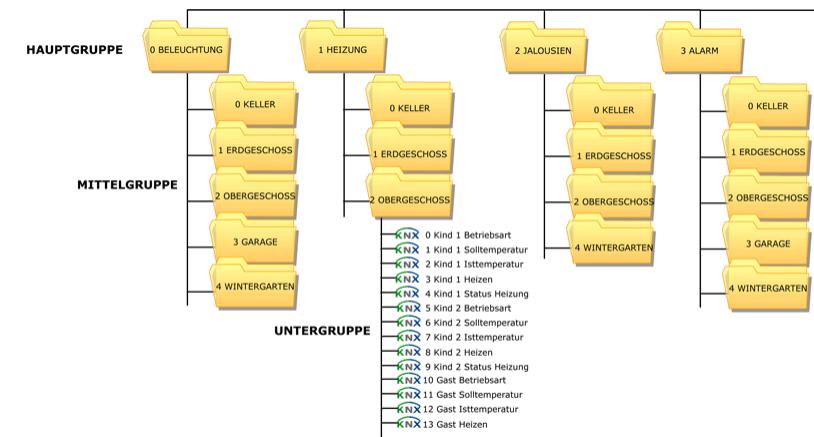


Quelle



Gruppenadressen

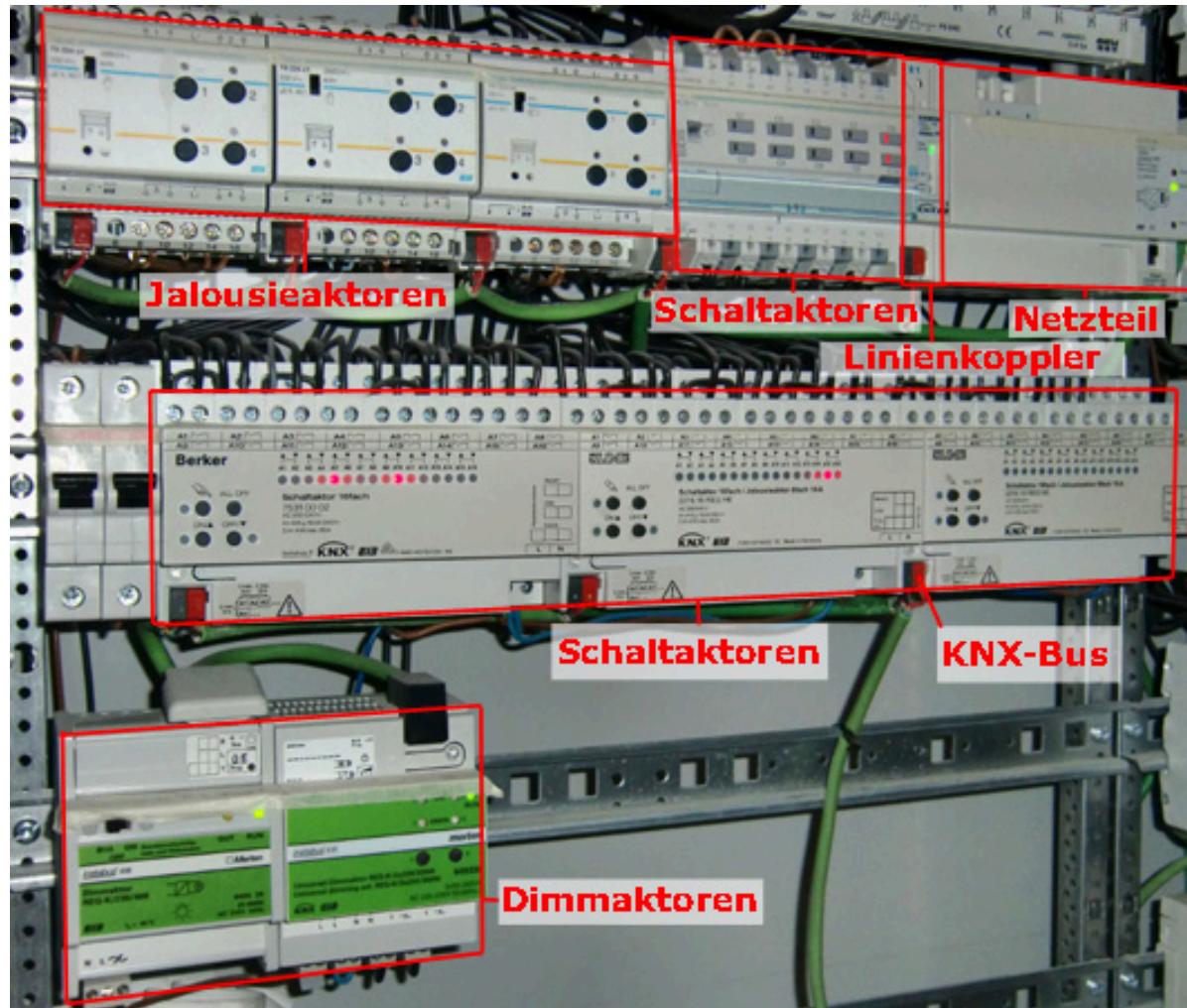
- Aktoren und Sensoren können Gruppen zugeordnet werden
- Hierbei gibt es drei Ebenen also z. B.:
[Keller – Abstellraum – Rauchwarnmelder – Testalarm]
[EG – Küche – Rollladen – Auf/Ab]
[Garage – Werkbank – Wandlicht – Status]



INFOTIP

Quelle

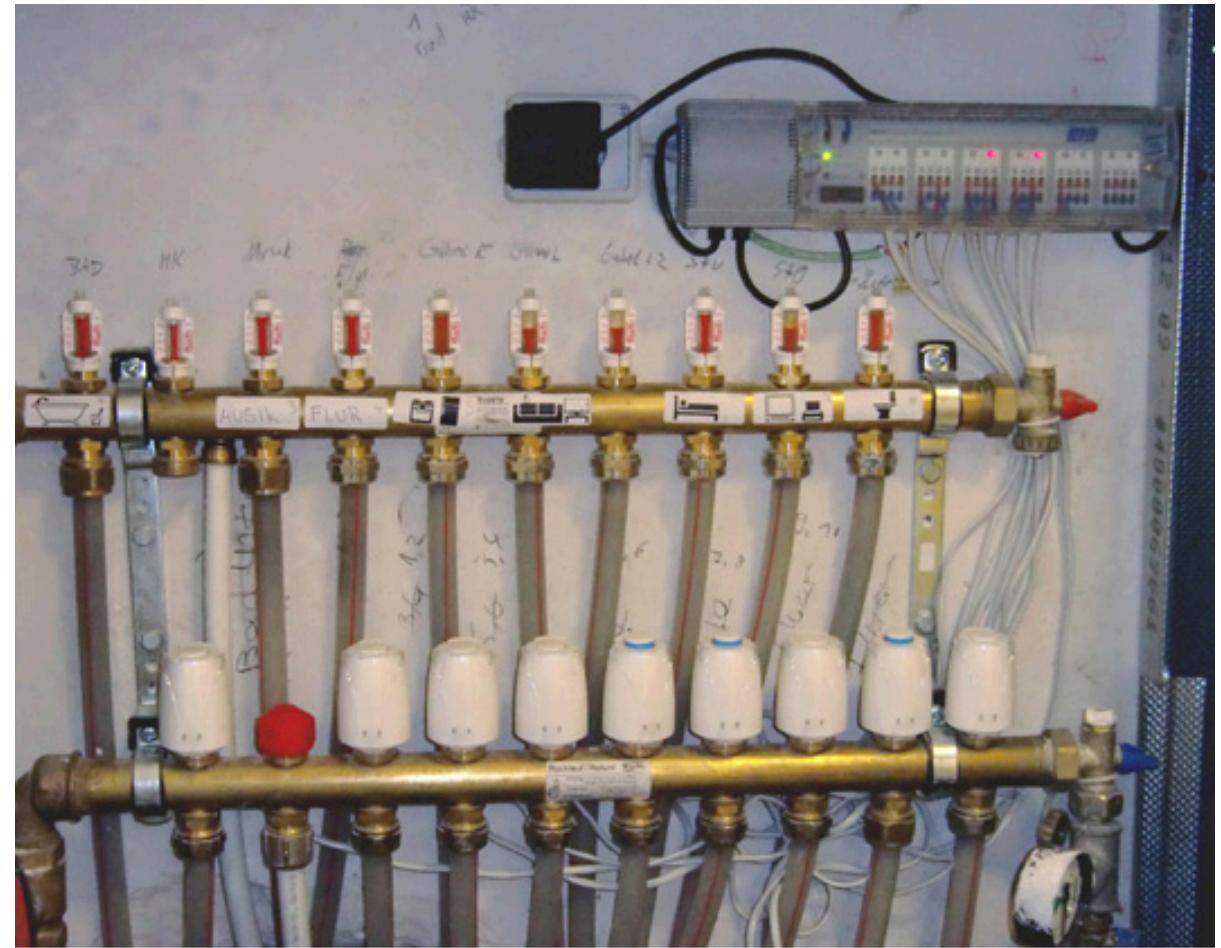
Einbau KNX im Schaltschrank



Einbau Sensoren und mechanische Aktoren

- mechanische Aktoren und Sensoren werden im Feld verbaut

Quelle





Konfiguration KNX

- kommerzielle,
herstellerunabhängige
Engineering Tool Software
ETS®
- erlaubt die Planung,
Projektierung
und Inbetriebnahme

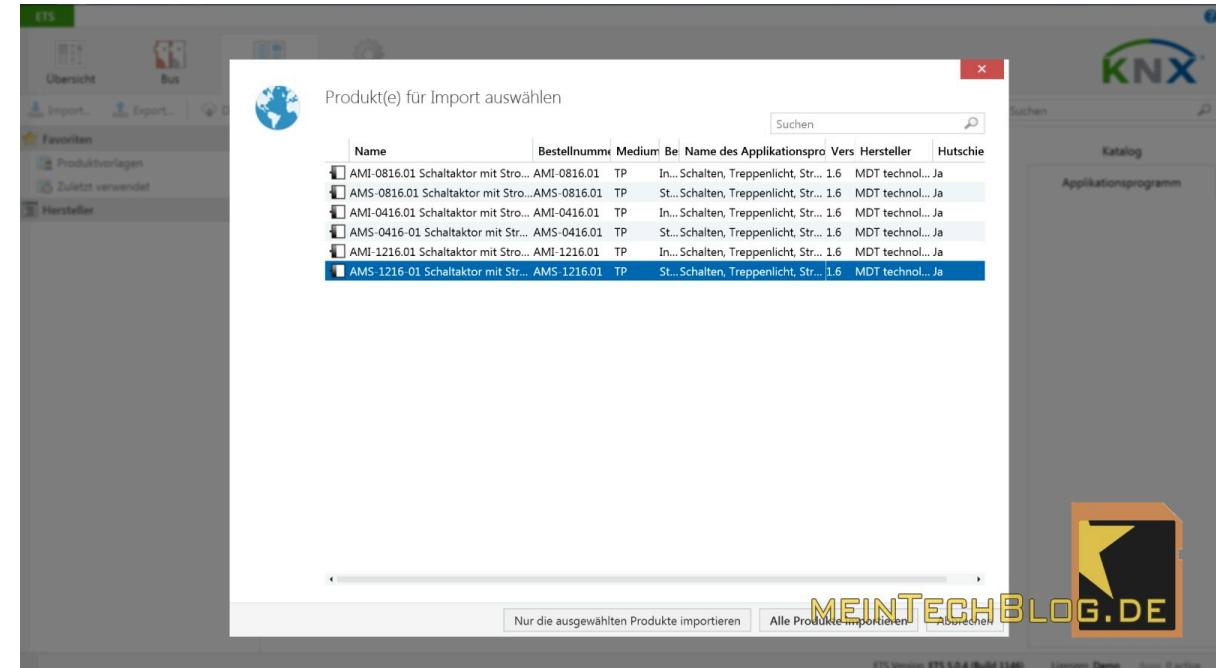
Quelle

ETS Lite	ETS Home	ETS Professional
Hardware: Desktop- oder Laptop-Computer	Hardware: Desktop- oder Laptop-Computer	Hardware: Desktop- oder Laptop-Computer
Projektanzahl: Unbegrenzt	Projektanzahl: 1	Projektanzahl: Unbegrenzt
Verwendbare Zeilenanzahl: Unbegrenzt	Verwendbare Zeilenanzahl: Unbegrenzt	Verwendbare Zeilenanzahl: Unbegrenzt
Projektgröße: Kleine Projekte mit bis zu 20 Produkten	Projektgröße: Projekte mit bis zu 64 Produkten	Projektgröße: Geeignet für jedes Projekt
Plug-ins: Ja	Plug-ins: Ja	Plug-ins: Ja
Erweiterbar über ETS Apps: Ja	Erweiterbar über ETS Apps: Ja	Erweiterbar über ETS Apps: Ja
Verbindung zur Installation: PC über USB oder IP-Schnittstelle	Verbindung zur Installation: PC über USB oder IP-Schnittstelle	Verbindung zur Installation: PC über USB oder IP-Schnittstelle
Lizenzierung: Dongle	Lizenzierung: Dongle	Lizenzierung: Dongle
Geeignet für: Studenten	Geeignet für: Hausbesitzer	Geeignet für: Professionelle Systemintegratoren
Preis: € 200	Preis: € 350	Preis: € 1000



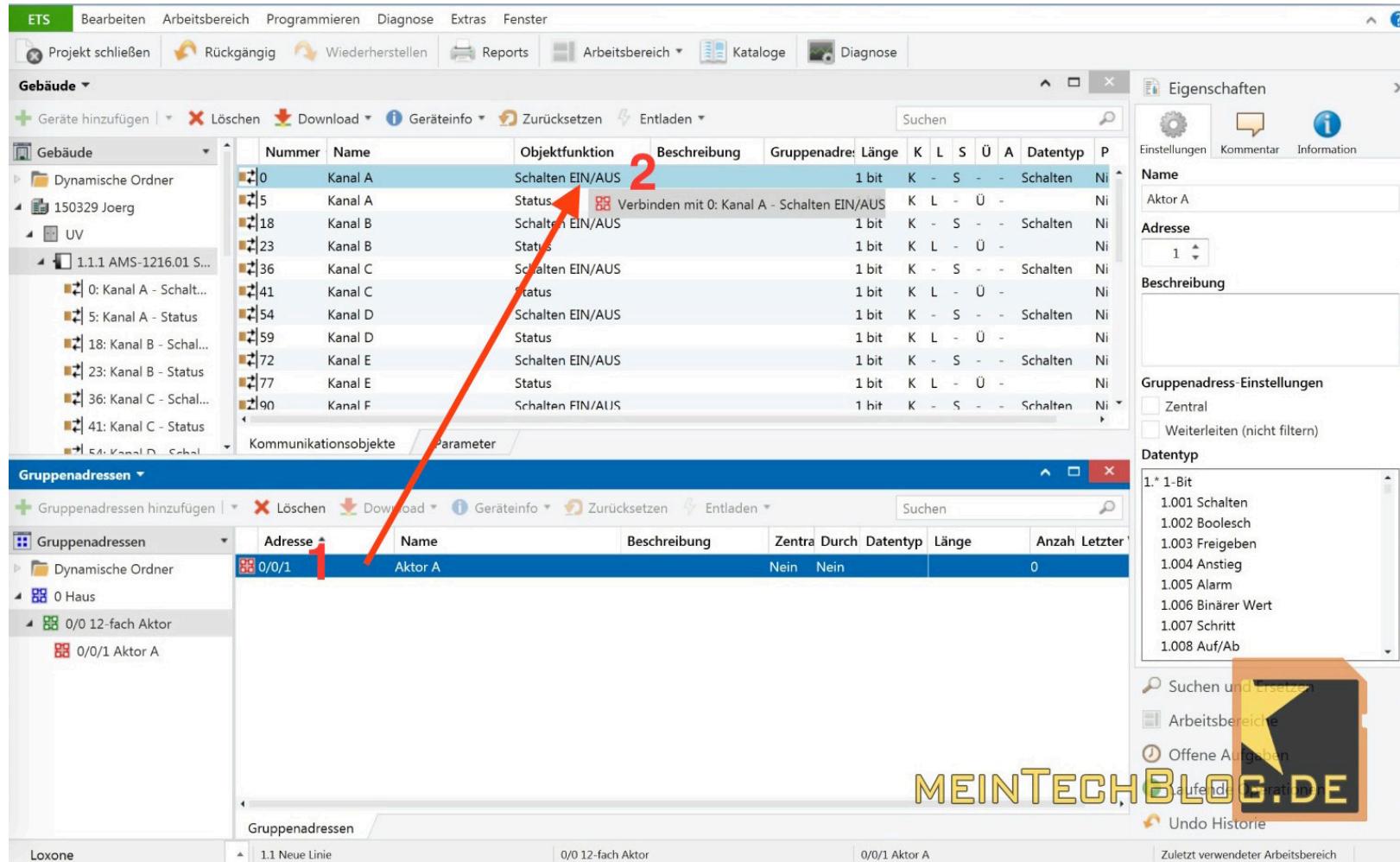
Produkte importieren

- damit angeschlossene Produkte bekannt sind
- Katalog im **knxprod-Format** wird importiert
- knxprod-Dateien i.d.R. auf Herstellerwebsite



Quelle

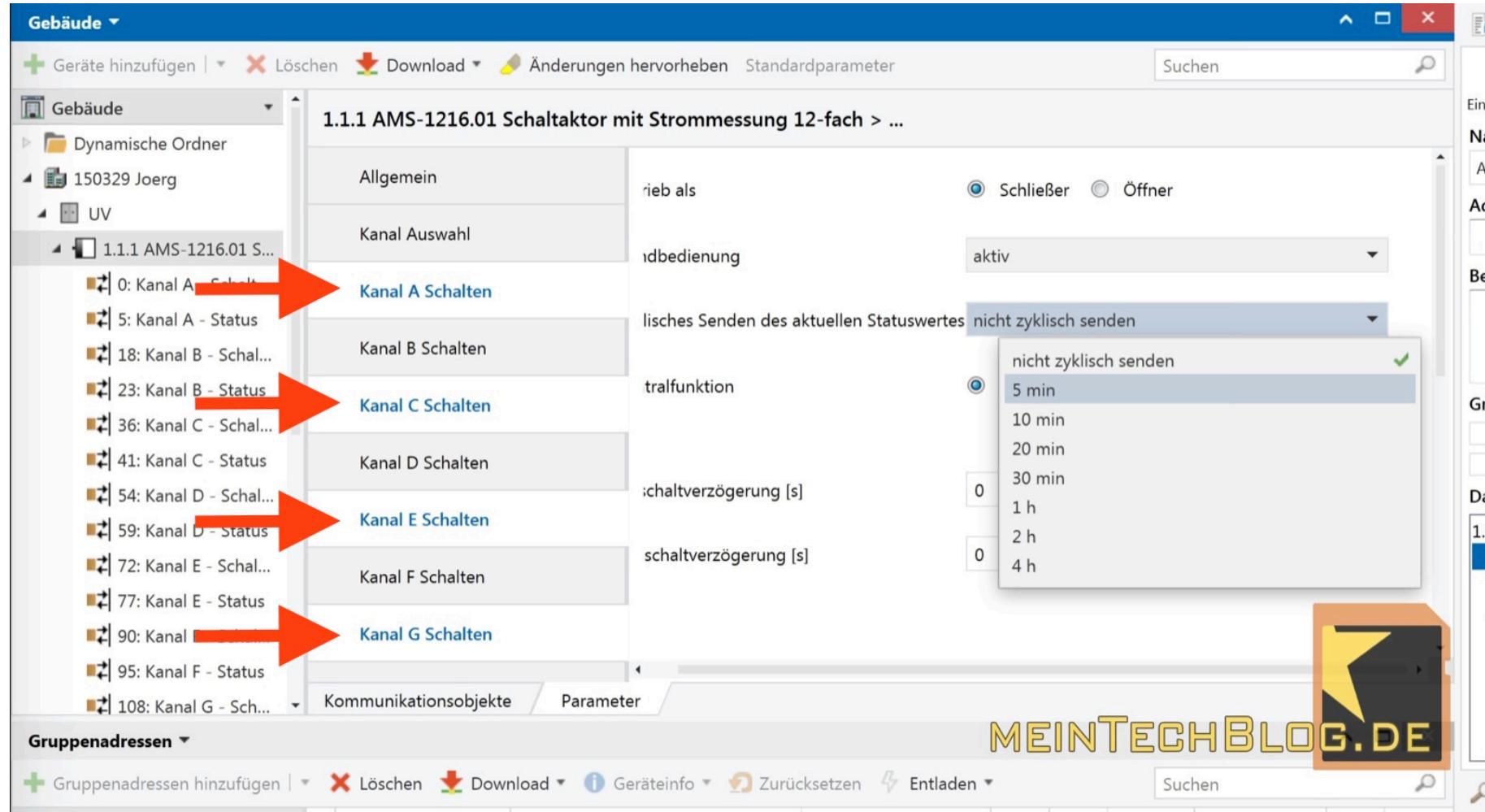
Gruppenadresse zuweisen



Quelle

Julian Huber - Bussysteme

Werte und Funktionen zuweisen



Quelle

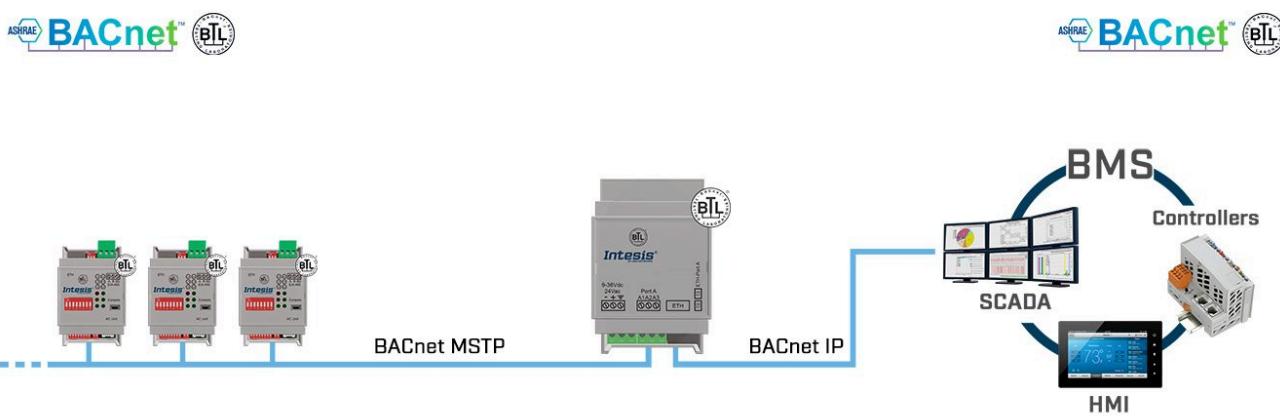
Julian Huber - Bussysteme

Zukunft von KNX

- Trend zu Vernetzung auf IP-Ebene
- Datenraten nicht für Multimedia geeignet
- Gewachsenes Ökosystem mit vielen Anbietern (Netzwerkeffekte)
- Lebensdauer von Gebäudeautomatisierung eher lang
-  [voltus: KNX-Grundlagen](#)

Building Automation and Control networks (BACnet)

- entwickelt durch American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineers Inc
- Fokus zunächst auf **Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik**
- Verbindung von
 - **Feldebene** - Fühler und Antriebe
 - **Automations-** (DDC-Geräte, Controller)
 - **Managementebene** (Gebäudeleittechnik)

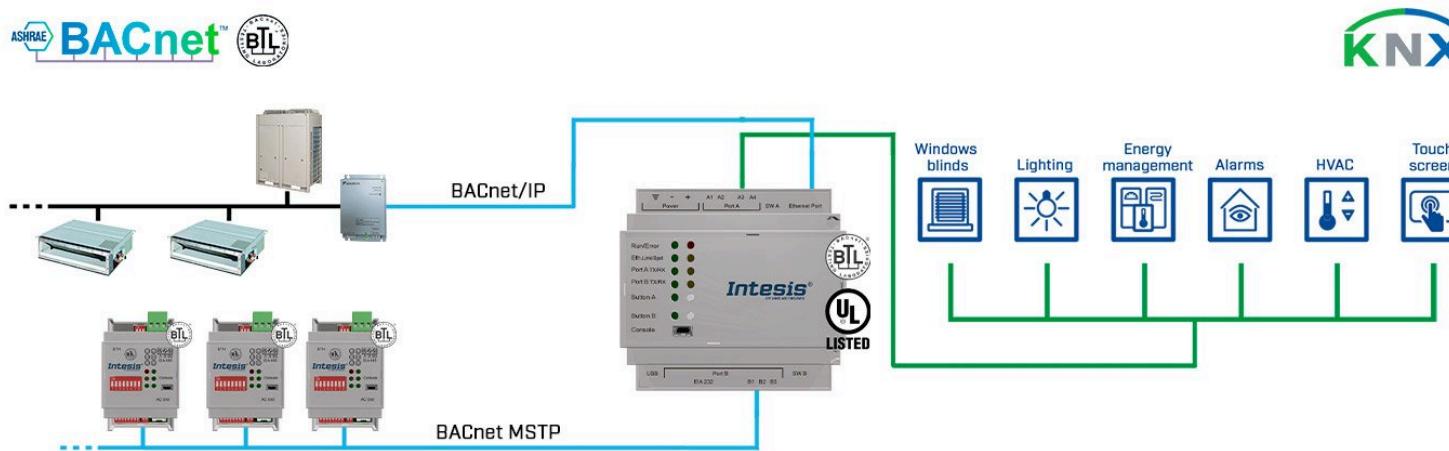


Quelle

Quelle

Anwendungsgebiet BACnet

- Protokoll kann auf **beliebigen** Betriebssystemen und Hardware-Plattformen implementiert werden
- **standardisiert auch komplexe Transaktionen** (z.B. Alarm-Routing, Historisierung, Überwachung des Gerätestatus, Zeit- und Kalenderfunktionen, Datensicherung etc.)
- kein Plug-And-Play System wie KNX
- keine fertigen Objekte mit standardisierter Funktion



Objektorientierung

- **Reale Geräte und konzeptuelle Objekte**
können mittels Objekten abgebildet werden
 - Output-Objekttypen: physikalische Ausgänge wie einen 0-10V-Ausgang oder einen Prozentsatz eines Ventil-Aktors.
 - Input-Objekttypen: physischen Hardware-Eingang, der mit dem Gerät verbunden ist, z. B. ein Temperatur- oder Helligkeitssensor
 - Value-Objekttypen: virtuelle Informationen wie einen Sollwert oder einen Regelparameter darzustellen.

Objektorientierung am Beispiel binärer Eingang

Bisher: Ein Eingang - eine Variable/Wert:

```
bInAnwesenheitErkannt : BOOL;  
bInAnwesenheitErkannt := True;
```

Mit BACnet werden Objekte **detaillierter** beschrieben:

```
bInAnwesenheitErkannt = { "Object_Identifier" : 0,  
                           "Object_Name" : "Anwesenheitssensor",  
                           "Present_Value" : True,  
                           "Out_of_Service" : False  
                         }
```

Objekt-Typen

- Konformitätsklassen müssen gewisse Objekte bereitstellen

BACnet Objektname	Deutsche Übersetzung (Bedeutung gemäß VDI-3814-2, Funktion, Abschnitt ⁸)	
Analog Input Object	Analoge Eingabe	(Messen, 1.5, 2.5)
Analog Output Object	Analoge Ausgabe	(Stellen, 1.2, 2.2)
Analog Value Object	Analogwert	(Messwert, 2.2, 2.5, 7.1)
Averaging Object	Mittelwert	(Messwert, 2.5, 7.1)
Binary Input Object	Binäre Eingabe	(Melden, 1.3, 2.3)
Binary Output Object	Binäre Ausgabe	(Schalten, Stellen, 1.1, 2.1)
Binary Value Object	Binärzustand	(Melden, 2.1, 2.3, 7.1)
Calendar Object	Betriebskalender	(Block-Kommunikation 7.2)
Command Object	Gruppenauftrag	(Block-Kommunikation 7.2)
Device Object	GA-Gerät, GA-Station	(Block-Kommunikation 7.2)

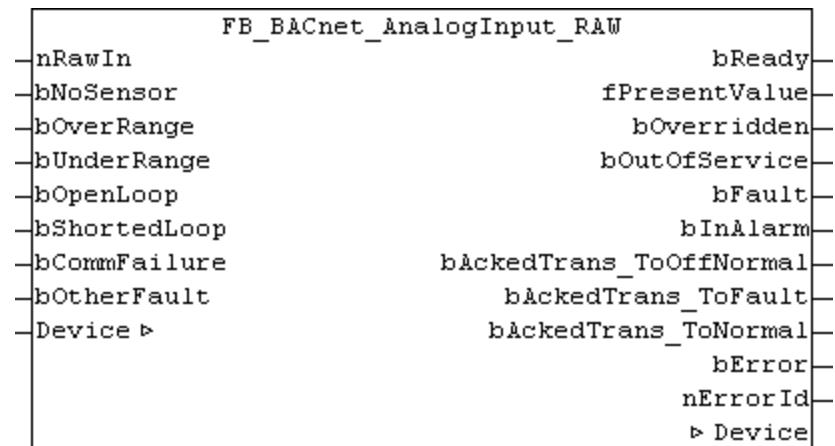
Quelle

Darstellung eines BACnet-Objects (Analog Value) in Twincat

BACnet_Rev14 □ X MAIN [Online]			
Online			
	Name	ID	Value
🔒	ObjectIdentifier	75	AnalogValue:10000
*	ObjectName	77	fbAv
🔒	ObjectType	79	AnalogValue
	Description	28	
	PresentValue	85	0
🔒	StatusFlags	111	⚠️⚡️✖️🕒
🔒	EventState	36	state_normal
🔒	Reliability	103	no_fault_detected
	OutOfService	81	☐
*	Units	117	Other_no_units
*	CovIncrement	22	0,1
+	PriorityArray	87	16 Elements
	RelinquishDefault	104	0
🔒	ActivePriority	517	17
+	EventEnable	35	⚠️⚡️ ⓘ
	NotificationClass	17	0
*	NotifyType	72	alarm
	TimeDelay [s]	113	0
+	LimitEnable	52	⬇️⬇️
*	HighLimit	45	0
*	LowLimit	59	0
	Deadband	25	0
🔒	AckedTransitions	0	⚠️⚡️ ⓘ
🔒	EventTimeStamps	130	{*****.*****.*****.*****.*****}
🔒	EventMessageTexts	351	{:;:}
*	EventMessageTextsConfig	352	{To Off-Normal;To Fault;To Normal}

Quelle

Darstellung eines BACnet-Objects (Analog Value) als Funktionsbaustein



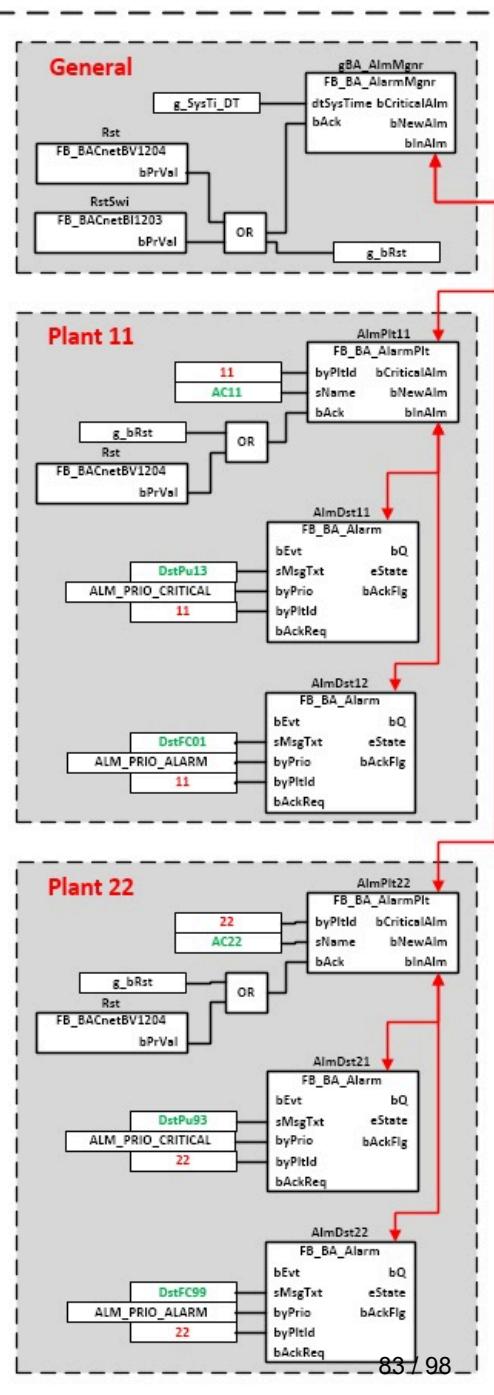
Quelle

Weitere Objekt-Typen aus ISO-Norm 16484-5

Access Credential, Access Door, Access Point, Access Rights
Access User, Access Zone, Accumulator, Alert Enrollment
Analog Input, Analog Output, Analog Value, Averaging
Binary Input, Binary Lighting Output, Binary Output, Binary Value
BitString Value, Calendar, Channel, CharacterString Value
Command, Credential Data Input, Date Pattern Value
Date Value, DateTime Pattern Value, DateTime Value
Device, Elevator Group, Escalator, Event Enrollment
Event Log, File, Global Group, Group, Integer Value, Large Analog Value
Life Safety Point, Life Safety Zone, Lift, Lighting Output
Load Control, Loop, Multi-state Input, Multi-state Output
Multi-state Value, Network Port, Network Security, Notification Class
Notification Forwarder, Octetstring Value, Positive Integer Value, Program
Pulse Converter, Schedule, Structured View, Time Pattern Value
Time Value, Timer, Trend Log, Trend Log Multiple

BACnet Dienste (Services)

- ca. 40 **Services** beschreiben, wie Geräte Informationen austauschen
- fünf Bereiche
 - Objektzugriff
 - Filetransfer
 - Alarm- und Event-Funktionen
 - Remote Device Management
 - Virtual Terminal
- Je nach Gerätprofil sind gewisse Dienste vorgeschrieben
- Ein **Sensor** (Gerätprofil) sollte einen **Alarm** (Dienst) auslösen können
- Der Alarm könnte auf einen **Analogwert** oder dem **Mittwert eines Analogwertes** basieren



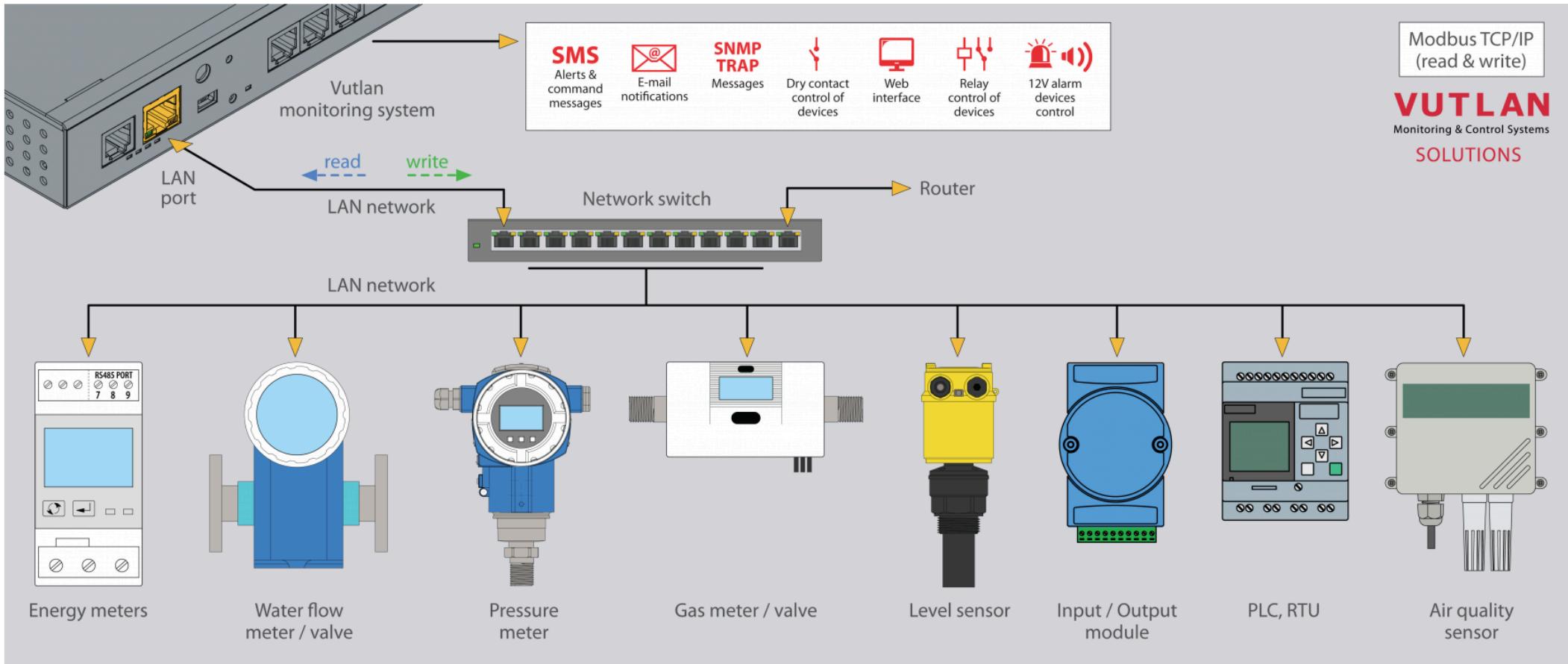
"Bus"-Eigenschaften

- 22 Bit für Adressierung (**ca. 4 Mio Adressen**)
- Twisted Pair (max 1200 m) oder Ethernet möglich
- Master/Slave mit Token Passing
- **Server-Client Prinzip**
 - jeder Teilnehmer kann Services der anderen als Client aufrufen

Weitere Bussysteme im der Gebäudeautomatisierung

Modbus

- De-facto-Standard für SPS in der **Automatisierung**
- Master-Salve-Architektur
- Teilweise auch in Gebäudeautomatisierung eingesetzt

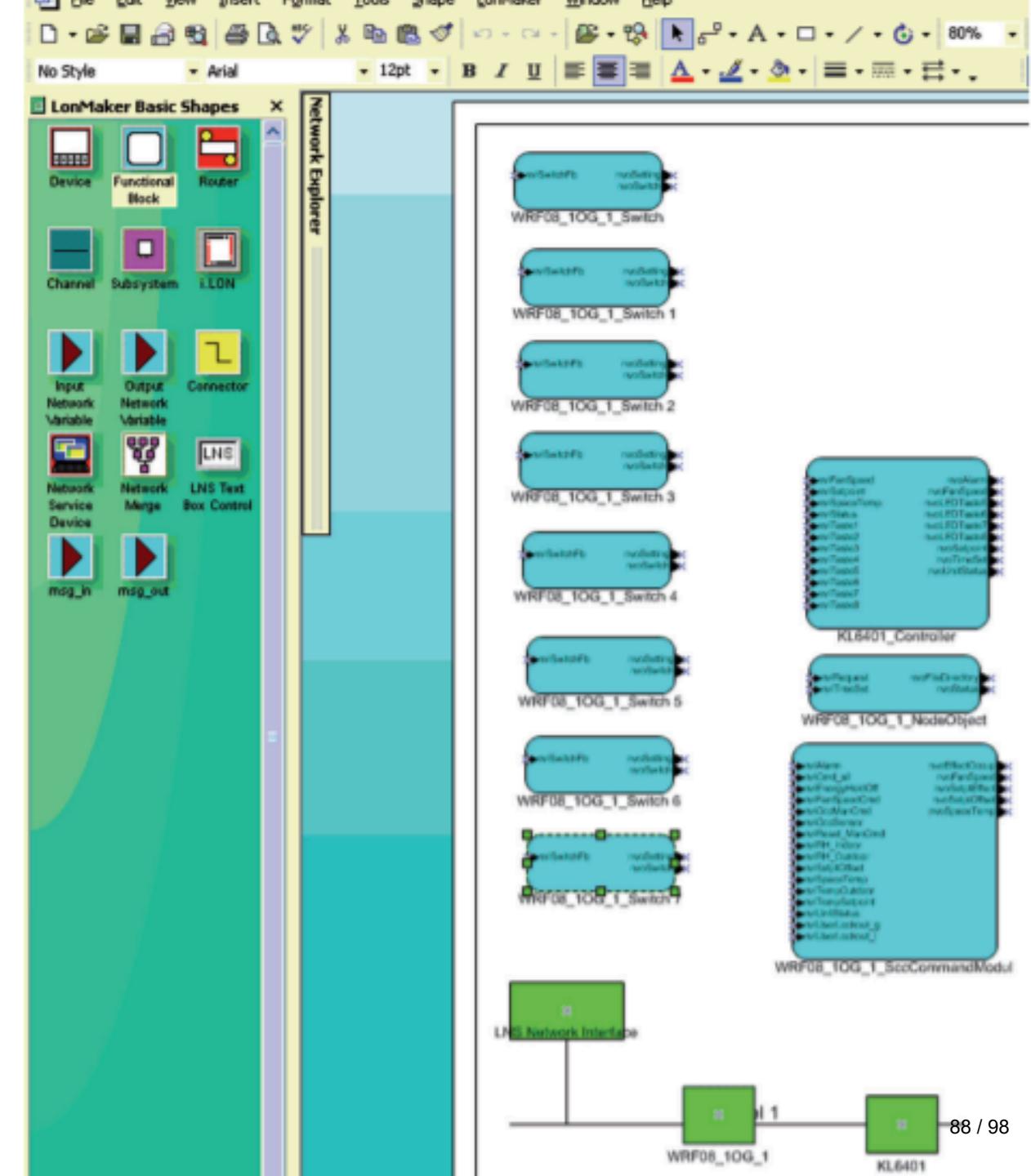


M-Bus

- Europäischer Standard (genormt in EN 13757) für ein Kommunikationssystem zur Zählerdatenübertragung
- Typische Anwendungen: Gaszähler, Stromzähler, Wärmezähler, Wasserzähler, Rauchmelder
- 300 bis 9600 Baud
- Master-Slave-Architektur
- Sämtliche Hersteller von M-Bus-Zählern bieten den Download der Spezifikation der übertragenen M-Bus-Daten ihrer Zähler an.

Local Operating Network (LON)

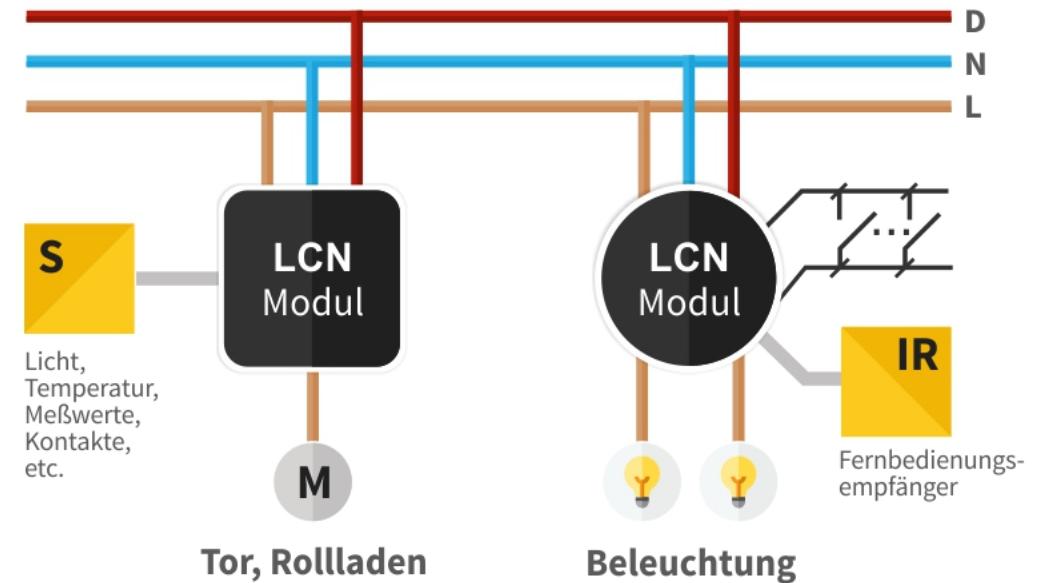
- neutralen **Informationsaustausch zwischen Anlagen und Geräten von verschiedenen Herstellern**
- Logikknoten (Nodes) in Sensoren, Aktoren und Controller
- **Dezentrales Multi-Master System** basierend auf den Aktionen der Nodes
- Programmierung über LonTool



Quelle

Local Control Network (LCN)

- proprietäres **Gebäudeautomationssystem** für Wohn- und Zweckbauten (Issendorff KG)
- **dezentral über identische LCN-Module**
- eine LCN-Programmiersoftware LCN-PRO

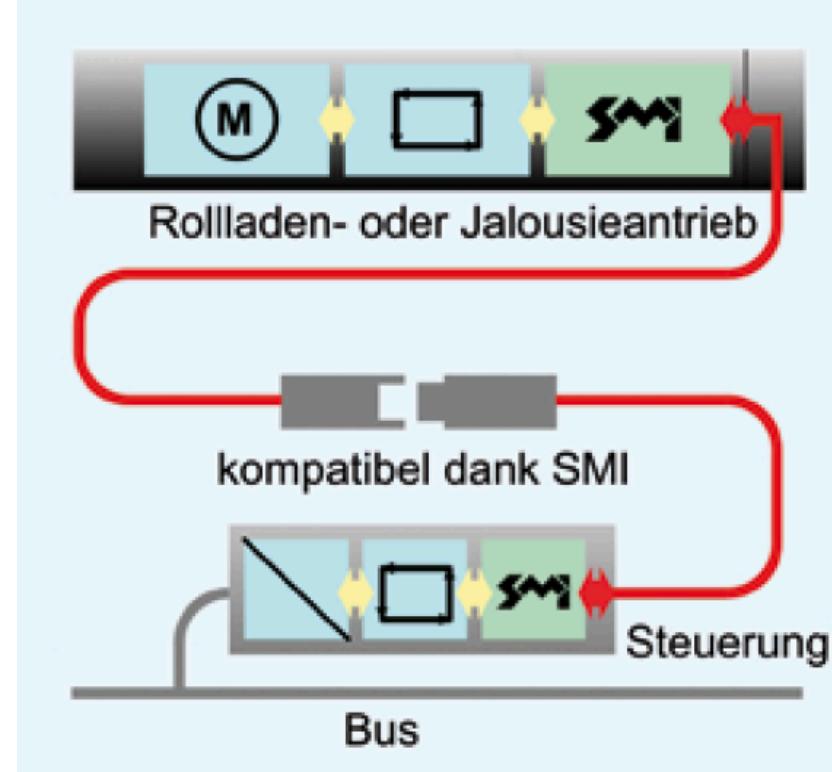


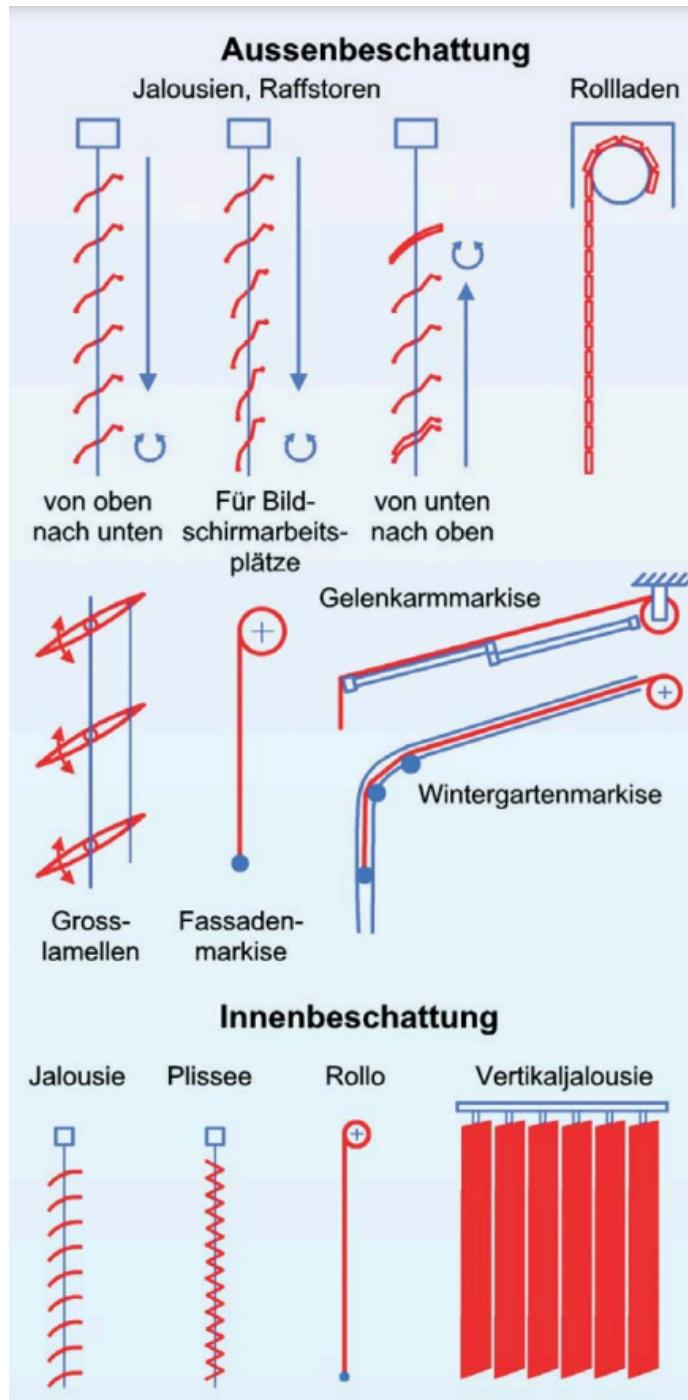
Quelle

Standard Motor Interface (SMI)

- kein volles Gebäudebussystem
- Ergänzung als **Schnittstelle** zu
 - **Rolladen- und Sonnenschutzantriebe**
 - **Fensterantriebe**
- Software SMI-easyMonitor

Quelle





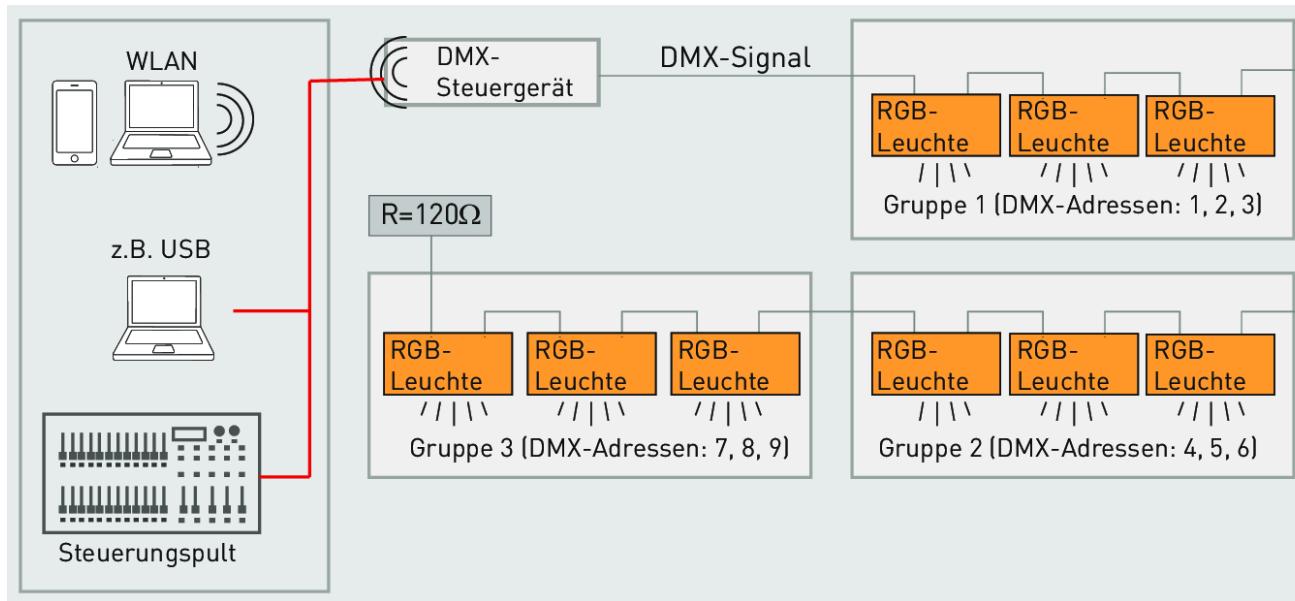
Funktionsweise von Innen- und Außenbeschattung

- Lamellen-Nachführung (Blendschutz und Energieoptimierung)
- Verschattungs-Korrektur (Energieoptimierung)
- Witterungsautomatik (Produktschutz)
- Thermoautomatik (Energieoptimierung)
- Zeitprogramme (Automatisierung von repetitiven Aufgaben)
- Schockautomatik (Einbruchschutz)

Quelle

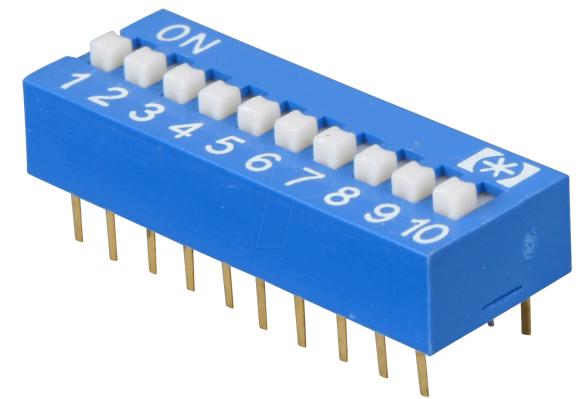
DMX (Lichttechnik)

- **Bühnenbeleuchtung**
- auch in der Architekturbeleuchtung
- verdrillten, geschirmten, zweiadrigen Steuerleitung **als Strang**



Teilnehmer und Adressierung

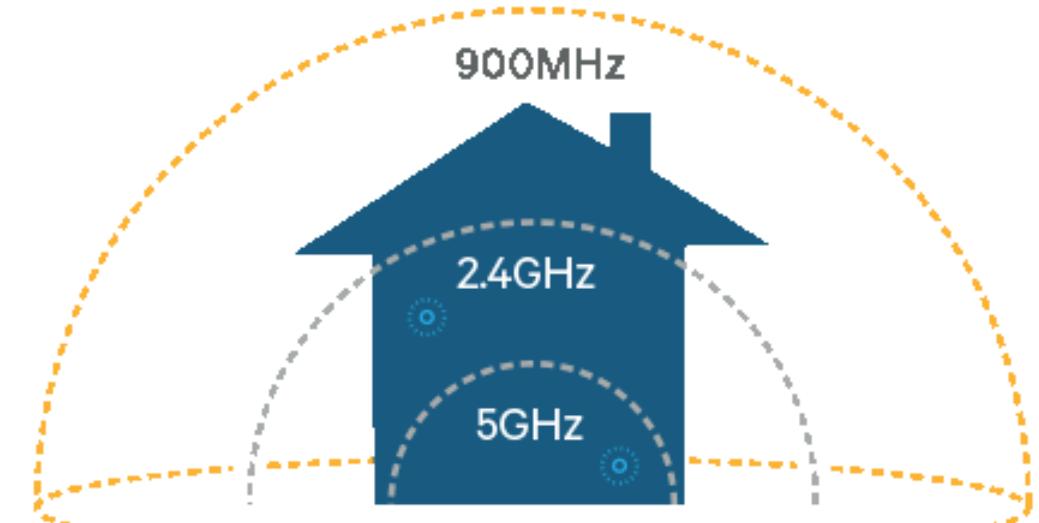
- viele Teilnehmer
- ggf. unter Verwendung von mehreren Repeatern
- **Adressierung** erfolgt **am Betriebsgerät** (Dip-Schalter oder Software)



Quelle

Auswahl funk-basierter Feldbussysteme

- häufig genutzte Frequenzbänder liegen bei 433 MHz (Babyphone, Rauchmelder), 868 MHz (Alarmanlagen) und 2,4 GHz (WLAN).
- **Frequenz korreliert positiv mit Übertragungsrate und negativ mit Reichweite**



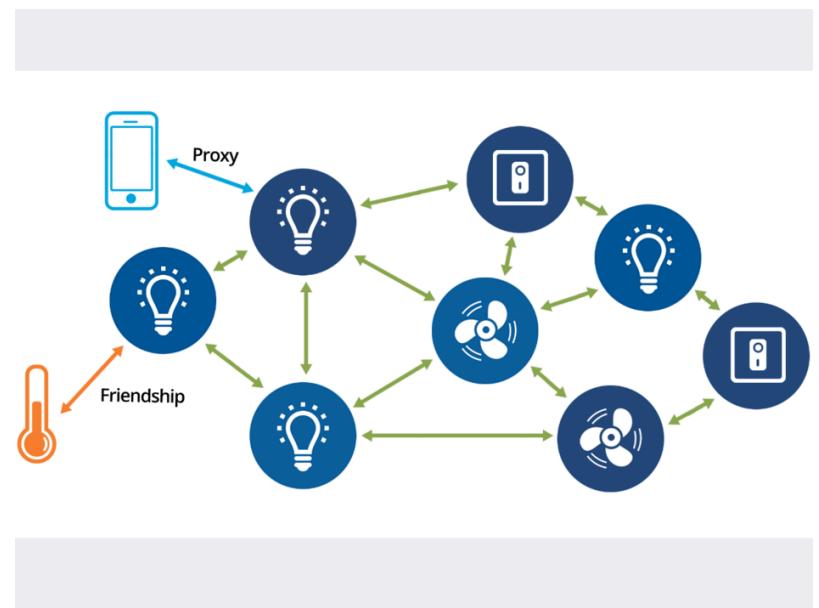
Quelle

ZigBee (Connectivity Standards Alliance)

- für geringe Datenmengen
- geringer Energieverbrauch
Anwendungen in Wohn- und Nichtwohngebäuden
- Sensorabstände bis 100 m
- Ad-hoc-Netzwerk über ZigBee-Router
- Steuerung von Audio-Video-Technik, Waschmaschinen, Kaffeeautomaten
- evtl. Weiterentwicklung in Matter

Bluetooth (Low Energy)

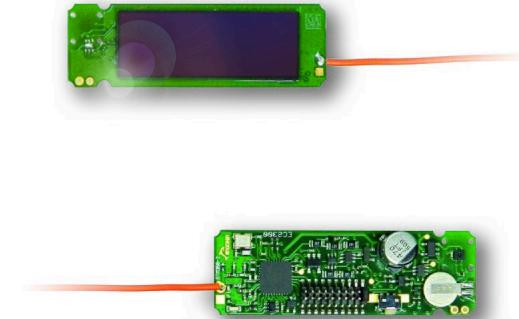
- Industriestandard für kurze Funkdistanz (WPAN)
- Smartphone-Steuerung, Audiotechnik
- Ad-hoc-Netzwerk über Bluetooth Mesh
- Verschiedene Ausprägungen (Reichweite, Energieverbrauch, etc.)



Quelle

Enocean

- herstellerübergreifenden Standard mit batterieloser bidirektonaler Funktechnik
- kosten- und zeitsparende Installation
- Sensoren und Schalter (Piezoelektrizität) beziehen Energie aus Umgebung
- Sensoren für Temperatur, Helligkeit, Bewegung
- Aktoren als Schalter, Relais, Dimmer



Quelle

Weitere

- **Z-Wave** funkbasierter Standard für Wohngebäude
Steuerung von Heizung, Lüftung, Klimaanlagen, Beleuchtung,
Sicherheitstechnik
- **WirelessHART** Kommunikation für industrielle Feldgeräte, Anwendung für
große Distanzen
- **WirelessKNX** einfache Nachrüstung von KNX-Komponenten über Funk-
Buskoppler
- **Wireless M-Bus** europäischer Standard für drahtlose Kommunikation zwischen
Zählern für Strom, Gas, Wärme, Wasser
- **WLAN** einbindung einzelner Produkte. Hoher Energieverbrauch.
- **Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)** energieeffizientes Senden kleiner
Datenmengen über große Strecken