

5.4 Bussysteme in der Gebäudeautomation

Digital Addressable Lighting Interface (DALI)

Lernziele

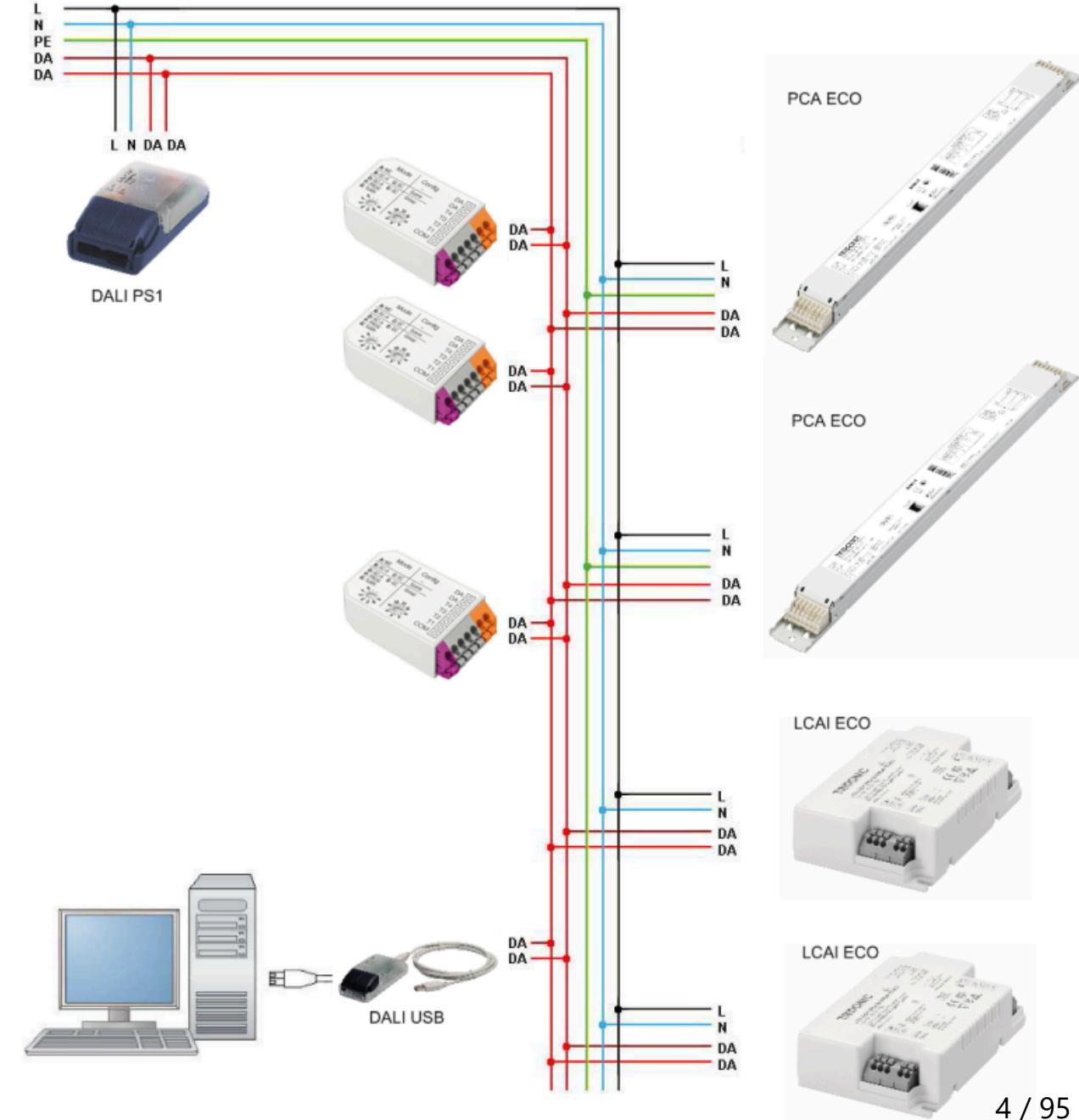
Nach dieser Einheit sind Sie in der Lage dazu

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

Abbildung: Verdrahtungsdiagramm

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



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

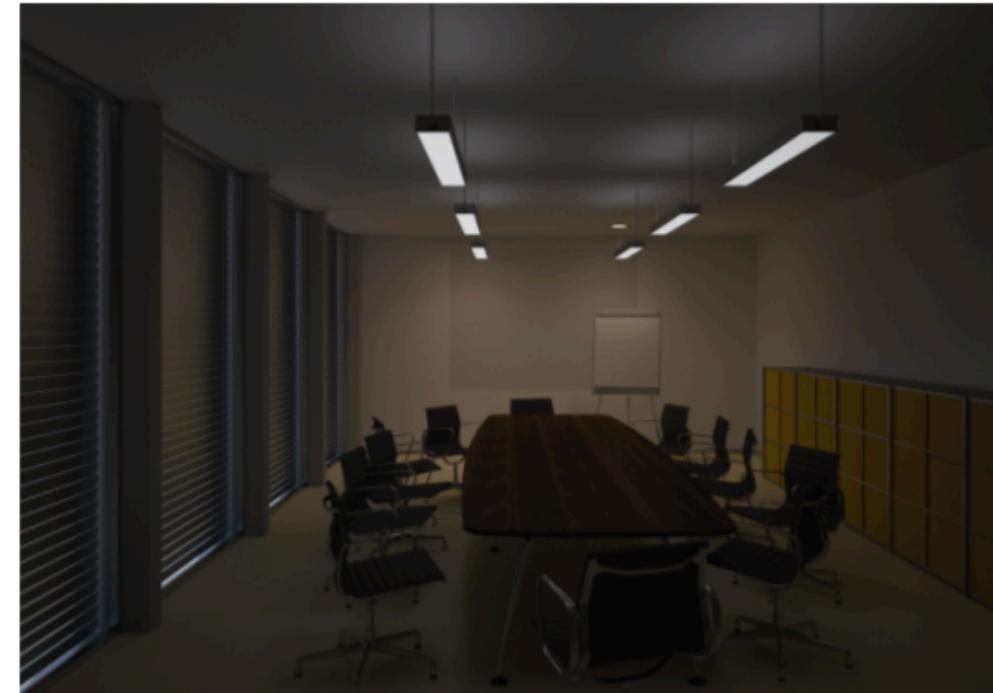


Gruppen

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



Szene 2 (100 %, 100 %)



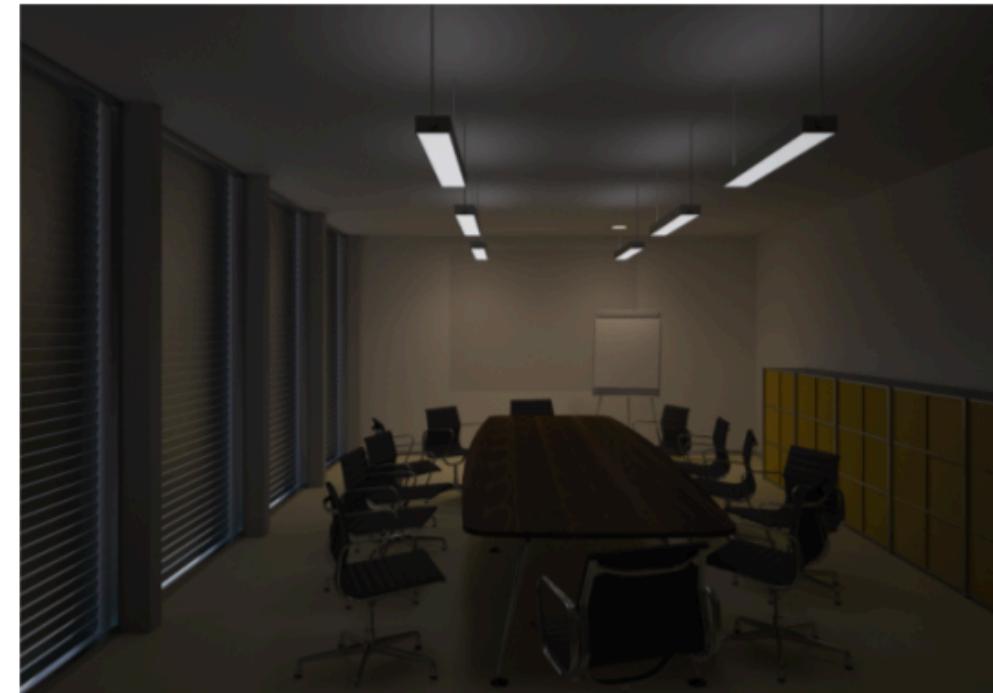
Szene 3 (50 %, 20 %)

Szenen

- Vordefinierte Einstellungen für verschiedene Gruppen und Leuchtmittel für bestimmte Situationen



Szene 2 (100 %, 100 %)

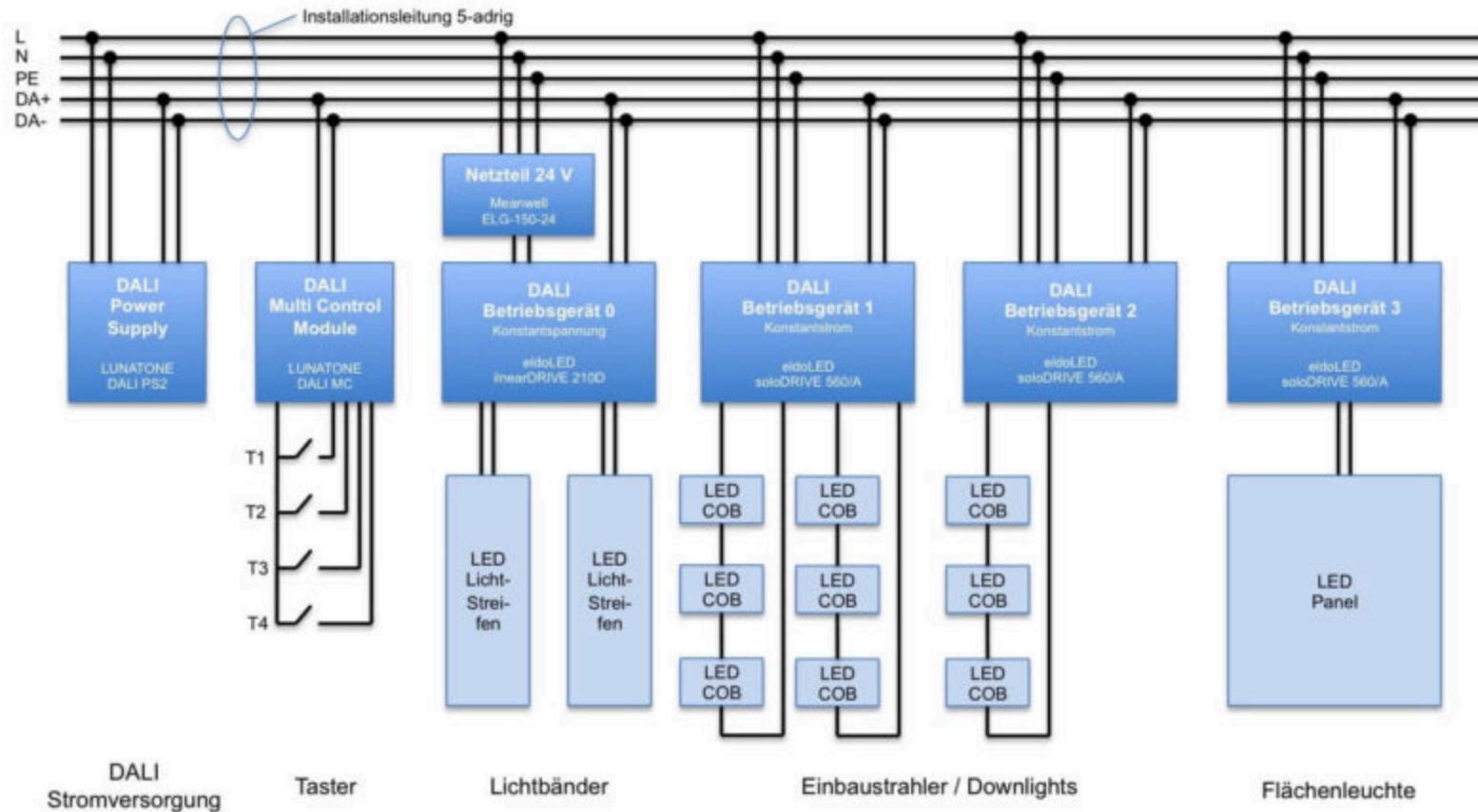


Szene 3 (50 %, 20 %)

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



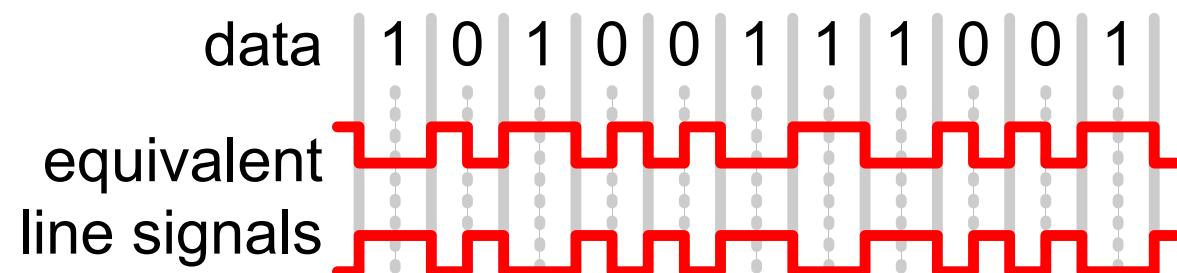
Quelle

Merkmale von DALI

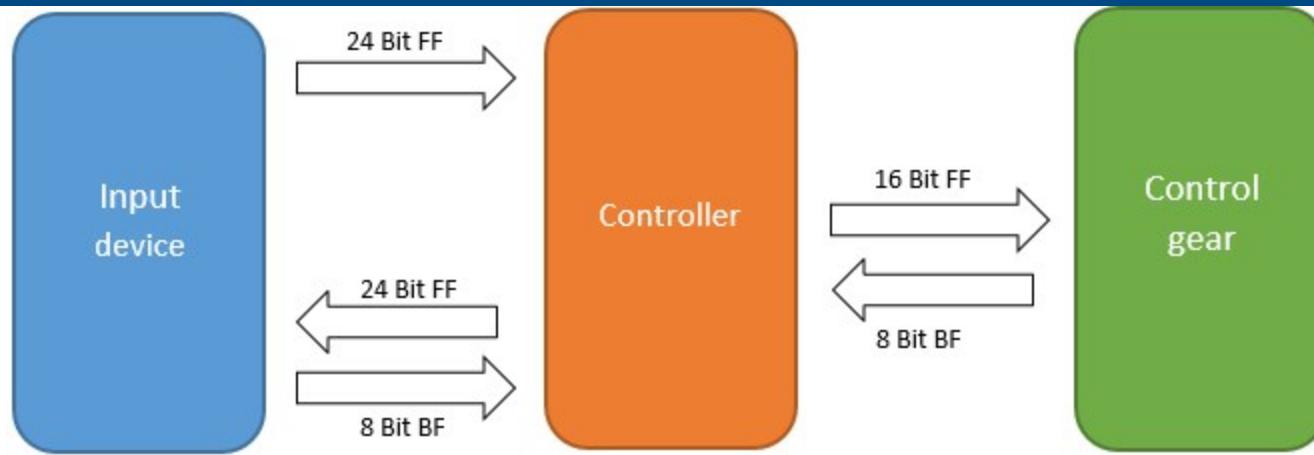
- Installation:
 - **Versorgungs- und Steueradern** können zusammen **im selben Kabel** verlegt werden.
 - Die **Verdrahtung** kann in Reihe, sternförmig oder in einer **gemischten Form** erfolgen.
 - Keine Polarität: Die Polarität (DA+/DA-) der DALI-Steuerleitung muss nicht beachtet werden
- **Verteilte 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).

Technische Hintergründe

- Kodierung:
 - Differentieller Manchester-Code
 - 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



Telegramm-Format



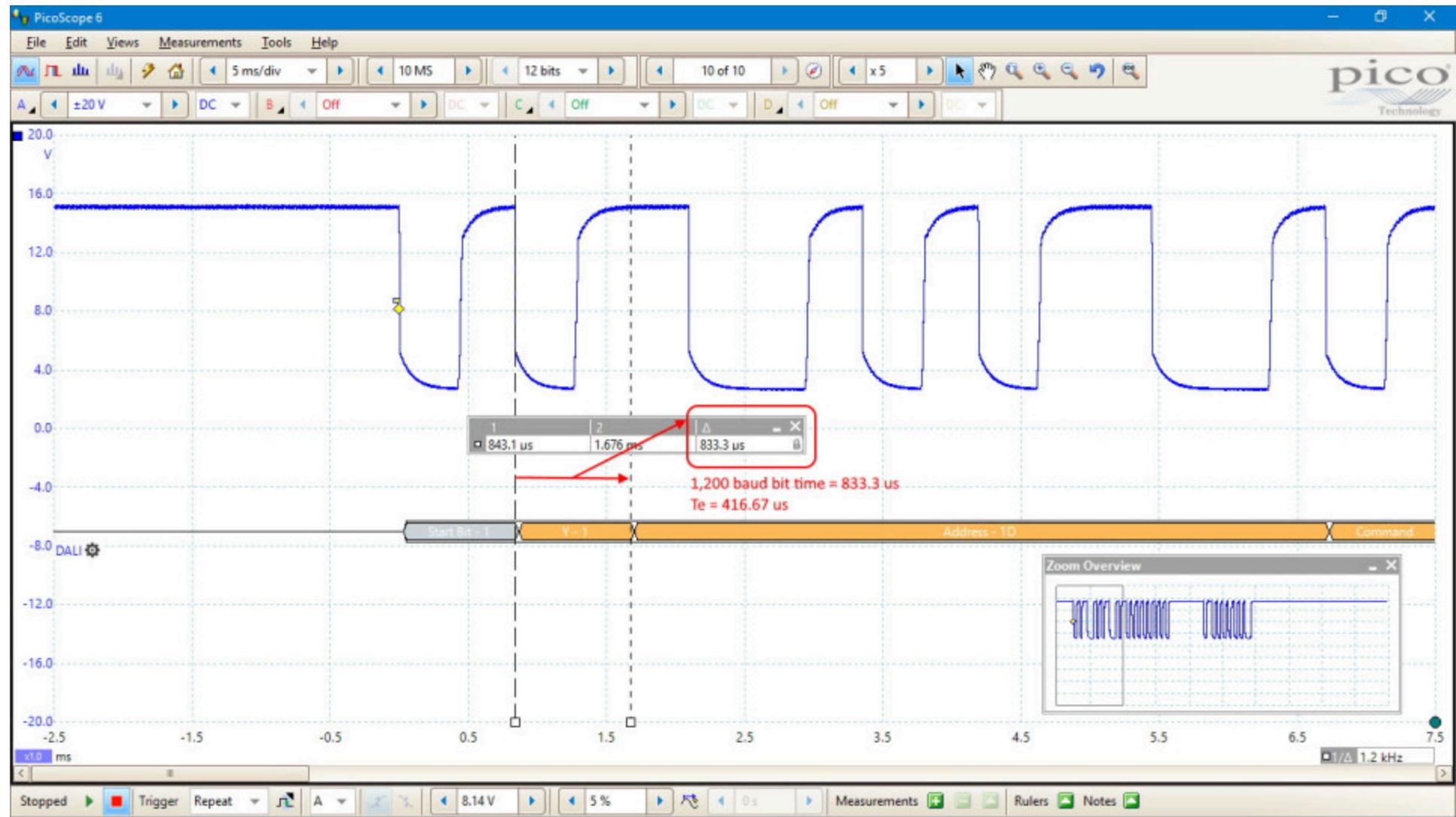
- FF: Forward Frame eines Masters
- BF: Backward Frame Antwort eines Slaves
- 16-und-24-Bit-Telegramme: Geräte zu konfigurieren, Parameter abzufragen oder Steuerbefehle oder Ereignisse

Quelle

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	0	1	0	1	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 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

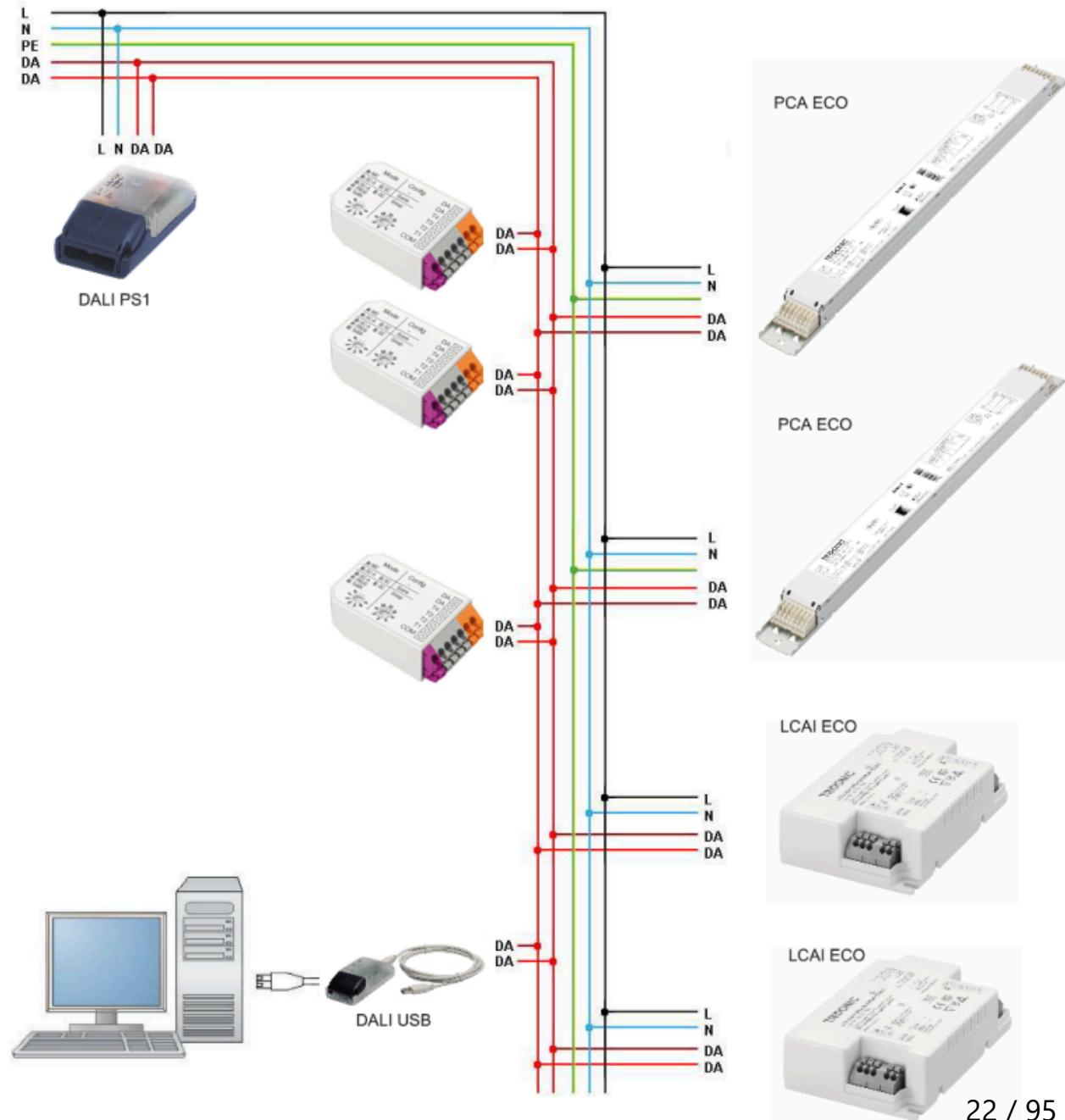
- Max. 64 DALI-Betriebsgeräte (2^6 Adressen)
- Max. 16 DALI-Gruppen (2^4 Adressen)
- Max. 16 DALI-Szenen (2^4 Adressen)
- **Maximaler Strom** der Stromversorgung (DALI PS1: 200 mA bzw. DALI PS2 240 mA).
- Max. Leitungslänge aus **Spannungsabfall** (2 V d.h. 300 m bei $1,5 \text{ mm}^2$)

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



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 About masterCONFIGURATOR... 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:	<input checked="" type="checkbox"/> 100 % [254]					
System Failure Level:	<input checked="" type="checkbox"/> 100 % [254]					

TRIDONIC

23 / 95

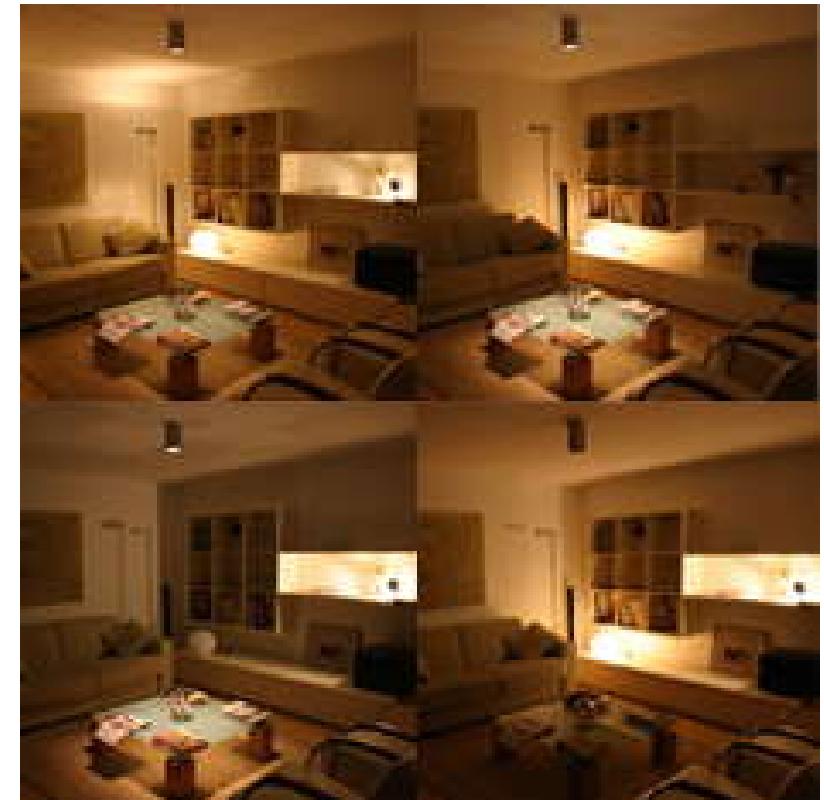
Individualadressen und Gruppen

- 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

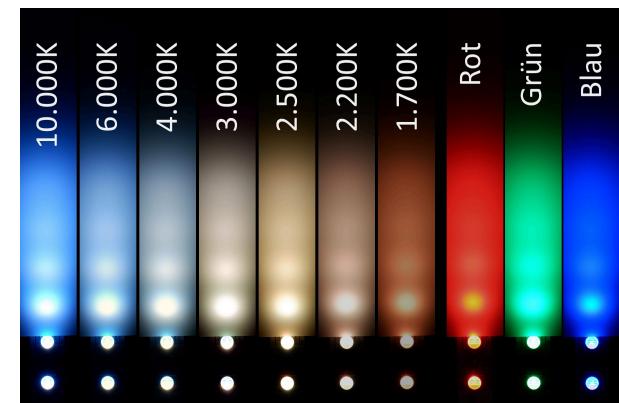
- bis zu 16 Lichtszenen (Einstellung verschiedener Beleuchtungssituationen)
- **jedem Vorschaltgerät kann ein individueller Lichtwert je Szene hinterlegt werden**
- Lichtszenen **unabhängig von der Gruppenzuordnung**

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 Leuchtengruppen**.



Quelle



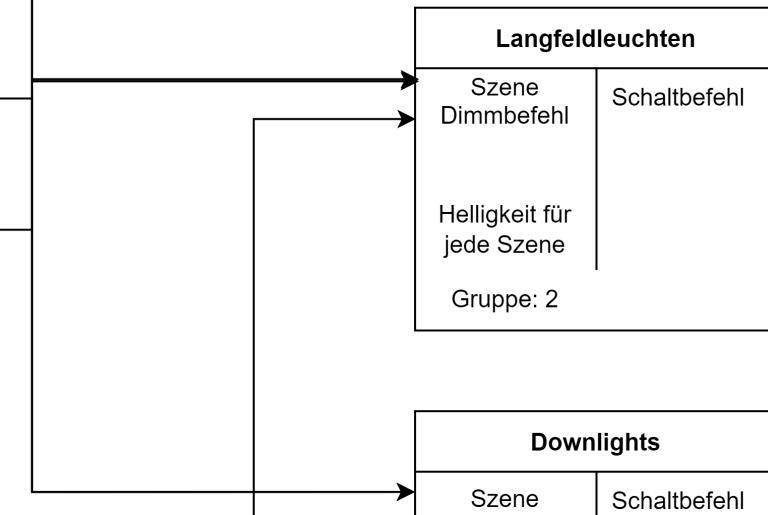
Szenenauswahl an/aus	
Taster-Aktivierung	Szene
Taster-Belegung Modus	



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

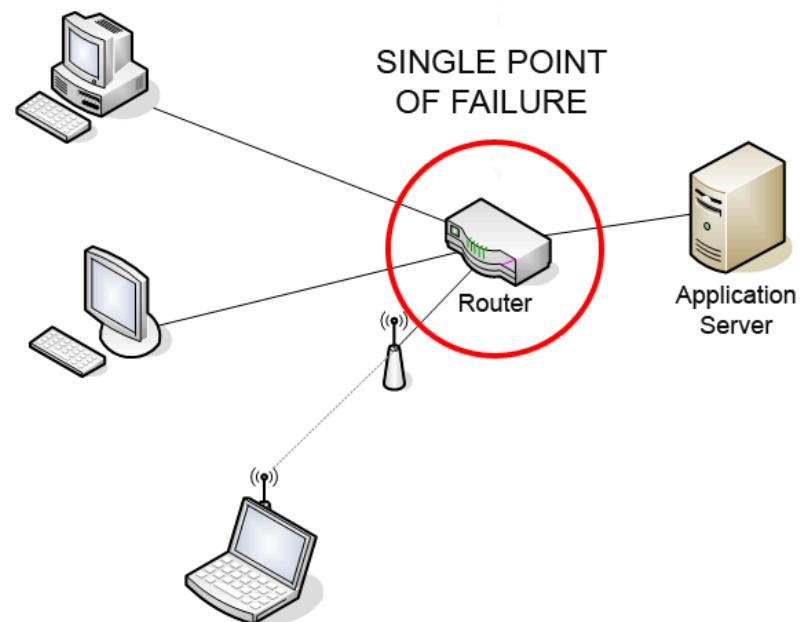


Dimmfunktion	
Taster-Aktivierung	Dimmbefehl für Adresse
Taster-Belegung Modus	



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

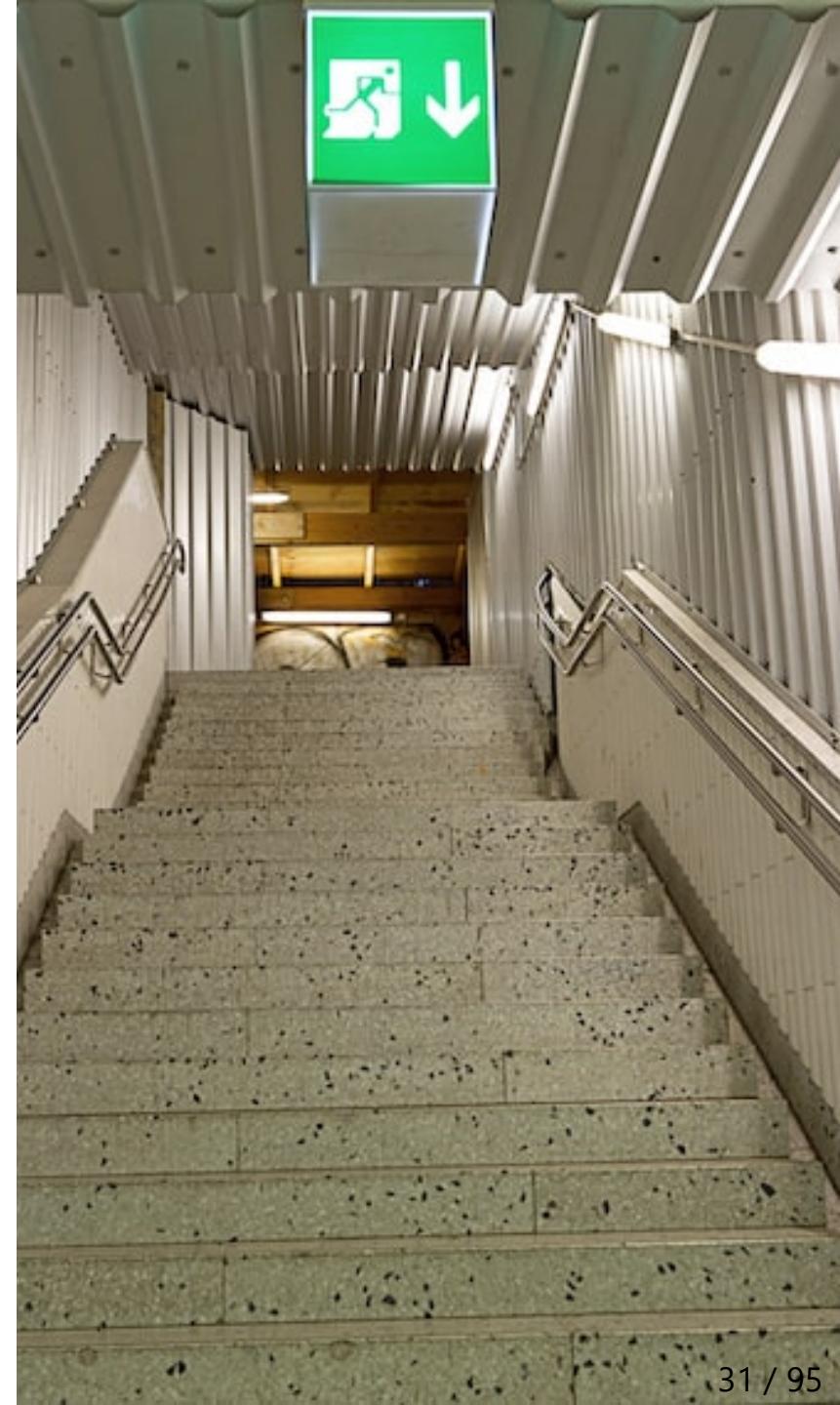


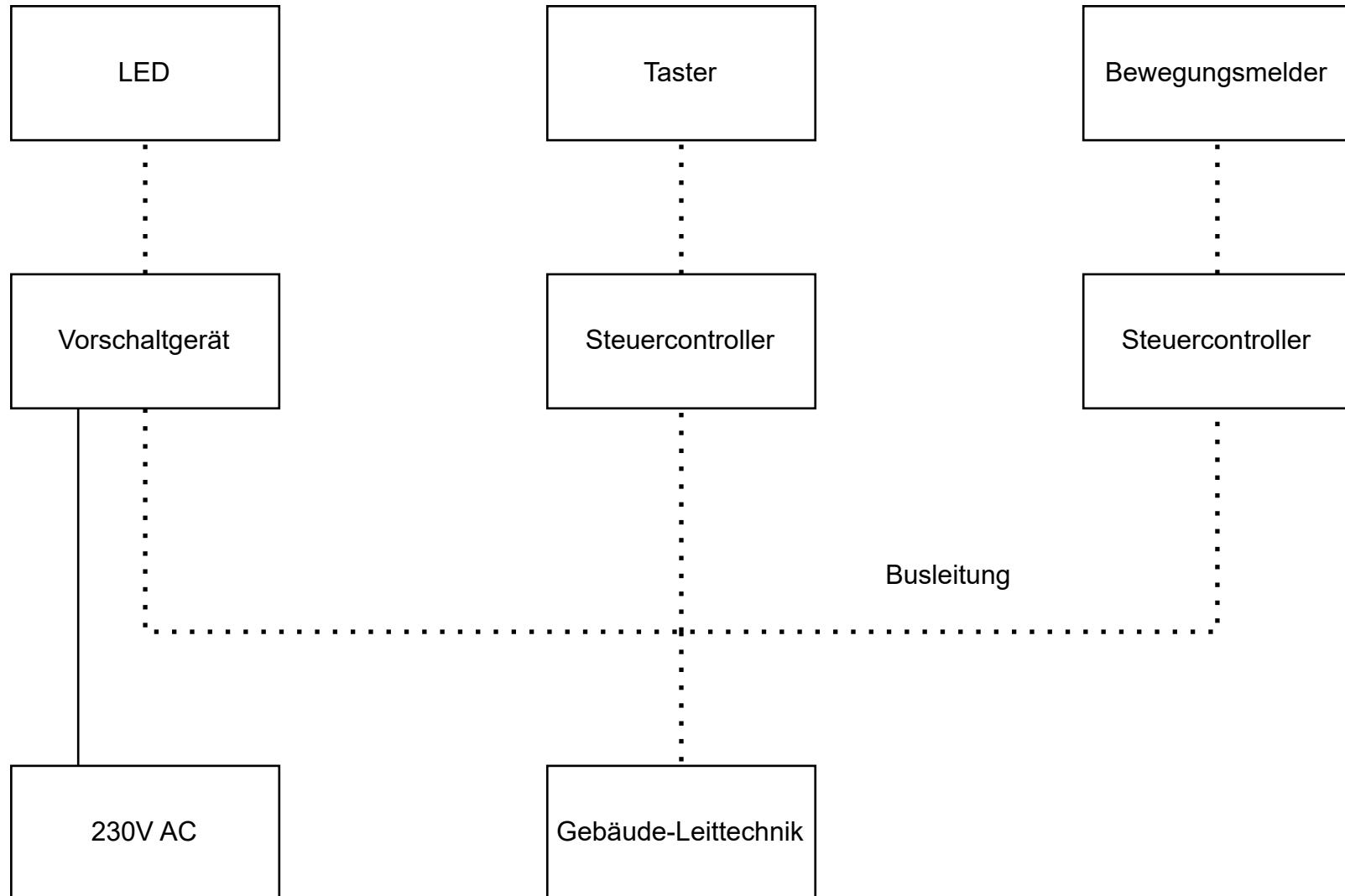
Einfluss-Analyse

- *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

Rechercheaufgabe: Gebäudebussysteme und ihre Anwendungsfälle

Jeder recherchiert ein spezifisches Gebäudebussystem und beschreibt einen praxisnahen Anwendungsfall, um ein tiefgehendes Verständnis für die Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten von Bussystemen in der Gebäudeautomation zu entwickeln.

Aufgabenbeschreibung

- Wählen Sie eines der folgenden Gebäudebussysteme aus: KNX, BACnet, Modbus, M-Bus, LON, LCN, SMI, DMX, ZigBee, EnOcean, Z-Wave, WirelessHART, WirelessKNX, Wireless M-Bus, LoRaWAN.
- Alternativ können Sie ein anderes Gebäudebussystem mit Rücksprache des Dozenten wählen.
- Jedes Bussystem darf nur von einem Studierenden bearbeitet werden.

Recherche des Bussystems

Beschreiben Sie die folgenden Aspekte des gewählten Bussystems:

- Technische Grundlagen:
 - Welche Übertragungsmedien (z. B. Twisted Pair, Funk, Ethernet) werden verwendet
 - Welche Baudrate und Spannungslevel sind typisch?
- Buszugriff und Kommunikation:
 - Welches Buszugriffverfahren (z. B. Master/Slave, Multi-Master, CSMA/CA) wird genutzt?
 - Wie ist der Telegrammaufbau strukturiert?

- Hauptanwendungsbereiche:
 - In welchen Bereichen der Gebäudeautomation wird das System eingesetzt (z. B. Beleuchtung, Heizung, Zählerdaten)?
- Vorteile und Einschränkungen:
 - Was sind die Stärken und Schwächen des Systems im Vergleich zu anderen Bussystemen?

Nutzen Sie mindestens drei verlässliche Quellen (z. B. Herstellerseiten, Fachliteratur, wissenschaftliche Artikel). Geben Sie alle Quellen in einer Literaturliste an.

- Beschreibung eines Anwendungsfalls:
 - Entwickeln Sie einen konkreten, praxisnahen Anwendungsfall für das gewählte Bussystem. Beispiele:
 - Steuerung der Beleuchtung in einem Bürogebäude (DALI).
 - Überwachung der Raumtemperatur in einem Schulgebäude (KNX).
 - Erfassung von Verbrauchsdaten in einem Wohnkomplex (M-Bus).
- Beschreiben Sie den Anwendungsfall detailliert:
 - Szenario: Welche Umgebung und Anforderungen gibt es (z. B. Büro mit 20 Arbeitsplätzen, variable Beleuchtung)?
 - Komponenten: Welche Geräte (Sensoren, Aktoren, Controller) werden eingesetzt?
 - Funktionsweise: Wie kommunizieren die Komponenten? Welche Daten werden übertragen?
 - Nutzen: Welche Vorteile bietet das Bussystem in diesem Szenario (z. B. Energieeinsparung, Flexibilität)?

Präsentation der Ergebnisse:

- Erstellen Sie eine Präsentation (max. 3 Folien).
 - Kurze Vorstellung des Bussystems mit Technische Details: Zusammenfassung der recherchierten Aspekte.
 - Anwendungsfall: Detaillierte Beschreibung des Szenarios.
 - Fazit: Bewertung der Eignung des Systems für den Anwendungsfall.
 - Literaturliste: Auflistung aller verwendeten Quellen (z. B. im APA-Format).

Bereiten Sie eine kurze mündliche Präsentation (max. 5 Minuten) vor, in der Sie Ihre Ergebnisse der Gruppe vorstellen.

Hinweise

Arbeiten Sie eigenständig, um ein tiefes Verständnis zu entwickeln.

Nutzen Sie Herstellerseiten (z. B. Tridonic für DALI, KNX Association für KNX) und technische Dokumentationen als Hauptquellen.

Bei Fragen zur Auswahl des Bussystems oder des Anwendungsfalls wenden Sie sich frühzeitig an den Dozenten.

Lernziele

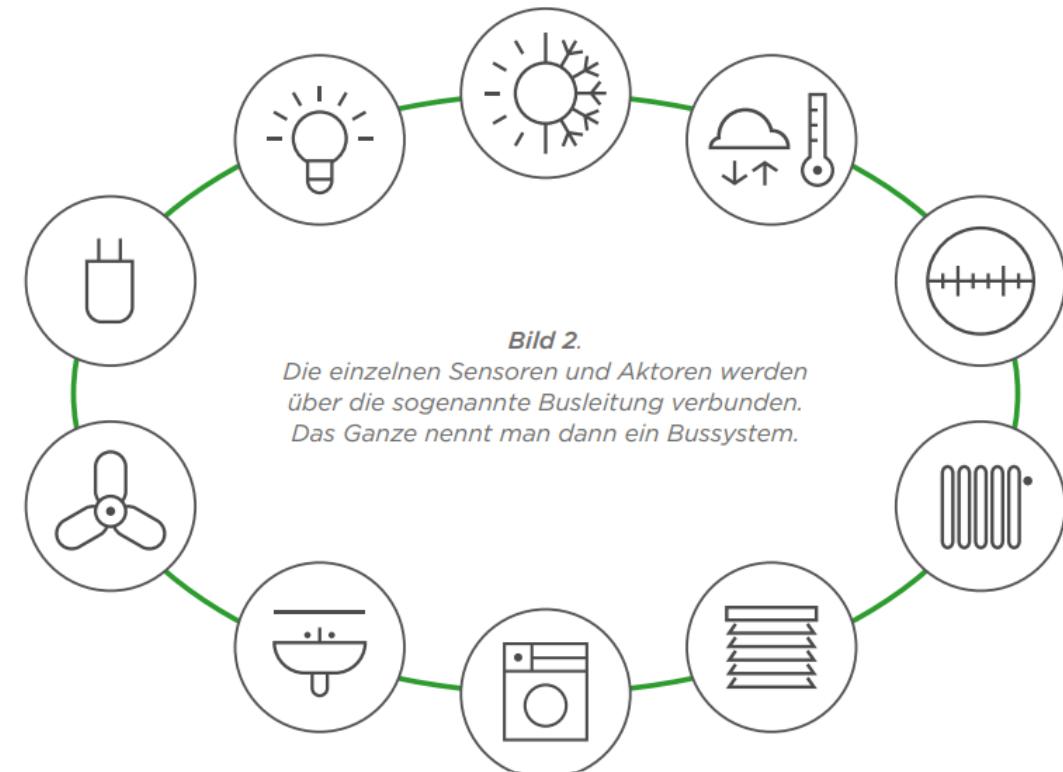
- Studierende können das Einsatzgebiet eines KNX-Systems beschreiben
- Studierenden können typische Aktoren und Sensoren eines KNX-Systems benennen



KNX Eigenschaften

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

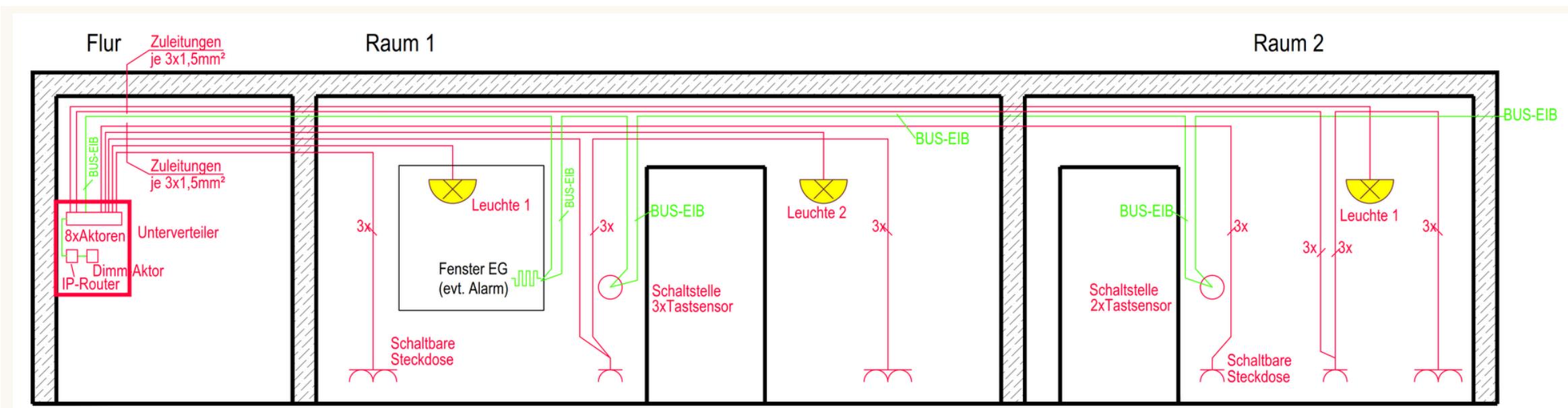
Quelle





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)

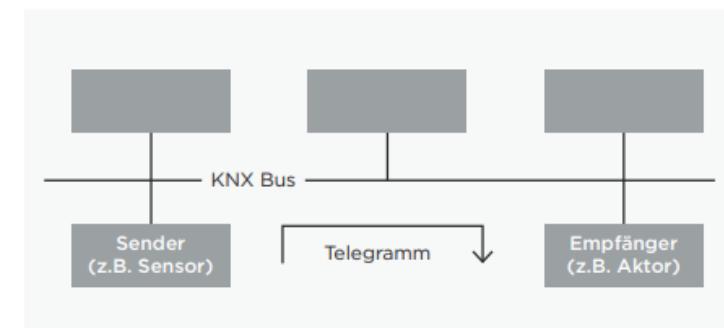


Bild 4. Sensor/Aktor Prinzip



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

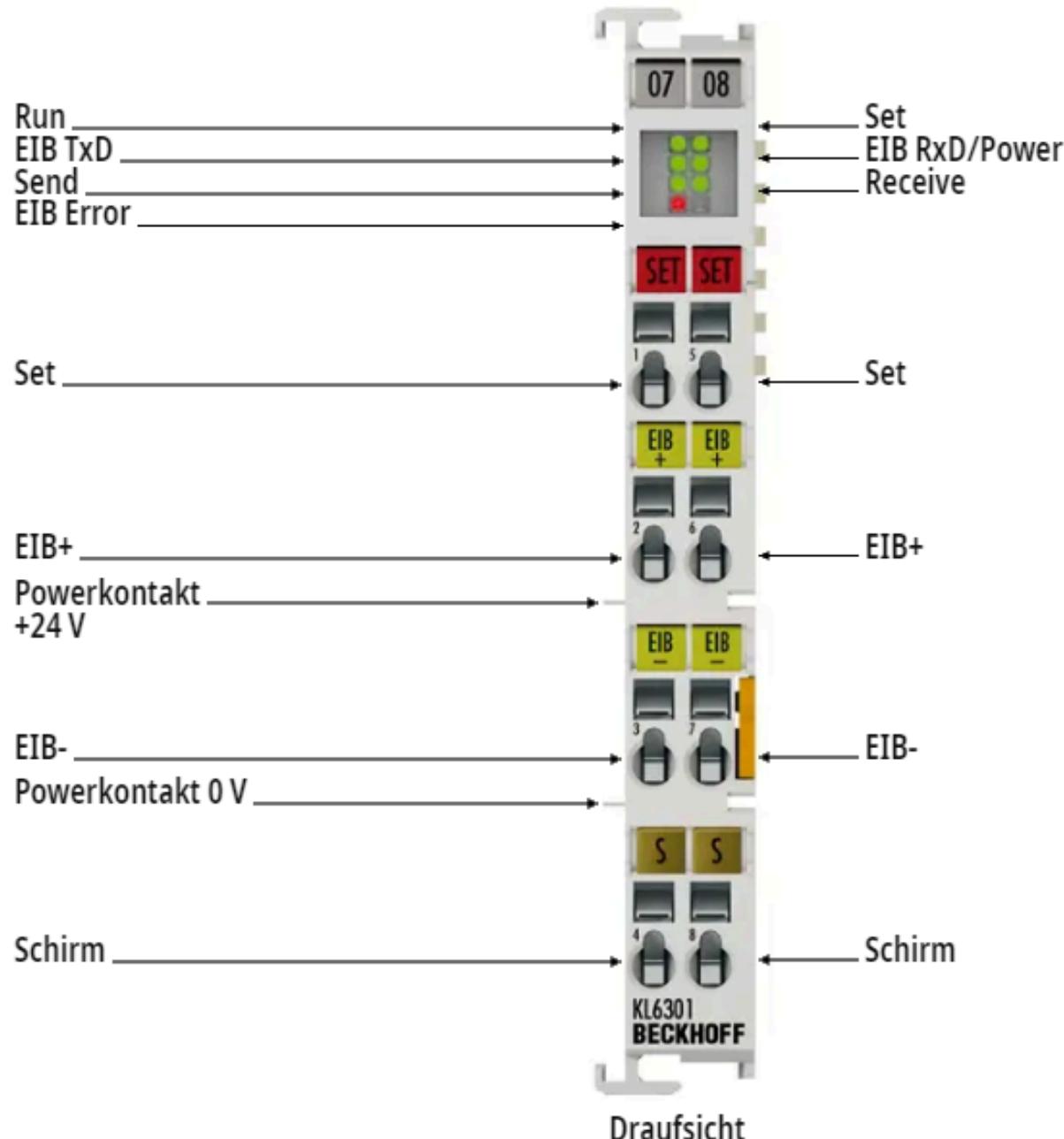
Quelle

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**

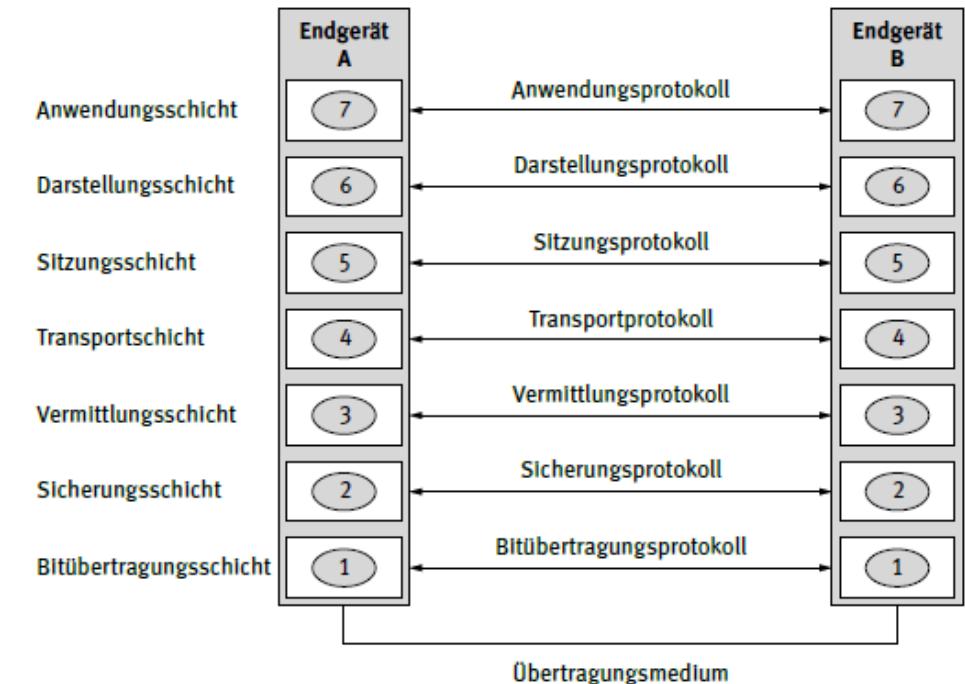


Abb. 12.14: ISO/OSI-Referenzmodell

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

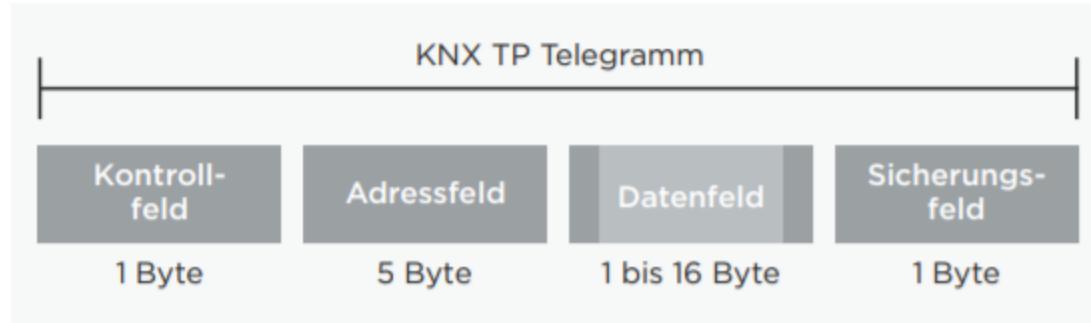
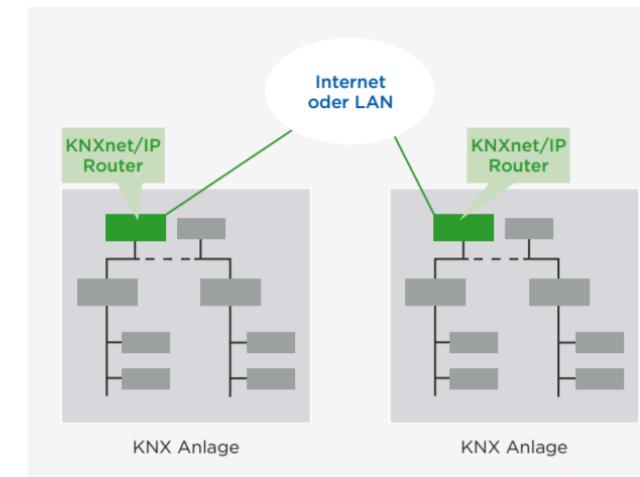
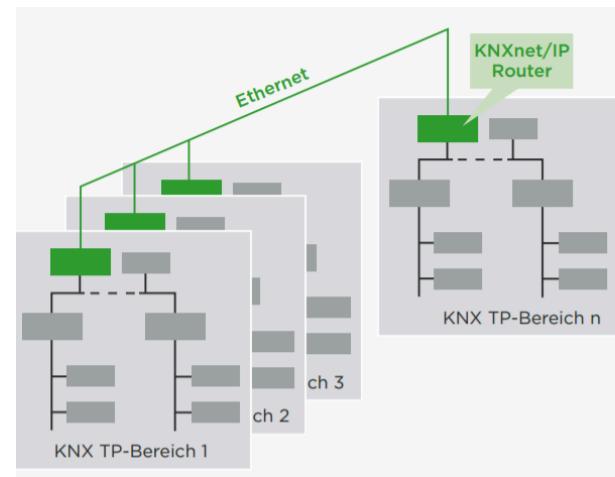


Bild 7. Telegrammaufbau bei KNX TP

- **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

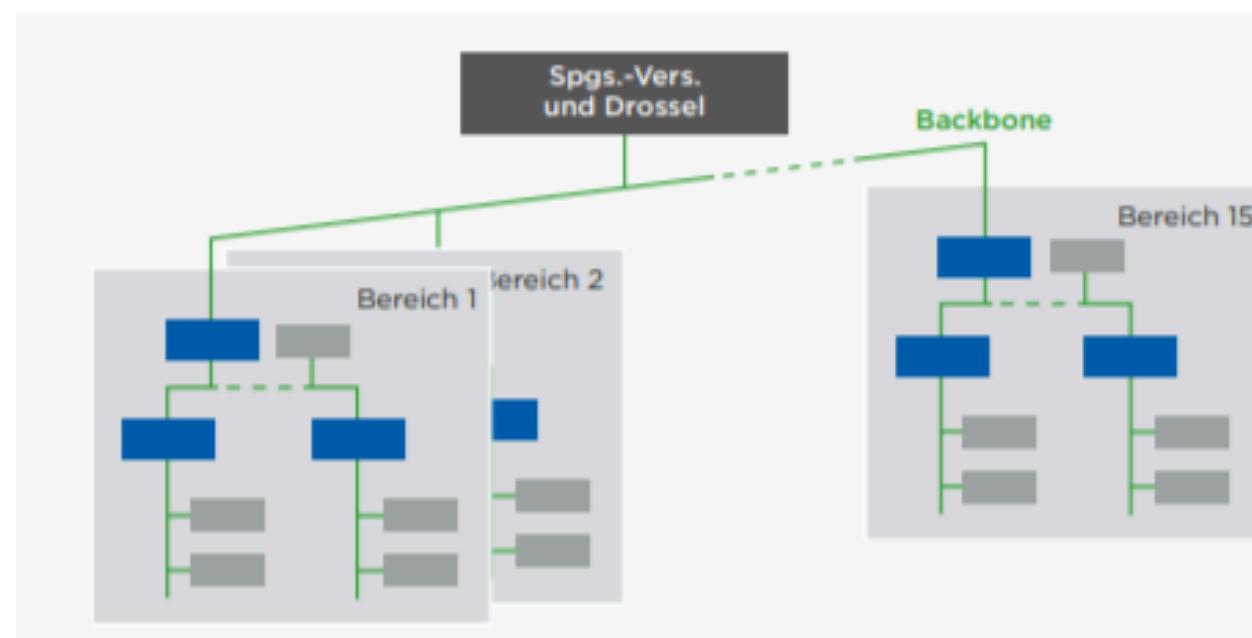
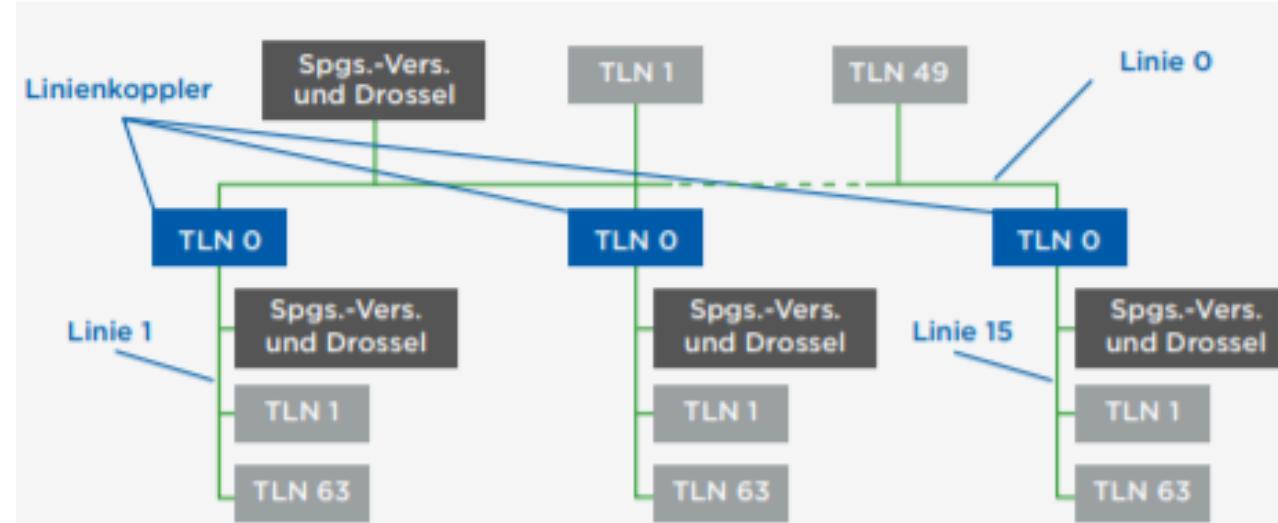
- häufig **hierarchische** Topologien
- **Ethernet** als leistungsfähiger **Backbone** und für komplexe (KNX IP) Geräte
- **KNX TP, KNX PL und KNX RF** für Anbindung **verteilter Sensoren und Aktoren**





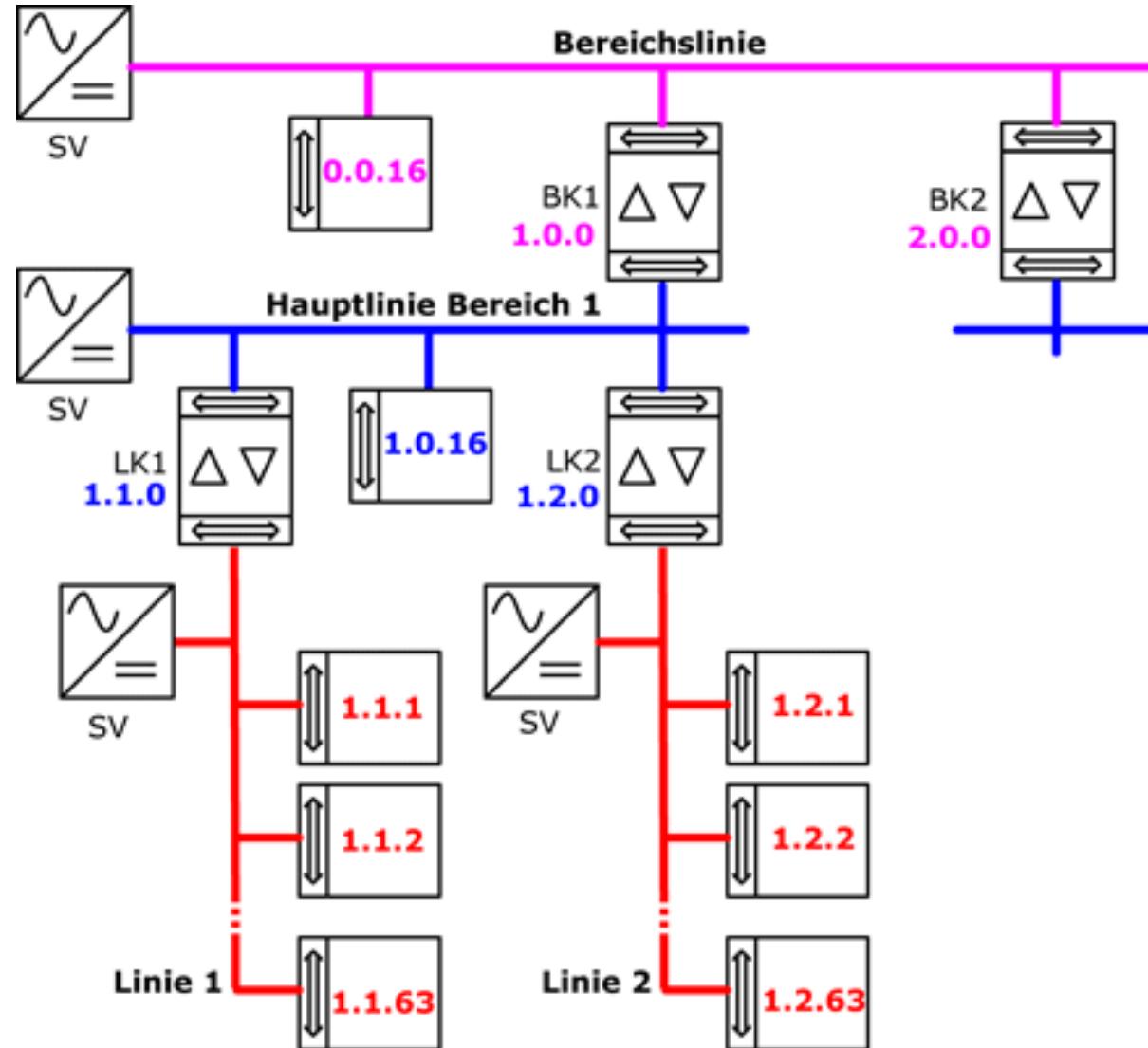
Hierarchie

- 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

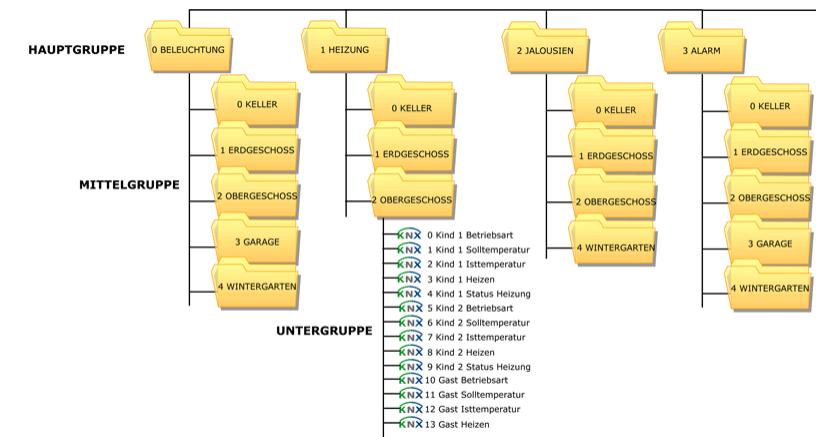


Quelle



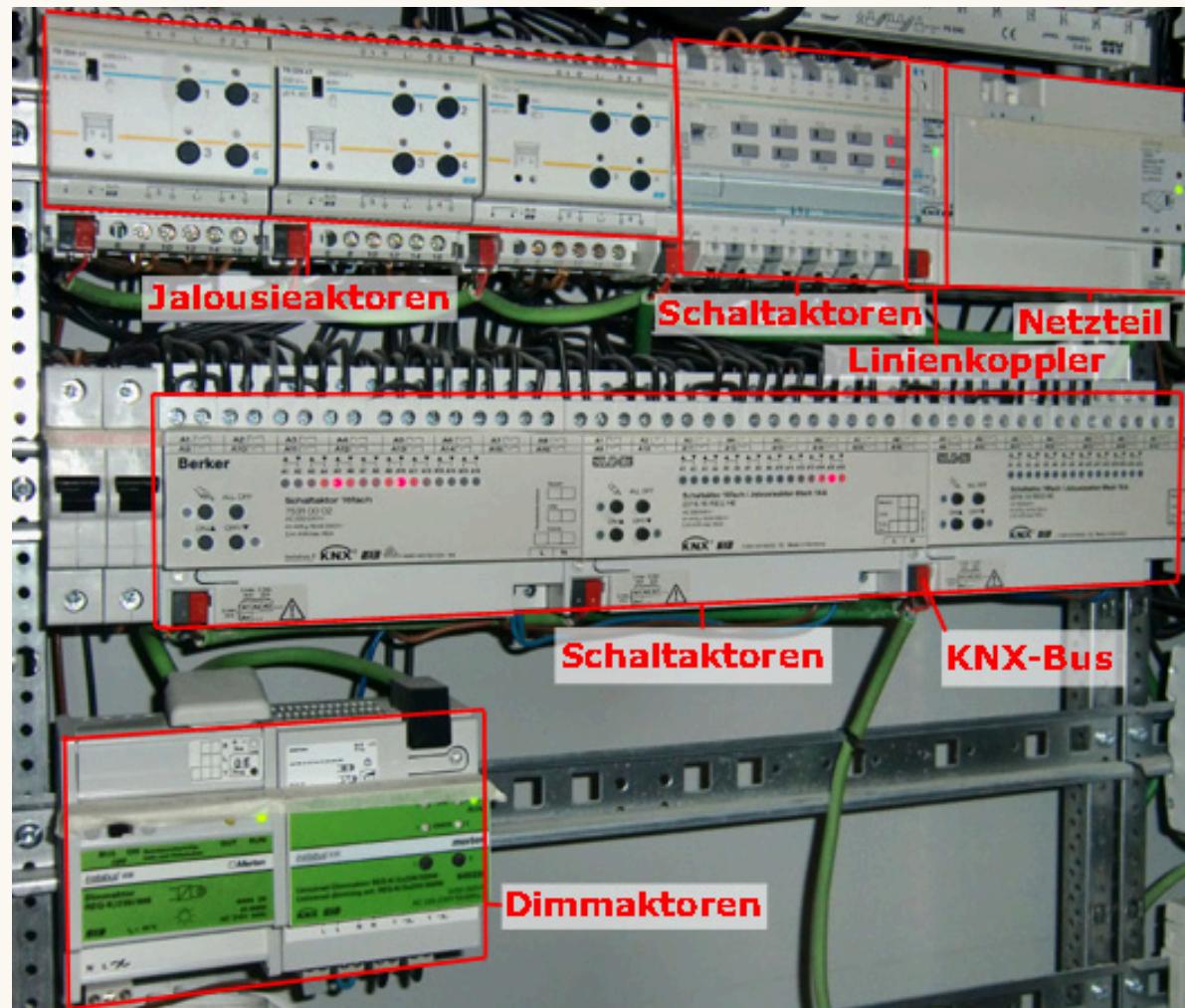
Gruppenadressen

- 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]



Quelle

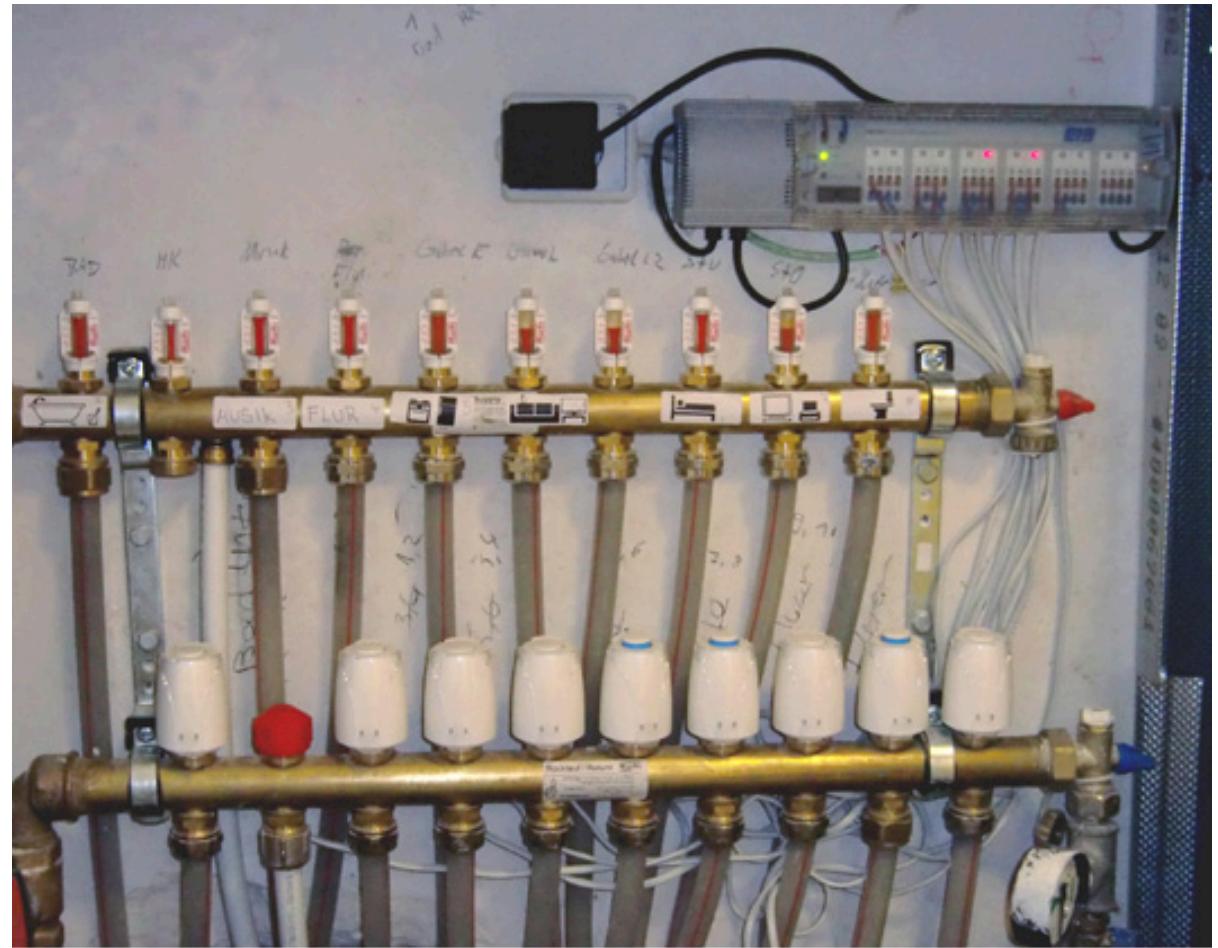
Einbau KNX im Schaltschrank



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

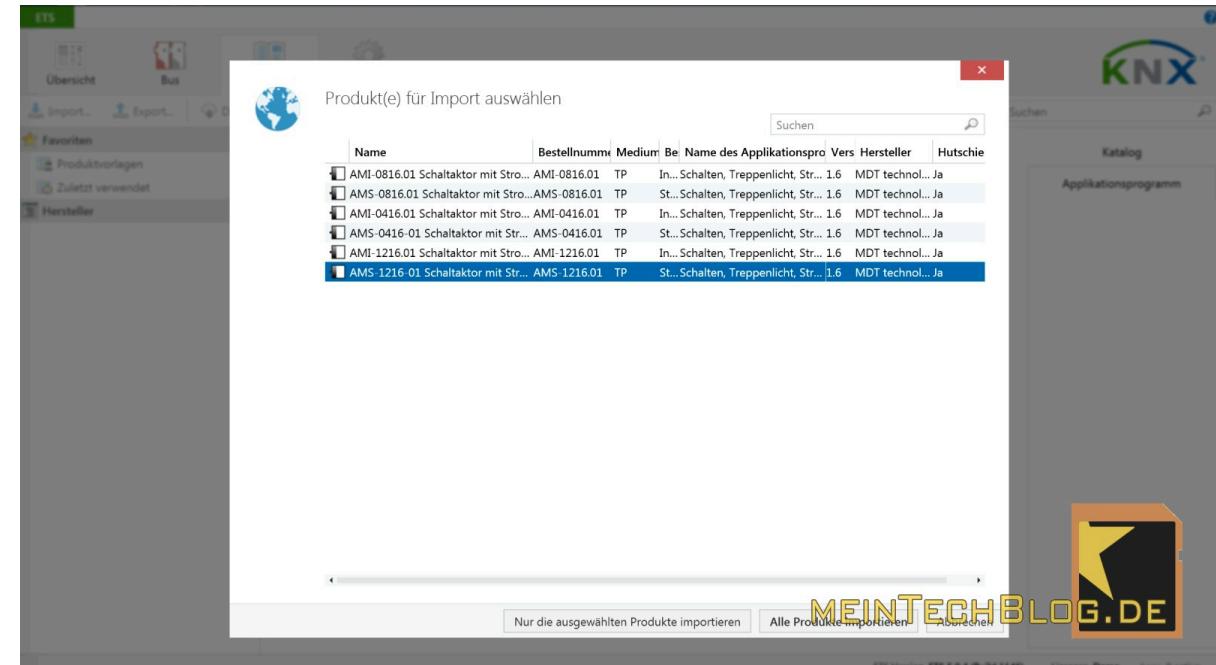
Quelle

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

The screenshot shows the ETS (Engineering Tool Suite) software interface. At the top, there is a menu bar with options like ETS, Bearbeiten, Arbeitsbereich, Programmieren, Diagnose, Extras, and Fenster. Below the menu is a toolbar with icons for Projekt schließen, Rückgängig, Wiederherstellen, Reports, Arbeitsbereich, Kataloge, and Diagnose.

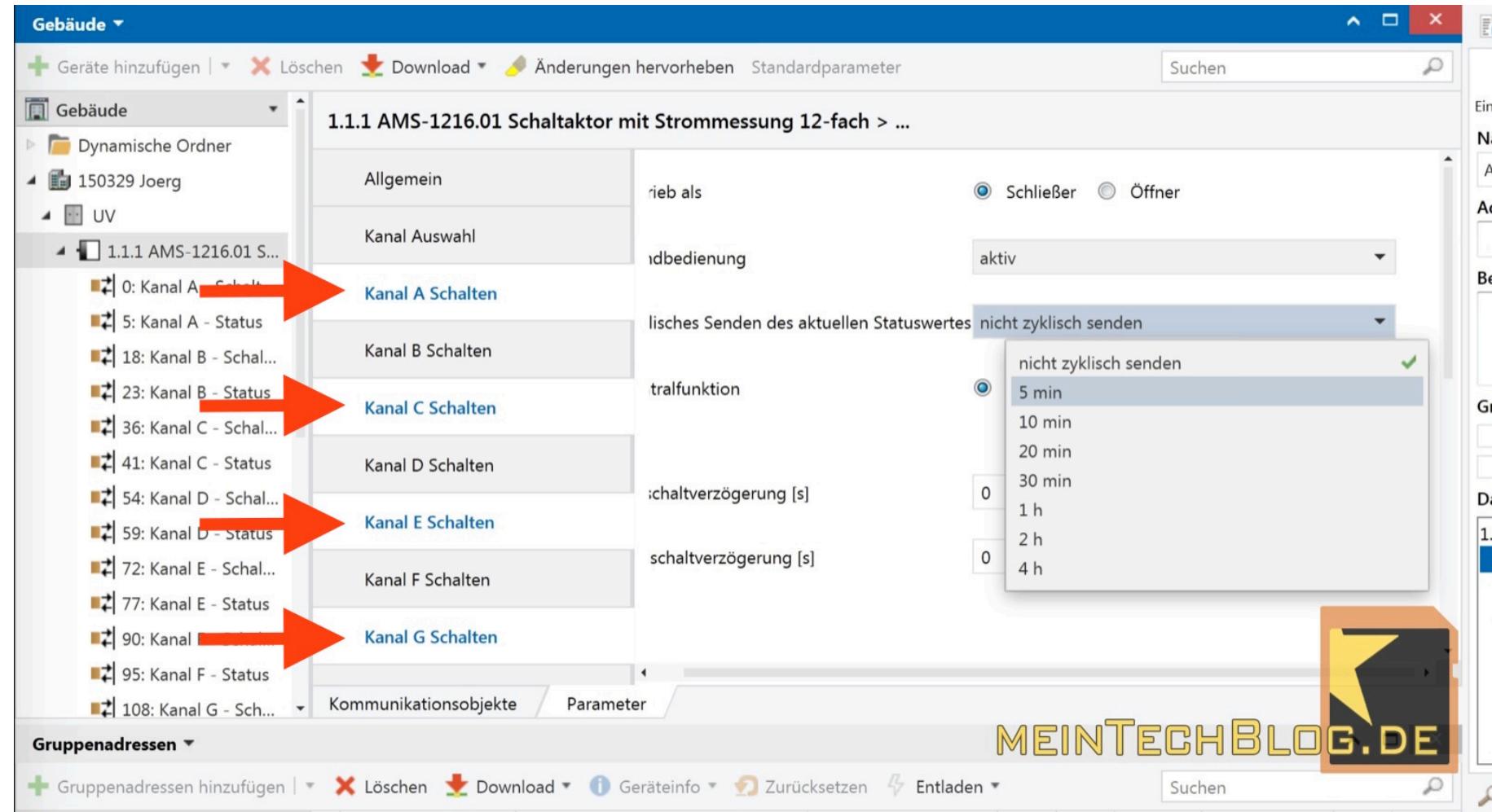
The main area contains two windows:

- Gebäude** window (top left): Shows a tree view of the building structure. A red arrow points from the number 1 in the "Gruppenadressen" window below to the "Name" column in this table. Another red arrow points from the number 2 in the same window to the "Beschreibung" column in the "Gebäude" table.
- Gruppenadressen** window (bottom left): Shows a table of group addresses. It has columns: Adresse, Name, Beschreibung, Zentra, Durch, Datentyp, Länge, Anzahl, and Letzter. One entry is visible: 0/0/1 Aktor A.
- Eigenschaften** (Properties) panel (right side): Displays properties for the selected item. It includes sections for Einstellungen (Settings), Kommentar (Comment), and Information. The "Name" field is set to "Aktor A". The "Adresse" dropdown is set to "1". The "Beschreibung" field is empty. Under "Gruppenadress-Einstellungen" (Group address settings), there are checkboxes for "Zentral" and "Weiterleiten (nicht filtern)". The "Datentyp" (Data type) dropdown is open, showing a list of options starting with "1.* 1-Bit".

At the bottom of the screen, there is a watermark that reads "MEINTECHBLOG.DE".

Quelle

Werte und Funktionen zuweisen



Quelle

Zukunft von KNX

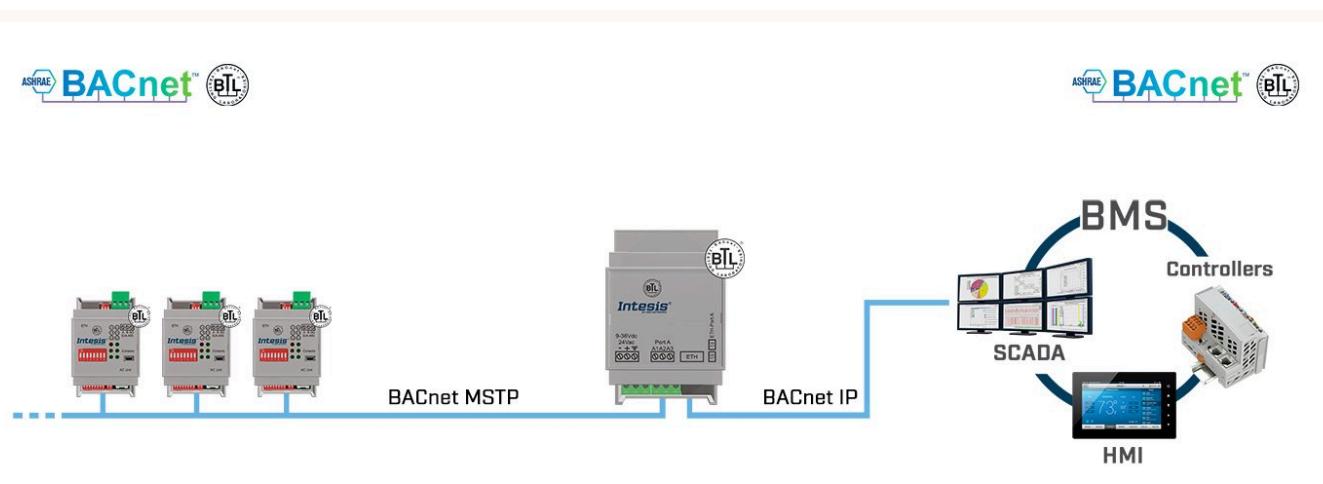
- Trend zu Vernetzung auf IP-Ebene
- Datenraten nicht für Multimedia geeignet
- Gewachsenes Ökosystem mit vielen Anbietern (Netzwerkeffekte)
- Lebensdauer von Gebäudeautomatisierung eher lang
-  voltus: KNX-Grundlagen

Building Automation and Control networks (BACnet)



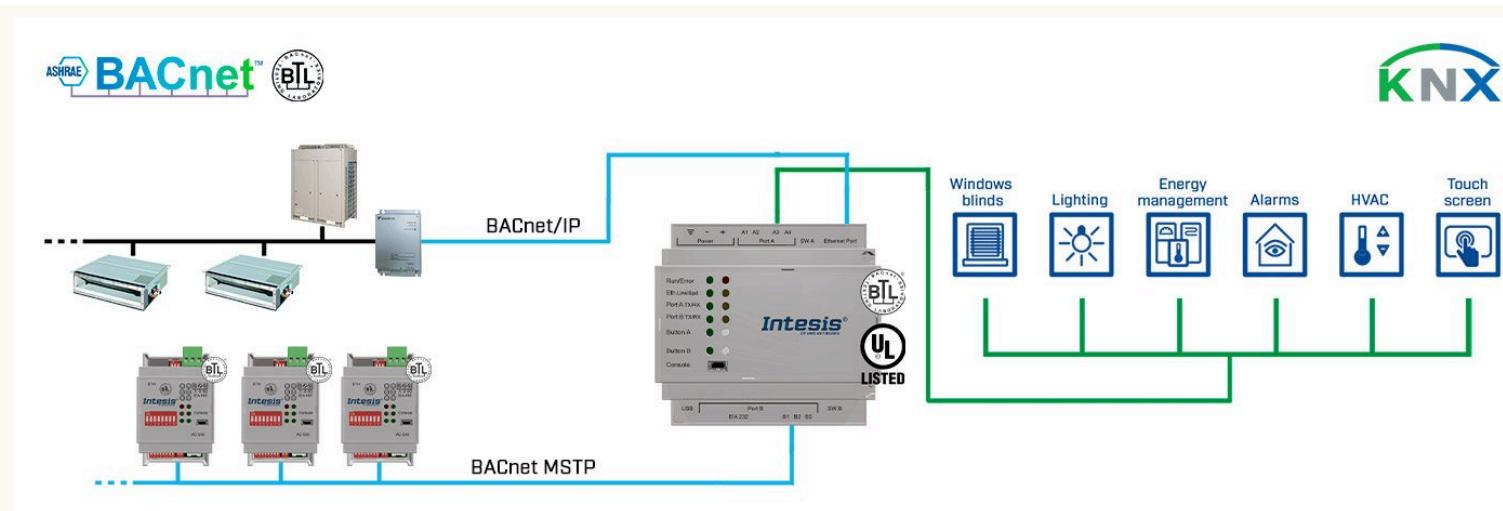
BACnet

- 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)



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 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

```
FB_BACnet_AnalogInput_RAW
|-nRawIn
|-bNoSensor
|-bOverRange
|-bUnderRange
|-bOpenLoop
|-bShortedLoop
|-bCommFailure
|-bOtherFault
|-Device ▷
          bReady
          fPresentValue
          bOverridden
          bOutOfService
          bFault
          bInAlarm
          bAckedTrans_ToOffNormal
          bAckedTrans_ToFault
          bAckedTrans_ToNormal
          bError
          nErrorId
          ▷ Device
```

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

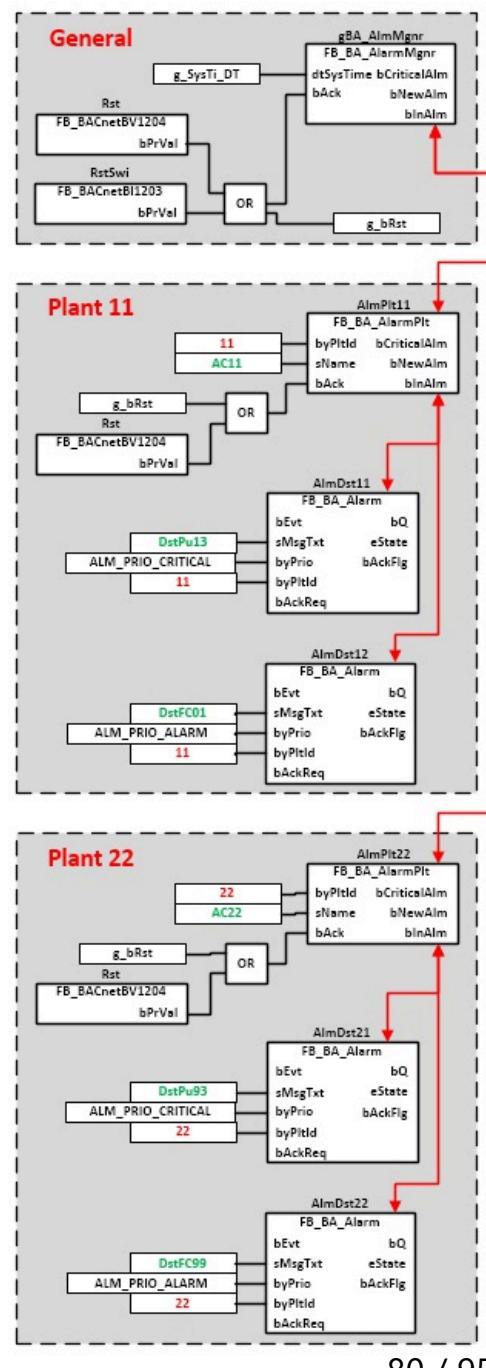
Notification Forwarder, Octetstring Value, Positive Integer Value, Program

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 Geräteprofil sind gewisse Dienste vorgeschrieben
- Ein **Sensor** (Geräteprofil) sollte einen **Alarm** (Dienst) auslösen können
- Der Alarm könnte auf einen **Analogwert** oder dem **Mittwert**



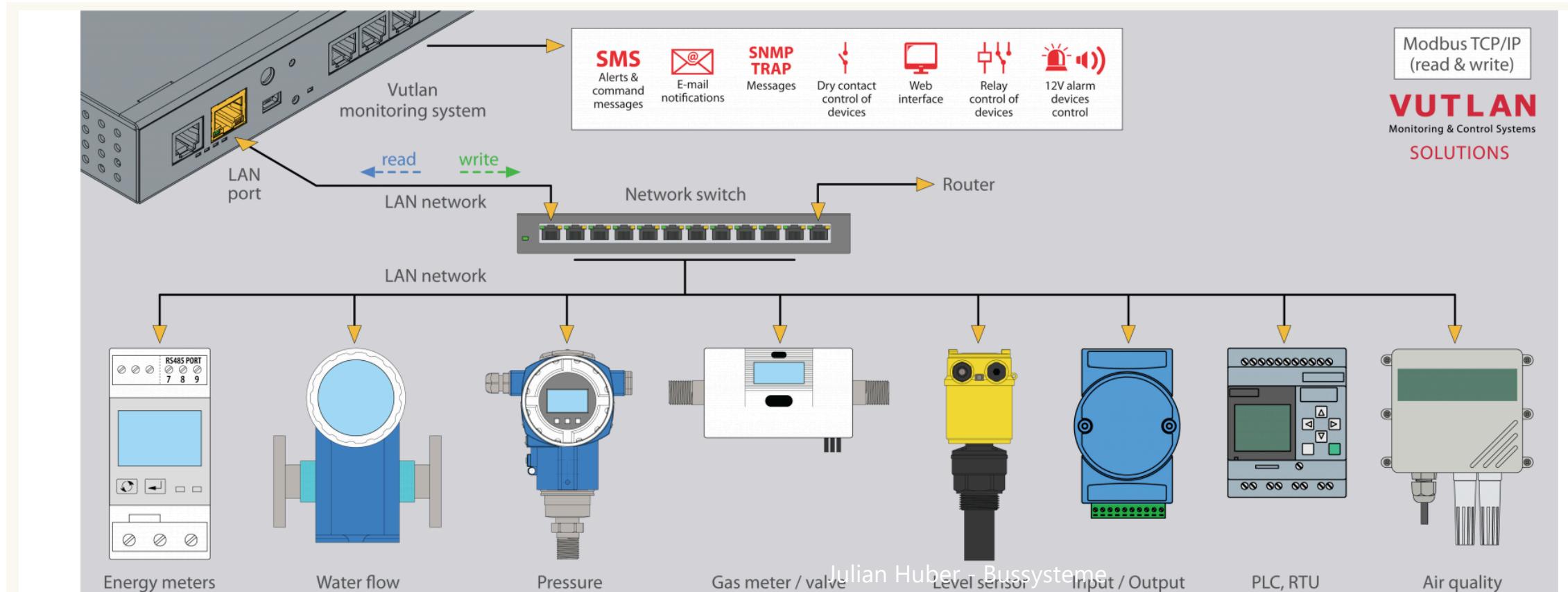
"Bus"-Eigenschaften

- 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



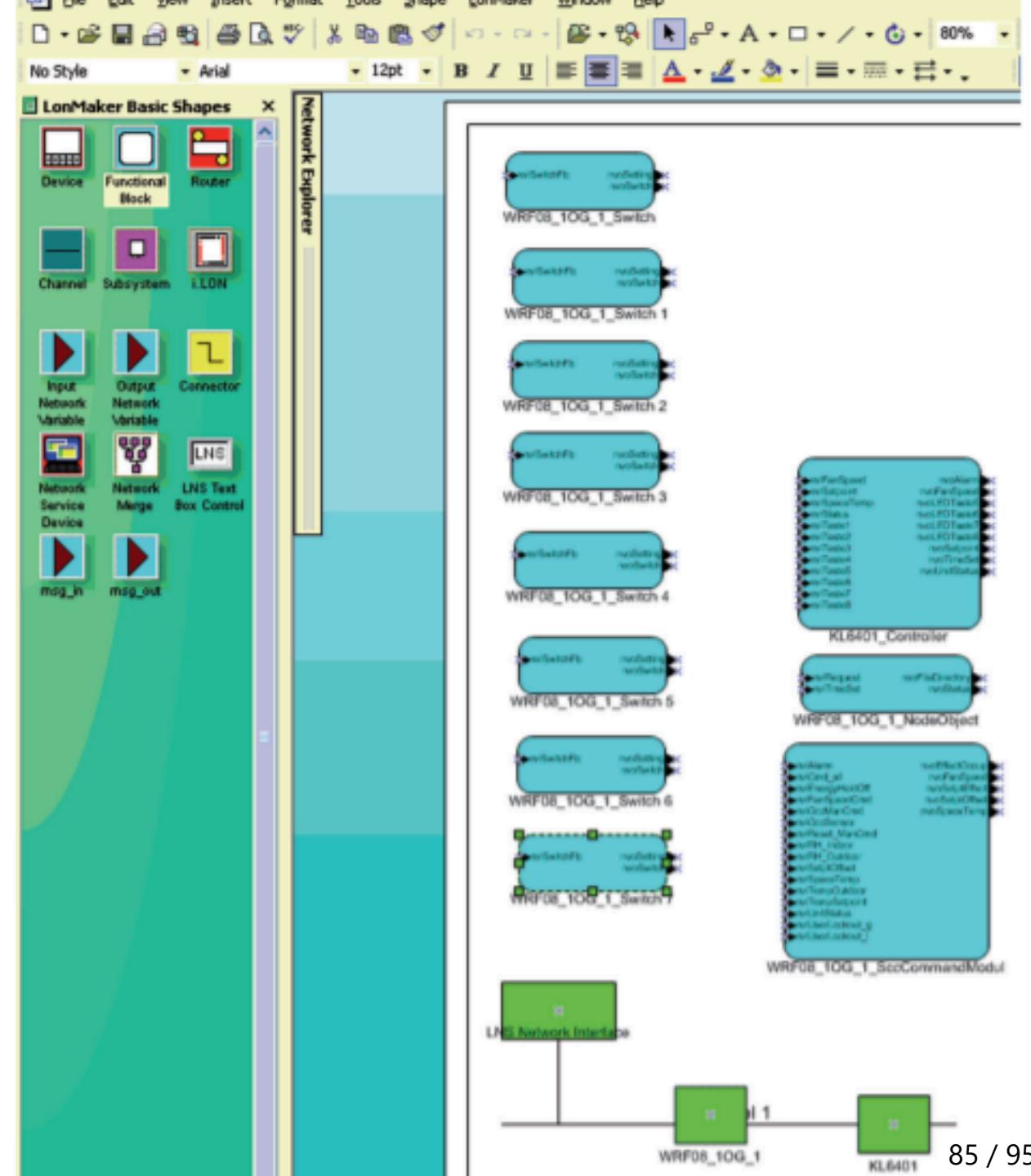
M-Bus

- 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

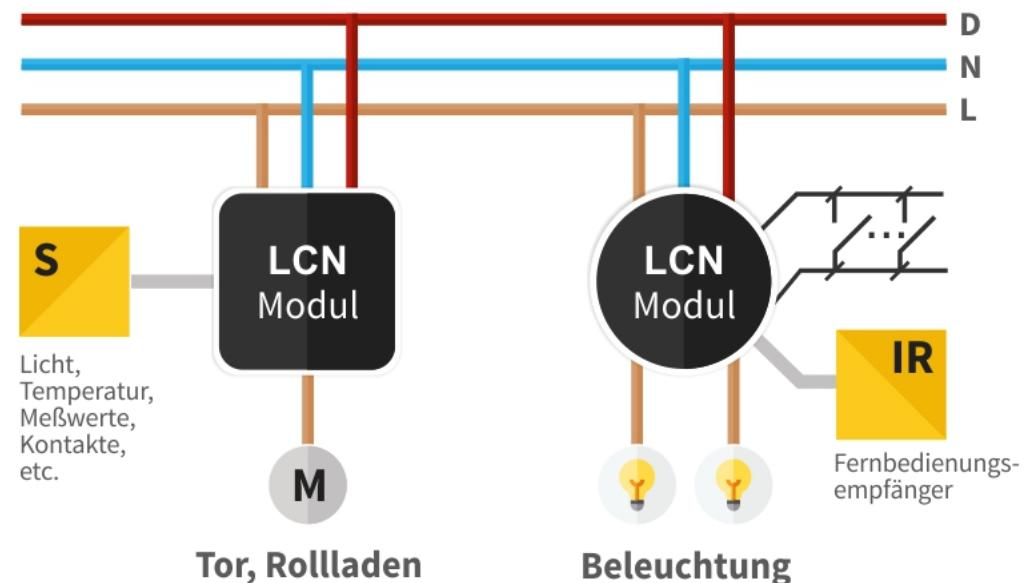
Quelle



Local Control Network (LCN)

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

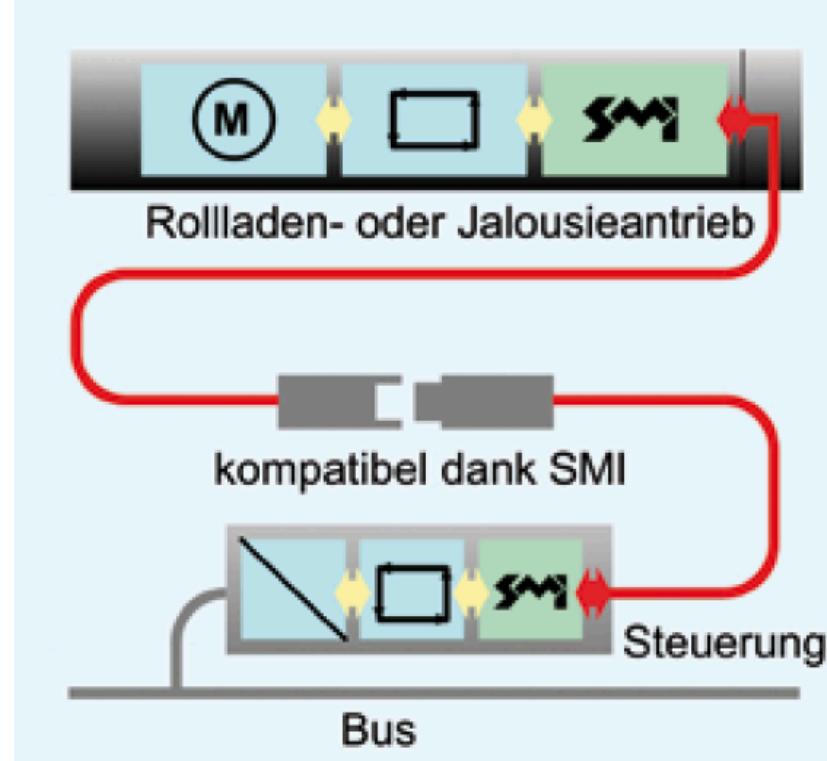
Quelle

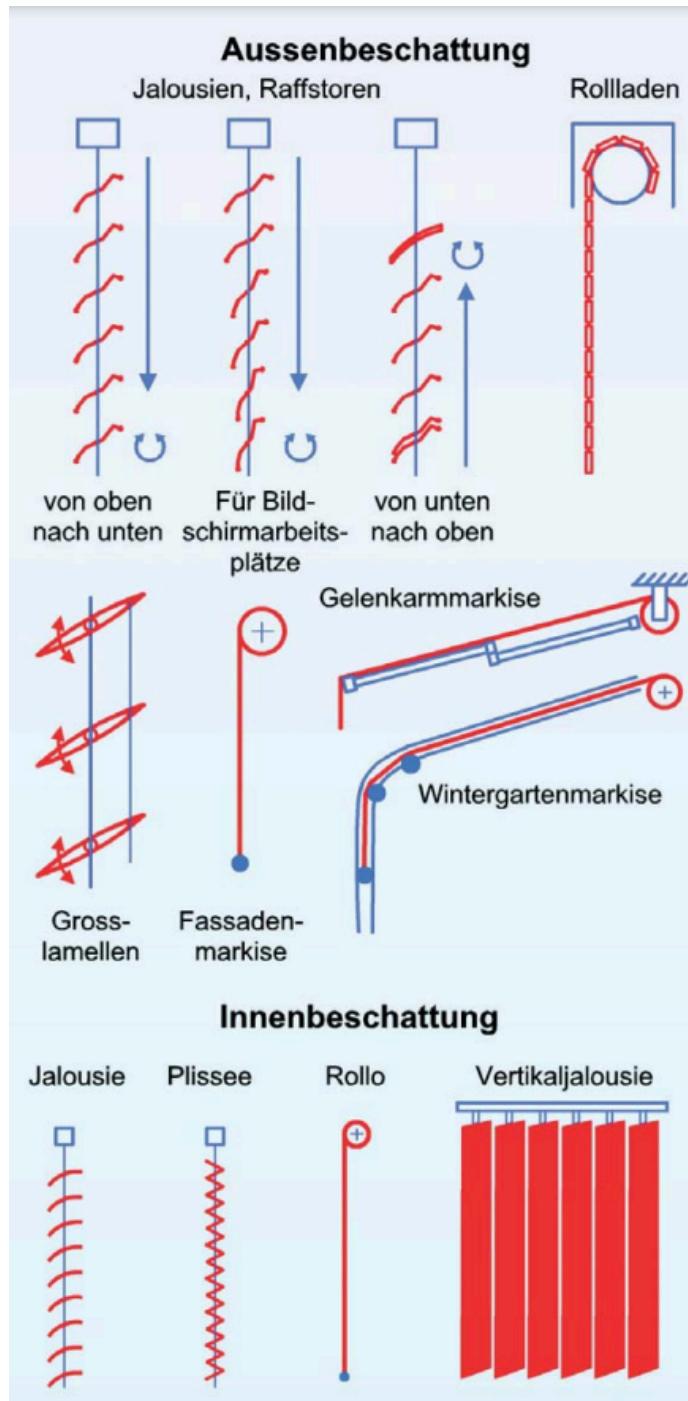


Standard Motor Interface (SMI)

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

Quelle





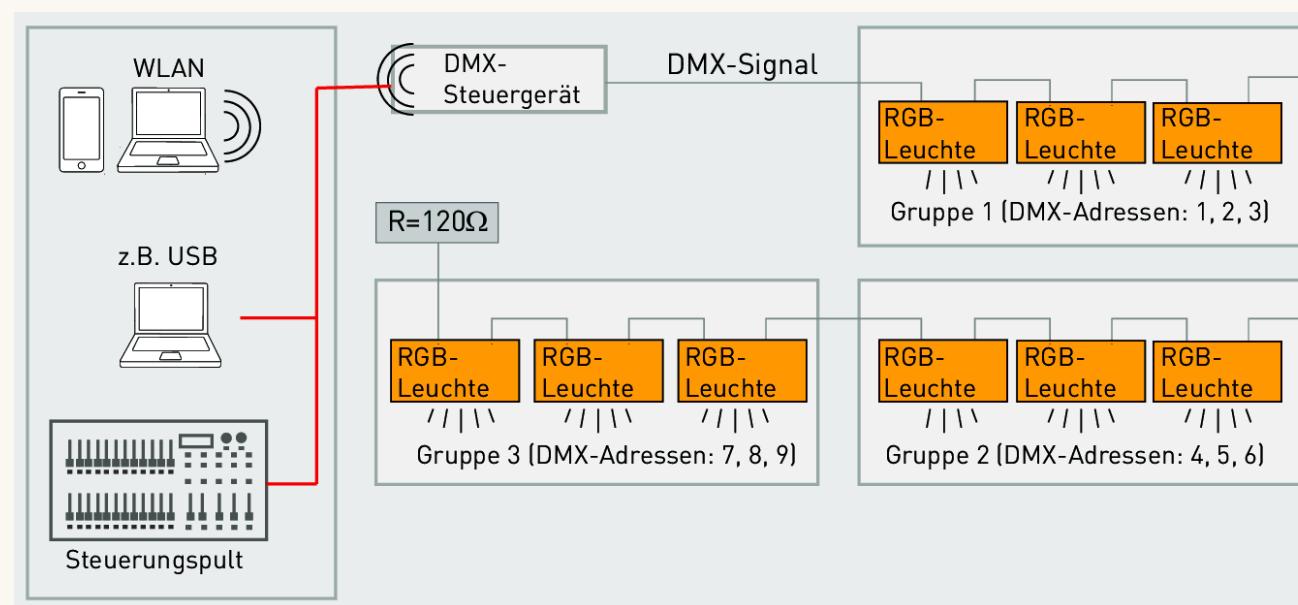
Funktionsweise von Innen- und Außenbeschattung

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

Quelle

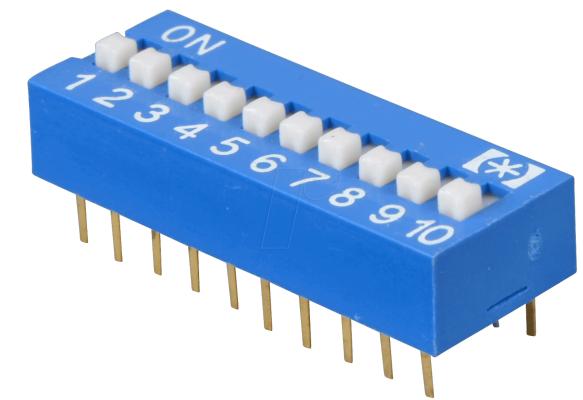
DMX (Lichttechnik)

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



Teilnehmer und Adressierung

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

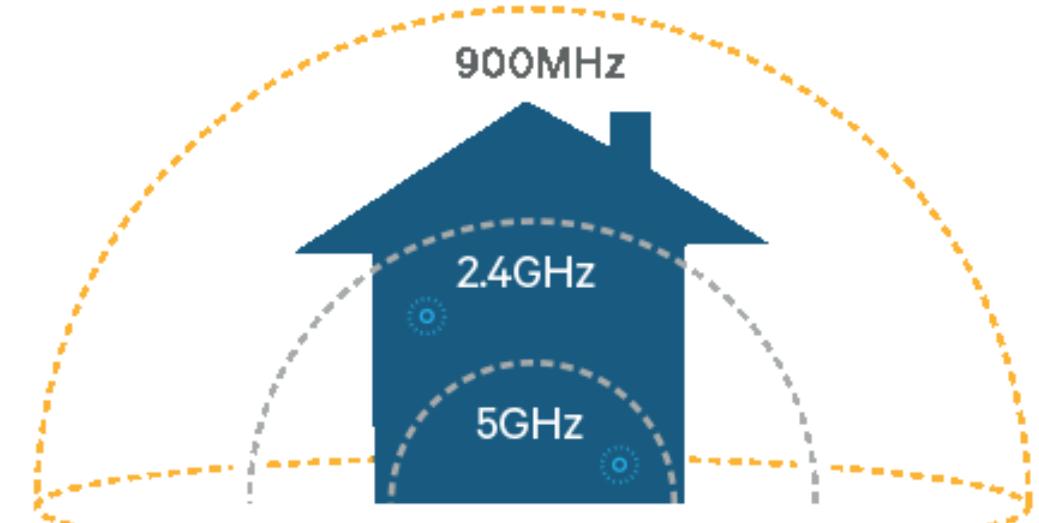


Quelle

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

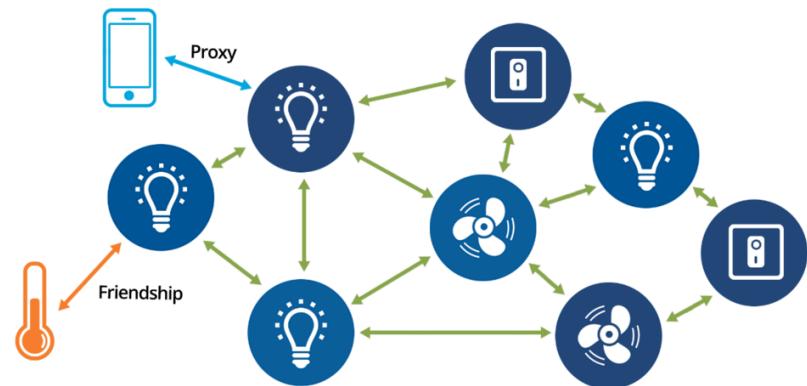


ZigBee (Connectivity Standards Alliance)

- 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)

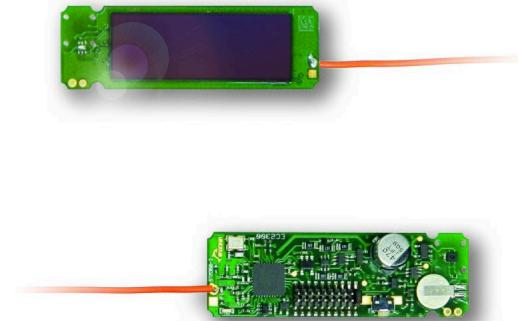
- Industriestandard für kurze Funkdistanz (WPAN)
- Smartphone-Steuerung, Audiotechnik
- Ad-hoc-Netzwerk über Bluetooth Mesh
- Verschiedene Ausprägungen (Reichweite, Energieverbrauch, etc.)



Quelle

Enocean

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



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