
DIPLOMARBEIT

Herr
Andreas Scherg

**Vergleich und Anbindung
verschiedener Smarthome
Systeme für die Ausbildung des
Elektronikers für
Gebäudesystemintegration**

Mittweida, 2022

DIPLOMARBEIT

**Vergleich und Anbindung
verschiedener Smarthome
Systeme für die Ausbildung des
Elektronikers für
Gebäudesystemintegration**

Autor:
Herr

Andreas Scherg

Studiengang:
**Industrial Engineering - berufsbegleitender
Diplomaufbaustudiengang**

Seminargruppe:
IE19w1-D

Erstprüfer:
Dipl.-Ing. Ines Kamprad

Zweitprüfer:
Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Thiem

Einreichung:
Mittweida, 03.Juli.2022

Verteidigung/Bewertung:
Mittweida, 2022

Bibliographische Beschreibung:

Scherg, Andreas: Vergleich verschiedener Smarthome Systeme für die Ausbildung des Elektrikers für Gebäudesystemintegration. 2022, 10 Seiten Verzeichnisse, 97 Seiten Inhalt, 2 Seiten der Anhänge, Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Diplomarbeit, 2022

Englischer Titel

Comparison and connection of different smart home systems for the training of electronics technicians for building automation

Kurzbeschreibung:

Diese Diplomarbeit befasst sich allgemein mit einem Vergleich von verschiedenen drahtlosen Smart-Home-Systemen. Darüber hinaus soll diese Arbeit auch als Grundlage für den neuen Ausbildungsberuf Elektriker für Gebäudesystemintegration in Deutschland dienen.

Nachdem im ersten Kapitel die Grundlagen erklärt werden, folgen die gängigsten Smart-Home-Lösungen in Deutschland. Für eine Auswahl verschiedener Standards wurden dann diverse Musterkoffer gebaut, die ich zuvor selbst entworfen habe. Die nähere Beschreibung dazu und die einzelnen Standards werden in Kapitel 6 näher erläutert.

Um die einzelnen Standards in einem übergeordneten System zu vernetzen, wird anschließend die Anbindung an den „Eisbär“ (Visualisierungssoftware) detailliert beschrieben.

Am Ende dieser Arbeit erfolgt eine Zusammenfassung und Gegenüberstellung der verschiedenen Funkstandards. Außerdem ein Ausblick auf die Ausbildung zum Elektriker für Gebäudesystemintegration und die Zukunft im Bereich Smart Home Automation.

Danksagung

An dieser Stelle meiner Arbeit möchte ich all denjenigen danken, die mich während der Anfertigung dieser Diplomarbeit unterstützt und motiviert haben.

Zuerst gebührt mein Dank Frau Dipl.-Ing. Ines Kamprad, die meine Diplomarbeit betreut und begutachtet hat. Für die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik bei der Erstellung dieser Arbeit möchte ich mich herzlich bedanken.

Ich bedanke mich bei den Ausbildern der Innung für Elektro- und Informationstechnik in Würzburg, Herrn Mario Schirmann und Rainer Scherg für die Unterstützung bei der Planung und Bestellung der Materialien für die Schulungskoffer. Bedanken möchte ich mich für die zahlreichen interessanten Debatten und Ideen, die maßgeblich dazu beigetragen haben, dass diese Diplomarbeit in dieser Form vorliegt.

Darüber hinaus möchte ich mich ebenfalls bei den Mitarbeitern der Firma Alexander Maier GmbH insbesondere Herrn Dipl. Ing Alexander Maier und seinem Angestellten Dirk Hofer bedanken. Die mich durch ihre gezielte Hilfe und breitem Fachwissen sowie guten Lösungsansätzen unterstützt haben.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium durch ihre Unterstützung ermöglicht haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung.....	1
2 Zielsetzung	2
3 Grundlagen.....	3
3.1 Klassische Elektroinstallation.....	3
3.2 „Smarthome“	3
3.3 Rahmenlehrplan für den Elektroniker für Gebäudesystemintegration	4
4. Funkstandards in Deutschland.....	6
4.1 DuoFern	7
4.2 KNX-RF.....	9
4.3 Free@home.....	13
4.4 Loxone Air	14
4.5 EnOcean.....	16
4.6 Homematic.....	17
4.7 ZigBee.....	19
4.8 Bluetooth Low Energy (BLE).....	20
4.9 Wifi	22
4.10 Z-Wave	23
5. Entwicklung der Schulungskoffer (SuK).....	25
5.1 Erstkonzeption:	25
5.2 Korrektur der Fehler aus der Erstkonzeption.....	28
6. Vorstellung der neuen Schulungskoffer	29
6.1 Schulungskoffer Duo Fern.....	29
6.1.1 Funktionsbeschreibung	30
6.1.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	31
6.1.3 Schaltplan und Blockschaltbild	33
6.1.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers	34
6.1.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	36

6.1.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	36
6.1.7 Fehlersuche im System	36
6.2 Schulungskoffer KNX-RF	37
6.2.1 Funktionsbeschreibung	37
6.2.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	38
6.2.3 Schaltplan und Blockschaltbild	40
6.2.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers	41
6.2.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	44
6.2.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	44
6.2.7 Fehlersuche im System	45
6.3 Schulungskoffer Loxone Air	46
6.3.1 Funktionsbeschreibung	46
6.3.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	47
6.3.3 Schaltplan und Blockschaltbild	49
6.3.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers	49
6.3.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	52
6.3.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	52
6.3.7 Fehlersuche im System	52
6.4 Schulungskoffer EnOcean	53
6.4.1 Funktionsbeschreibung	53
6.4.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	54
6.4.3 Schaltplan und Blockschaltbild	57
6.4.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers	58
6.4.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	60
6.4.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	61
6.4.7 Fehlersuche im System	61
6.5 Schulungskoffer ZigBee	62
6.5.1 Funktionsbeschreibung	62
6.5.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	64
6.5.3 Schaltplan und Blockschaltbild	65
6.5.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers	66
6.5.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	68

6.5.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	68
6.5.7 Fehlersuche im System	68
6.6 Schulungskoffer BLE	69
6.6.1 Funktionsbeschreibung	69
6.6.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	70
6.6.3 Schaltplan und Blockschaltbild	72
6.6.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers.....	72
6.6.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	74
6.6.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	75
6.6.7 Fehlersuche im System	75
6.7 Schulungskoffer Wifi.....	76
6.7.1 Funktionsbeschreibung	76
6.7.2 Übersicht der einzelnen Komponenten.....	77
6.7.3 Schaltplan und Blockschaltbild	78
6.7.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers.....	79
6.7.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten	81
6.7.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers.....	81
6.7.7 Fehlersuche im System	82
7 Anbindung Eisbär.....	84
7.1 Einbindung Duo Fern.....	85
7.2 Einbindung KNX.....	85
7.3 Einbindung Loxone.....	86
7.4 Einbindung EnOcean	87
7.5 Einbindung ZigBee	88
7.6 Einbindung BLE	89
7.7 Einbindung Wifi	89
8 Zusammenfassung	91
8.1 Preisvergleich:	91
8.2 Vergleich der verschiedenen Funktionen und deren Möglichkeiten	92
8.3 Bedienbarkeit der Parametriermöglichkeit	92
8.4 Eignung der Systeme für die Ausbildung des Elektrikers für Gebäudesystemintegration.....	93

8.5 Technischer Support	94
8.6 Übersicht der Systeme	94
9 Ausblick	96
10 Summary.....	97
Literaturverzeichnis	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Anhang.....	104
Selbstständigkeitserklärung.....	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 HPI Lehrgänge des Elektrikers für Gebäudesystemintegration.....	4
Abbildung 2 Lernfelder des Elektrikers für Gebäudesystemintegration	5
Abbildung 3 Topologie in der ETS 6.....	9
Abbildung 4 Schematischer Aufbau einer KNX Anlage.....	9
Abbildung 5 Gruppenadressen Struktur beim KNX.....	10
Abbildung 6 Schematischer Aufbau der "Physikalischen Adresse".....	10
Abbildung 7 Gruppenadressen in der ETS 6	11
Abbildung 8 Aufbau Funktionskoffer.....	25
Abbildung 9 AutoCAD Zeichnungen	26
Abbildung 10 Gesamtkonzept der Schulungskoffer.....	29
Abbildung 11 Schulungskoffer DuoFern.....	30
Abbildung 12 Schaltplan DuoFern	33
Abbildung 13 Blockschaltbild DuoFern	34
Abbildung 14 WEB Oberfläche Homepilot 1.....	34
Abbildung 15 App-Oberfläche des Homepilots	35
Abbildung 16 Web-Oberfläche des Homepilots.....	35
Abbildung 17 Musterkoffer KNX.....	37
Abbildung 18 Schaltplan KNX-RF.....	40
Abbildung 19 Blockschaltbild KNX.....	41
Abbildung 20 Startseite ETS 6	41
Abbildung 21 ETS 6 Ansicht der Topologie	42
Abbildung 22 Datenformate der Datenpunkte von KNX	43
Abbildung 23 Oberfläche aus der ETS 6	44
Abbildung 24 ETS 6 Gerät entladen.....	45
Abbildung 25 Gruppenmonitor aus der ETS 6	45
Abbildung 26 Musterkoffer Loxone	46
Abbildung 27 Tastenbelegung von Loxone.....	46
Abbildung 28 Schaltplan Loxone	49
Abbildung 29 Blockschaltbild Loxone	49
Abbildung 30 Loxone Config Startoberfläche.....	50

Abbildung 31 Loxone Config Menüleiste	50
Abbildung 32 Loxone Config Suchfunktion	50
Abbildung 33 Loxone Config Auszug der Programmierung.....	51
Abbildung 34 Loxone Web/ App Oberfläche.....	52
Abbildung 35 Air Monitor Loxone.....	52
Abbildung 36 Musterkoffer EnOcean.....	53
Abbildung 37 Schaltplan EnOcean.....	57
Abbildung 38 Blockschaltbild EnOcean.....	57
Abbildung 39 Inbetriebnahmeschritt 1 EnOcean.....	58
Abbildung 40 Inbetriebnahmeschritt 2 EnOcean.....	58
Abbildung 41 PTC14 Oberfläche 1	59
Abbildung 42 PTC14 Oberfläche 2	60
Abbildung 43 Auszug von Marken welche mit Mediola arbeiten.....	61
Abbildung 44 DophinView Telegram Log.....	61
Abbildung 45 Musterkoffer ZigBee	62
Abbildung 46 Schaltplan ZigBee.....	65
Abbildung 47 Blockschaltbild ZigBee	66
Abbildung 48a-c Inbetriebnahmeschritte in der Legrand App.....	67
Abbildung 49a-c Inbetriebnahmeschritte in der Legrand App.....	67
Abbildung 50 Musterkoffer BLE.....	69
Abbildung 51 Schaltplan FrogBlue	72
Abbildung 52 Blockschaltbild FrogBlue	72
Abbildung 53 FrogblueProject Gerät neu hinzufügen.....	73
Abbildung 54 FrogblueProject Gerät mit Seriennummer hinzufügen.....	73
Abbildung 55 FrogblueProject Übersicht der Geräte	74
Abbildung 56 FrogblueProject Werkseinstellung.....	75
Abbildung 57 FrogblueProject Telegramm Aufzeichnung	75
Abbildung 58 Musterkoffer Wifi.....	76
Abbildung 59 Schaltplan Wifi	78
Abbildung 60 Blockschaltbild Wifi.....	79
Abbildung 61 Wifi-Suche unter Windows 10	80
Abbildung 62 Web-Oberfläche Shelly 2.5	80

Abbildung 63 Einstellungen Shelly 2.5	81
Abbildung 64 Eingabeaufforderung unter Windows.....	82
Abbildung 65 Software Wireshark	83
Abbildung 66 Systemüberblick der Gesamtanbindung	85
Abbildung 67 Eisbär KNX Schnittstelle.....	86
Abbildung 68 Fehlermeldung Loxone / Eisbär.....	87
Abbildung 69 Möglichkeiten des Phoscon Gateway's.....	88
Abbildung 70 Fehlermeldung Frogblue / Eisbär	89
Abbildung 71 Funktionsprinzip MQTT.....	90
Abbildung 72 MQTT Einstellungen im Eisbär.....	90
Abbildung 73	90
Abbildung 74 Verteilung der Marktanteile von Smart Home in Deutschland	93

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Übersicht der verschiedenen Funkstandards.....	6
Tabelle 2: Zusammenfassung DuoFern	8
Tabelle 3 Zusammenfassung KNX-RF.....	12
Tabelle 4 Zusammenfassung Free@Home	14
Tabelle 5 Zusammenfassung Loxone Air	15
Tabelle 6 Zusammenfassung EnOcean.....	17
Tabelle 7 Zusammenfassung Homatic.....	18
Tabelle 8 Zusammenfassung ZigBee.....	20
Tabelle 9 Zusammenfassung frogBlue	21
Tabelle 10 Zusammenfassung Wifi	23
Tabelle 11 Zusammenfassung Z-Wave	24
Tabelle 12 Komponenten DuoFern.....	32
Tabelle 13 Komponenten KNX RF	40
Tabelle 14 Komponenten Loxone.....	48
Tabelle 15 Komponenten EnOcean	56
Tabelle 16 Komponenten Zigbee.....	64
Tabelle 17 Komponenten BLE	71
Tabelle 18 Komponenten Wifi	78
Tabelle 19 Zusatzgateway KNX / EnOcean.....	87
Tabelle 20 Zusatzgateway Zigbee	88
Tabelle 21 Kostenübersicht der Schulungskoffer.....	91
Tabelle 22 Gegenüberstellung der Systeme.....	95

Abkürzungsverzeichnis

AAL	Active Assisted Living
Abb.	Abbildung
AES	Verschlüsselungsart des Telegrammes
API	Application Programming Interface
APP	Applikation (Programm auf dem Smartphone oder Tablett)
BLE	Bluetooth Low Energy
Codesys	Akronym und steht für C ontroller D evelopment S ystem.
DALI	Digital Adress Light Interface (System für Lichtsteuerung)
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMX	(System für Lichtsteuerung)
EN	Europa Norm
ggf.	gegebenenfalls
GSM	Global System for Mobile Communications
HPI	Heinz-Piast-Institut für Handwerkstechnik (Leibniz Universität Hannover)
IP	Internet Protokoll
IP2X	Schutzart von Geräten (Fingersicher/ kein Schutz vor Wasser)
KNX	KONNEX
LED	Leuchtdiode
Mesh	englisch für ineinandergreifen oder vermaschen (àRepeaterfunktion)
<i>MwSt</i>	<i>Mehrwertsteuer</i>
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
PC	Personal Computer
REG	Reiheneinbaugerät
RF	Radio Frequenzy (Funk)
RTR	Raumtemperaturregler
SPS	Speicher-Programmierbare-Steuerung (S7 Siemens)
s mode	System Modus
TP	Twisted Pair (Draht gebunden)
ÜLU	überbetriebliche Lehrlingsunterweisung
USB	Universal Serial Bus

usw.	und so weiter
VDE	Der VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V
WEB	World Wide Web (englisch für „weltweites Netz“)
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

In Deutschland gibt es viele verschiedene Möglichkeiten eine vorhandene Elektroinstallation „smart“ zu gestalten. Angefangen mit Sprachsteuerung über intelligente Heizungssteuerung bis hin zur Überwachung des Eigenheims aus der Ferne. Diese Vielzahl an innovativen Ideen erhöht den Komfort in den eigenen vier Wänden immens. (Mehr Komfort durch Smart-Home-Lösungen 2022)

So ist es beispielsweise möglich, die Beleuchtung im gesamten Haus per Sprache oder App zu steuern oder die Heizung bequem an den Tagesablauf des Bewohners anzupassen. Darüber hinaus können die vorhandenen elektrischen Jalousien oder Rollläden zeitgesteuert, mit den entsprechenden Parametern, eine Verschattung der Innenräume ermöglichen. Dadurch kann auch in Abwesenheit der Eigentümer eine Anwesenheit simuliert oder solare Erträge genutzt werden. Maßnahmen dieser Kategorie ermöglichen unter anderem den Bewohner/innen, auch im hohen Alter oder durch physische Einschränkungen der Person, eigenständig zu leben und somit das Eigentum länger zu nutzen. In Fachkreisen wird dies auch Active Assistant Living, kurz AAL, genannt. (AAL Active Assisted Living im Smart Home: Komfort und Lebensqualität. GGT Deutsche Gesellschaft für Gerontotechnik mbh 2022)

Viele namenhafte Hersteller bieten hier Lösungen an, um eine vorhandene klassische Elektroinstallation ins neue Zeitalter zu bringen, also „smart“ gestalten. In dieser Arbeit werden die bekanntesten Smart Home Systeme untersucht, verglichen und darüber hinaus die Interoperabilität zwischen den einzelnen Systemen festgestellt.

Um Synergieeffekte optimal zu nutzen, wurde diese Diplomarbeit mit Unterstützung der Innung für Elektro- und Informationstechnik in Würzburg erarbeitet.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit und die daraus resultierenden Informationen, sind für zukünftige Azubis und Lehrveranstaltungen von großem Interesse. Da es seit September 2021 einen neuen Ausbildungsberuf, den Elektroniker für Gebäudesystemintegration (Gebäudesystemintegrator) gibt, wird dieser Aspekt der smarten Elektroinstallation stark in den Fokus rücken. (Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration 2022a)

Dieser neue Berufszweig hat in seiner Haupttätigkeit die Aufgabe verschiedene Einzelsysteme, beispielsweise eines intelligenten Hauses, miteinander zu verknüpfen. Eben dieses Thema wird der Kern- und Hauptbestandteil meiner Diplomarbeit werden.

Die Unterstützung durch die Mitarbeiter der Elektroinnung hat hauptsächlich darin bestanden, die Beschaffung der einzelnen Komponenten zu erleichtern. Auch waren hier die ausgezeichneten Kontakte zu Herstellern von „Smart Home“ Produkten und den entsprechenden Ansprechpartnern von großem Vorteil. Der Bau der Funktionskoffer wurde in meiner Eigenleistung realisiert.

Im Wesentlichen befasst sich meine Diplomarbeit mit folgenden fünf Hauptthemen:

- Theoretischer Vergleich der verschiedenen Funkstandards in Deutschland
- Konzeptionierung der Schulungskoffer für ausgewählte Funksysteme
- Praktische Umsetzung der „0-Serie“
- Inbetriebnahme der einzelnen Schulungskoffer und deren Systeme
- Funktionsversuch die einzelnen Funkstandards der verschiedenen Hersteller in ein übergeordnetes System zu integrieren (Eisbär Visu).

Diese Diplomarbeit soll einen Überblick in die verschiedenen Systeme geben, die auf dem deutschen Markt vertreten sind. Hierbei wird der Fokus auf Funksysteme beschränkt, da es sich hierbei um einen Vergleich in der Nachrüstung von Bestandsanlagen handelt. Nach Daten des Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) liegt die Modernisierungsrate aktuell bei 1 % jährlich. (Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) 2022) Dies bezieht sich ausschließlich auf Bestandsimmobilien. Darunter sind im privaten Sektor viele Wohnhäuser und Mehrparteienhäuser, welche mit moderner Technik ausgestattet werden, um den Lebenskomfort zu erhöhen. Ebenso sind auch im öffentlichen Sektor Bauten, wie beispielsweise Schulen und Kindergärten, daran interessiert die Einrichtungen möglichst energieeffizient und kostengünstig zu betreiben. Im gewerblichen Bereich, wie Verwaltungsgebäuden und Produktionsstätten, liegt der Fokus mehr auf Überwachung, Automation und Verfügbarkeit. All diese Punkte und Anforderungen können mit den modernen Funksystemen realisiert und visualisiert

werden. Diese Arbeit befasst sich hauptsächlich mit den Anforderungen im privaten Sektor.

Als Ausgangssituation in diesem Sektor wird eine klassische Elektroinstallation als Grundlage herangezogen. Für den Funktionsumfang der Anlage und der dazugehörigen Musterkoffer werden folgende Funktionen definiert:

- Licht schalten bzw. dimmen
- Jalousie- bzw. Rollo-Steuerung
- Heizungsregelung

2 Zielsetzung

Das Ziel meiner Diplomarbeit ist die nähere Beleuchtung der von der Kultusministerkonferenz vom 18.12.2020 festgesetzten Lernfelder 6-13. (Strutzke)

Darüber hinaus werden auch die vom Heinz Piest Institut für Handwerkstechnik (HPI) vorgeschriebenen überbetrieblichen Lehrlingsunterweisungen (ÜLU) EGSI 1 – EGSI 7 betrachtet. (Unterweisungspläne 2022)

Dieser innovative und zukunftsführende Bildungszweig wird in den nächsten Jahren deutlich an Zuwachs gewinnen. Dies ist unter anderem auf die angeeigneten Kompetenzen, im Bereich der digitalen Infrastruktur eines Gebäudes, zurückzuführen. Bei der aktuellen Ausbildung der Elektroniker/in für Energie- und Gebäudetechnik wird dieses Segment nur oberflächlich behandelt. Mittlerweile ist dieses Thema wesentlich relevanter geworden, als es noch vor 10 Jahren der Fall war.

Mit Hilfe der Unterlagen kann ein erster Überblick über die einzelnen Systeme geschaffen werden. Dies kann als Grundlage für die Unterrichtseinheiten herangezogen werden.

(Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration 2022a)

3 Grundlagen

Das dritte Kapitel dieser Arbeit befasst sich mit den Grundlagen der allgemeinen Elektroinstallation, sowie die Grundkenntnisse über die in der Diplomarbeit aufgeführten Funkssysteme.

3.1 Klassische Elektroinstallation

Bei einer klassischen Elektroinstallation wurden in der Regel eine 3- oder 5- adrige Leitung für die konventionellen Schaltungen verwendet. Mit Erscheinen der DIN 18015 – 2 vom August 2004 wird bereits die Gebäude Systemtechnik erwähnt. Im Teil 4 von 11/2010 „Gebäude Systemtechnik“ wird die Umsetzung insbesondere Tabelle 1 „Empfehlung für bestimmte Räume“ genauer definiert. Ab Abschnitt 5 sind die Bedienfunktionen und Funktionsbereiche explizit beschrieben. (DIN 18015-2 - 2021-10 - Beuth.de 2022) (DIN 18015-4 - 2022-08 - Beuth.de 2022)

Eine weitere wichtige Norm ist die EN 50090 – 9 – 1, in Deutschland als VDE 0892 – Teil 9 – 1 vom 11/2004 bekannt. Diese beschreibt die „Installationsanforderungen für elektrische Systemtechnik in Heim und Gebäude“ (ESHG). (DIN EN 50090-9-1 VDE 0829-9-1:2004-11 - Normen - VDE VERLAG 2022)

Um die Energieeffizienz von Gebäuden zu optimieren ist auch die DIN V 18599 Teil 11 zu bewerten. Hier befindet sich in Tabelle 3 die Definition und Übersicht von Automatisierungsgraden von Wohn- und Nichtwohngebäuden, welche in die Klassifizierung A bis D eingeteilt werden. Siehe hierzu Anhang I. Ähnliches beschreibt ebenfalls die DIN VDE 0100 Teil 801 vom 10/2022 hinsichtlich Energieeffizienz.

(DIN V 18599-11 - 2018-09 - Beuth.de 2022) Daraus resultiert das „Aus“ für die klassische Elektroinstallation und der Einzug moderner Gebäudesystemtechnik, die in neuen Gebäuden kabelgebunden und bei der Nachrüstung über Funk umgesetzt wird.

3.2 „Smarthome“

Der Begriff Smart Home oder im deutschen „intelligentes Zuhause“ ist im Allgemeinen ein Sammelbegriff für Technologien, um in Wohnräumen/ Häusern und Gebäuden aller Art, durch vernetzte und ferngesteuerte Geräte die Wohnqualität, Sicherheit und Energieeffizienz zu steigern. Dies wird unter anderem durch automatisierte Abläufe im Hintergrund erreicht. (Völkel 2011) (PATZ 2017)

3.3 Rahmenlehrplan für den Elektroniker für Gebäudesystemintegration

Mit Erscheinen der neuen Rahmenlehrpläne hat sich auch die Art des Lehrens verändert. Aus dem klassischen Frontalunterricht wird nun die Projekt- und Leittextmethode angewendet. Die zu vermittelnde Fachkompetenz wird nun erreicht, indem der Lernende aus verschiedenen Quellen Informationen bezieht und diese schließlich auswertet.

Hier werden enorme Ansprüche an die

- Selbstkompetenz
- Medienkompetenz
- Methodenkompetenz
- Sozialkompetenz
- Wertekompetenz und
- Sprachkompetenz verlangt.

Dies bedeutet bei der Umsetzung der Rahmenlehrpläne, dass der/die Ausbilder/in mehr moderiert als unterweist. Die Innung für Elektro- und Informationstechnik erstellt für die entsprechenden ÜLU Maßnahmen Dokumente und stellt diese dem Auszubildenden auf einem Server zur Verfügung, welche dem Auszubildenden als erste Richtlinie dienen. In den nachfolgenden Tabellen wird ein Überblick über die einzelnen Lernfelder, sowie den überbetrieblichen Lehrlingsunterweisung (ÜLU) dargestellt. (Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration 2022b) (Strutzke)

■ Elektroniker/in für Gebäudesystemintegration		12256-00	
Kurse	Titel	Wochen	Gültigkeit
 G-EGSI1/21	Elektrische Energiesysteme installieren und prüfen sowie vernetzte Komponenten integrieren	2	
 G-EGSI2/21	Infrastruktur für die Übertragungstechnik installieren, einrichten und prüfen	1	
 EGS1/21	Sensoren und Aktoren für vernetzte Gebäudetechnik in Betrieb nehmen	1	
 EGS2/21	Smart-Building-Systeme visualisieren und Sprachsteuerung integrieren	1	
 EGS3/21	Elektrisches Energiemanagementsystem in vernetzten Gebäuden einrichten	1	
 EGS4/21	Gebäudeautomationssysteme errichten, konfigurieren und prüfen	1	
 EGS5/21	Gebäudetechnische Erzeugungsanlagen und Systeme integrieren	1	
 EGS6/21	Gebäudesysteme über verschiedene Netzwerkprotokolle integrieren	2	
 EGS7/21	Gebäudesysteme unter Berücksichtigung der IT-Sicherheit integrieren	1	

Abbildung 1 HPI Lehrgänge des Elektronikers für Gebäudesystemintegration

Teil V Lernfelder

Übersicht über die Lernfelder für den Ausbildungsberuf Elektroniker für Gebäudesystemintegration und Elektronikerin für Gebäudesystemintegration					
Lernfelder		Zeitrichtwerte in Unterrichtsstunden			
Nr.		1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
1	Elektrotechnische Systeme analysieren, Funktionen prüfen und Fehler beheben	80			
2	Elektrische Systeme planen und installieren	80			
3	Steuerungen und Regelungen analysieren und realisieren	80			
4	Informationstechnische Systeme bereitstellen	80			
5	Elektroenergieversorgung und Sicherheit von gebäudetechnischen Systemen und Geräten gewährleisten		80		
6	Gebäudetechnische Systeme analysieren und Änderungen vornehmen		60		
7	Komponenten und Funktionen in gebäudetechnische Systeme integrieren		80		
8	Schnittstellen von Komponenten analysieren und gewerkeübergreifende Funktionen realisieren		60		
9	Software von gebäudetechnischen Systemen einrichten, erweitern und anpassen			100	
10	Daten und Dienste gebäudetechnischer Systeme sicher bereitstellen			80	
11	Gebäudetechnische Systeme gewerkeübergreifend projektieren			100	
12	Gebäudetechnische Systeme warten und instand setzen				60
13	Gebäudetechnische Systeme anpassen und optimieren				80
Summen: insgesamt 1020 Stunden		320	280	280	140

Abbildung 2 Lernfelder des Elektrikers für Gebäudesystemintegration

4. Funkstandards in Deutschland

Dieses Kapitel beschreibt die verschiedenen Funksysteme, welche im deutschen Markt aktuell den höchsten Bekanntheitsgrad besitzen. Für diese Diplomarbeit wurde in Zusammenarbeit mit der Innung für Elektro- und Informationstechnik Würzburg eine Auswahl der gängigsten Funksysteme getroffen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt, ob es sich um ein offenes oder eigenentwickeltes (proprietäres) System handelt und welche Frequenzen jeweilig genutzt werden. Darüber hinaus werden die maximalen Teilnehmer bzw. Komponenten erfasst, welche das System unterstützt und die dazugehörigen Unternehmen dargestellt.

Name	Offen / proprietär	Genutzte Frequenzen	Maximale Anzahl der Teilnehmer	Unternehmen
DuoFern	proprietär	434,5 MHz	100	Rademacher
KNX-RF	offen	868 MHz	ca. 57000	Theben, MDT, Jung, Gira, Elsner, Apricum, Weinzierl, ZF,
Free@home-Wireless	proprietär	2,4 GHz	150	Busch und Jäger / ABB
Loxone Air	proprietär	868 MHz	125 je Extension	Loxone
EnOcean	offen	868 MHz	100	Eltako, Ad Hoc Electronics, AFRISO, AWAG,
HomeMatic	proprietär	868 MHz	120	EQ3,
ZigBee	proprietär	2,4 GHz	100 pro Gateway	Phillips, Google, Amazon, Legrand,
Bluetooth Low Energy	offen	2,4 GHz	55800	Frogblue,
WiFi	offen	2,4 GHz	255	Shelly,
z-Wave	offen	868 MHz	232	ABUS, Nokia, Somfy

Tabelle 1 Übersicht der verschiedenen Funkstandards

(DuoFern-Funksystem | RADEMACHER 2022) (Vorteile KNX Association [Official website] 2022) (arentzen) (Völkel 2011) (DEDE Loxone 2022) (EnOcean 2022) (homematic-ip-anwenderhandbuch) (Stark 2017) (frogblue Smart Home Systems 2021) (CSA 2022) (Shelly Cloud 2022) (Z-Wave Alliance 2020) (PATZ 2017)

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden nun die einzelnen Systeme vorgestellt, sowie in einer Tabelle die wichtigsten Informationen und Besonderheiten zusammengefasst.

4.1 DuoFern

Duo Fern ist ein eigenentwickeltes System der Firma Rademacher, welches speziell für Smart Home Anwendungen in Wohngebäuden oder Appartements konzipiert wurde. Durch die begrenzte Anzahl der Teilnehmer und wenige Schnittstellen zu anderen Systemen, sind die Einsatzmöglichkeiten stark eingeschränkt. Vorteilhaft ist hier aber die Mesh-Funktion, welche eine höhere Funkabdeckung in einem Gebäude unterstützt. Diese beruht auf dem Prinzip eines Repeaters was heißt, dass jeder Teilnehmer Sender und Empfänger gleichzeitig ist. Hierdurch wird jedes Signal mit jedem Gerät verstärkt und weitergegeben. Es arbeitet auf einer sehr niedrigen Frequenz von 443 MHz und ist hierdurch nur sehr wenigen Störungen durch andere Frequenzquellen ausgesetzt.

Vergleichbare Standards arbeiten auf einer Frequenz von 868 MHz bzw. 2,4 GHz.

Die Programmierung der einzelnen Geräte ist entweder über eine sogenannte Pushbutton Methode oder über den Homepilot möglich. Bei der Pushbutton Methode werden die Geräte direkt über eine Tastenkombination, ohne Hilfe von Software oder ähnliches, miteinander verbunden. Der Homepilot ist ein Server, welcher über eine App oder Weboberfläche programmiert werden kann. Hier werden alle Geräte über die App an den Server angebunden und verwaltet. Diese Produkte von Rademacher sind ursprünglich Made in Germany, seit kurzem Made in Europe, und seit über zehn Jahren auf dem Markt erprobt, besonders stabil und ausfallsicher. Die Kernkompetenz liegt hier in Antriebssystemen von Rollläden und Toren. (DuoFern-Funksystem | RADEMACHER 2022)

	DuoFern
Programmierwerkzeug	App / Weboberfläche im Homepilot / Pushbutton
Anzahl der Teilnehmer	100
Reichweite	Ca. 30m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja
Sendeleistung	10 mW
Frequenzband	434,5 MHz
Sicherheit / Verschlüsselung	Ja / AES 128 Rolling Code
Stromversorgung	230 V / Batterie CR2450
Standardisiertes Protokoll	nein
Tool für Fehlersuche	nein
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja / Lastererkennung
Wert setzen (Licht)	nein über Szene
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	nein über Szene
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	nicht möglich
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 2: Zusammenfassung DuoFern

4.2 KNX-RF

Dieser Installationsbus ist einer der weltweit gängigsten Standards für die Gebäudeautomation, welcher in fast jedem größeren Zweckbau zu finden ist. Außerdem wird dieses System von mehr als 500 Herstellern unterstützt und bietet hier unzählige Möglichkeiten der Anwendung.

Das KNX RF System beruht auf Zuweisung einer eindeutigen „Physikalischen/ Individuellen Adresse“ der einzelnen Bauteile, welche der Systemintegrator festlegt (S-Mode). Diese Adresse setzt sich generell aus 3 Teilbereichen zusammen. Die einzelnen Segmente sind wie folgt zugeordnet: Bereich.Linie.Teilnehmer. So ergibt sich beispielsweise folgende Adressierung: 1.1.2 → 1. Bereich, 1. Linie, 2. Teilnehmer. Bei der Adressierung verwendet das System allgemein einen 2 Byte Befehl, somit ergeben sich theoretisch 65535 Möglichkeiten. Die logische Zuweisung erfolgt mittels Gruppenadressen, welche in 3 Ebenen, 2 Ebenen oder mit freier Vergabe möglich ist.

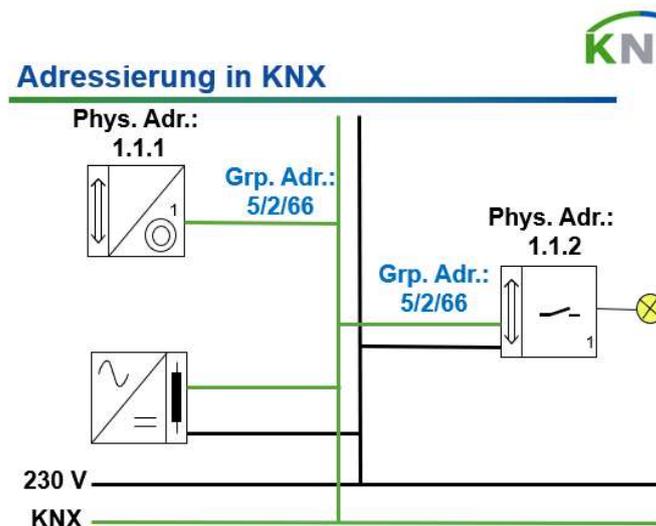


Abbildung 4 Schematischer Aufbau einer KNX Anlage

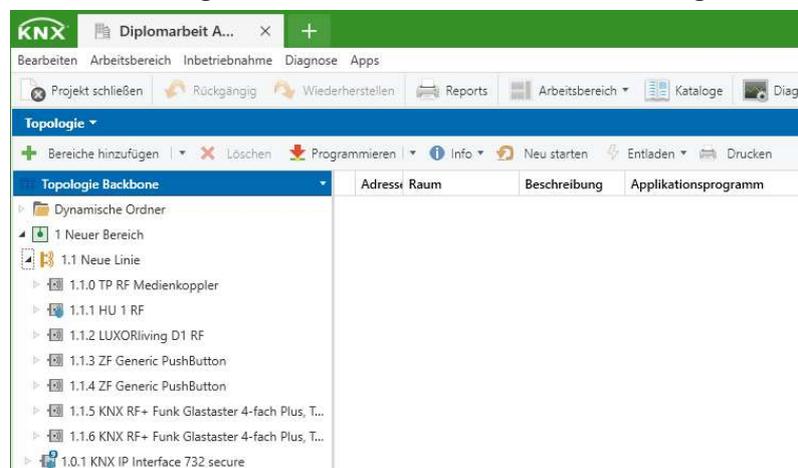
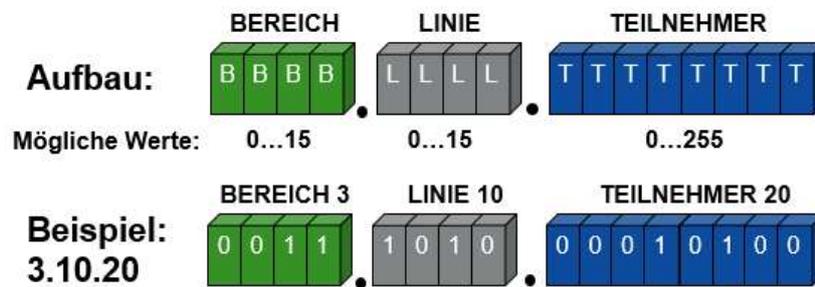


Abbildung 3 Topologie in der ETS 6



Physikalische Adresse



- Die physikalische Adresse wird nach der Inbetriebnahme noch für folgende Zwecke verwendet :
 - Diagnose, Fehlerkorrektur, Änderung der Anlage durch neue Programmierung.
 - Ansprechen der Interface-Objekte durch Inbetriebnahmewerkzeuge oder durch andere Geräte.

Wichtig: Im normalen Betrieb der KNX-Anlage ist die physikalische Adresse ohne Bedeutung.

Abbildung 6 Schematischer Aufbau der "Physikalischen Adresse"

In der Praxis hat sich die 3 Ebenen Struktur bewährt. Grundsätzlich findet folgende Aufteilung statt: Die Hauptgruppe 0-31 beschreibt die Etagen in einem Gebäude, die Mittelgruppe 0-7 das Gewerk (Licht, Heizung, Jalousie) und die Untergruppe 0-255 die Funktion vor Ort (Licht WZ Ein). Siehe Beispiel 5/2/66 → 5. Etage / Licht / Stehleuchte Ecke Ein/Aus.



Gruppenadresse

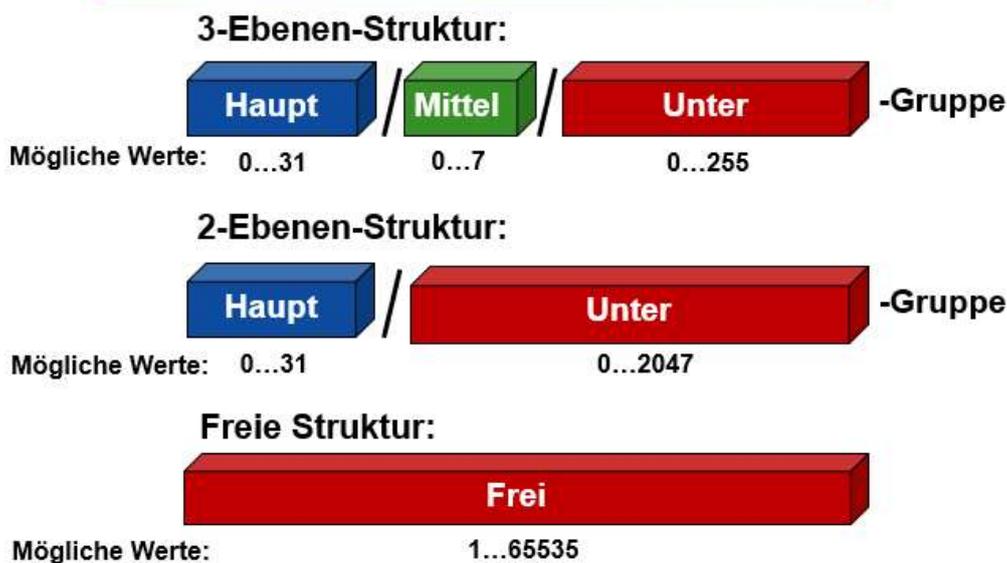


Abbildung 5 Gruppenadressen Struktur beim KNX

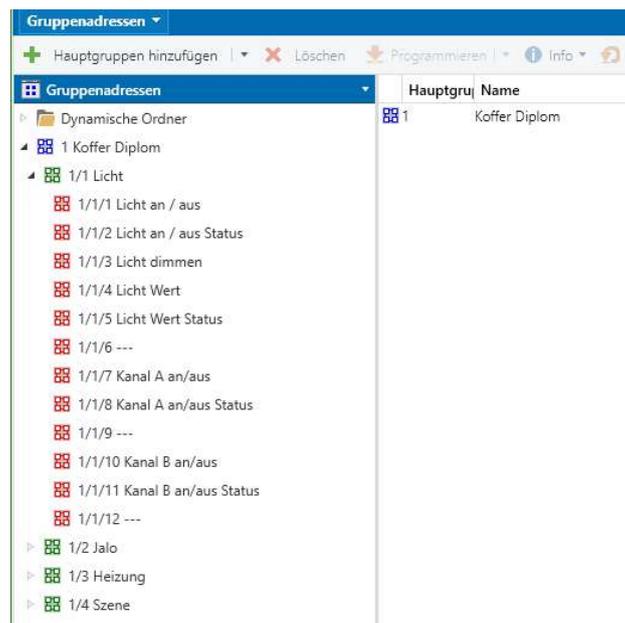


Abbildung 7 Gruppenadressen in der ETS 6

Das KNX System wird weltweit mit einer Software Engineering Tool Software 6 (ETS6) parametrisiert. Hersteller, welche den KNX Standard unterstützen, liefern für ihre Produkte eine Produktdatenbank die in die ETS eingelesen werden. Dieses System unterstützt mit KNX TP den drahtgebundenen Anschluss der Feldbus Geräte (30 V DC) sowie über KNX IP die Anbindung einzelner Anlagenteile (Linien) untereinander. KNX RF ergänzt abschließend die Produktpalette des Systems.

Generell ist festzustellen, dass KNX bereits fester Bestandteil der Ausbildung des Elektrikers in Deutschland ist. Dies gilt sowohl für den bereits vorhandenen Beruf des Elektrikers für Energie- und Gebäudetechnik, als auch für den neuen Beruf des Elektrikers für Gebäudesystemintegration. (Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration 2022b) (Vorteile KNX Association [Official website] 2022)

	KNX RF
Programmierwerkzeug	ETS Vers. 5/6
Anzahl der Teilnehmer	ca. 57000
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	nein
Sendeleistung	4 mW
Frequenzband	868,3 MHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / KNX secure
Stromversorgung	<10 mA
Standardisiertes Protokoll	ja / KNX DPT
Tool für Fehlersuche	ja / Busmonitor ETS
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 3 Zusammenfassung KNX-RF

4.3 Free@home

Dieses einfache System basiert auf drahtgebundene, sowie funkbasierende Sensoren und Aktoren für ein Wohnhaus. Auch eine Kombination dieser beiden Varianten ist hier möglich. Allgemein werden Funktionen wie Licht-, Heizung- und Jalousiesteuerung angeboten, darüber hinaus ist auch eine Anbindung an Türkommunikationssysteme von Busch Welcome möglich. Über fest installierte Bedienelemente (Panel) oder mobile Geräte wie Smartphones oder Tablets wird die Steuerung visualisiert. Eine spezielle Software für die Inbetriebnahme der Geräte ist nicht notwendig. Das Herzstück dieser Anlage ist der System Access Point. Dieser ist ausschlaggebend für die Programmierung, sowie die Bedienung der Komponenten. Die Konfiguration wird ausschließlich über den vorhandenen Internetbrowser oder mit der free@home App realisiert. (arentzen)

	Free@home
Programmierwerkzeug	App / Weboberfläche
Anzahl der Teilnehmer	abhängig vom System zwischen 128 und 150
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja
Sendeleistung	10 mW
Frequenzband	2,4 GHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / ASE-128
Stromversorgung	230 V / Batterie CR 2
Standardisiertes Protokoll	nein
Tool für Fehlersuche	nein

Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	nein Szene
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	nein Szene
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 4 Zusammenfassung Free@Home

4.4 Loxone Air

Die österreichische Firma Loxone, welche ihren Ursprung aus der Automatisierungstechnik hat, entdeckte vor einigen Jahren den Bereich der Gebäudeautomation für sich.

Durch innovative Ideen hat dieser Newcomer den Markt innerhalb kürzester Zeit revolutioniert. Viele aufwendige Programmierungsschritte des Elektrikers sind durch automatisierte Vorgänge innerhalb kürzester Zeit solide erstellt. Es sind nur noch wenige Handgriffe nötig, um das System optimal einzubinden. Dies spart immense Zeit und Arbeitsleistung wodurch dies auch einen lukrativen Aspekt für beide Seiten, Kunde und Dienstleister, hat.

Durch viele Schnittstellen (Extension) kann an dieses eigenentwickelte BUS System der Firma Loxone eine Vielzahl von verschiedenen Systemen, wie z.B. KNX, Dali (Digital Addressable Lighting Interface) und DMX (Digital Multiplexed), integriert werden. Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität und Freiheit des Integrators. Darüber hinaus ist auch eine Anbindung an Wallboxen und MOD-Bus über die IP-Schnittstelle möglich. Das Herzstück dieses Systems ist der Miniserver, welcher für den reibungslosen Betrieb der Anlage verantwortlich ist. Alle Bus-Telegramm des ganzen Systems werden dort ausgewertet und verarbeitet, vergleichbar mit einer SPS in der Industrie. (DEDE Loxone 2022)

	Loxone Air
Programmierwerkzeug	Loxone Config
Anzahl der Teilnehmer	125 je Extension
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja
Sendeleistung	15,1 mW
Frequenzband	868 MHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / IP Sec
Stromversorgung	230 V / Batterie AAA / 24 V
Standardisiertes Protokoll	nein
Tool für Fehlersuche	ja / Loxone Config
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 5 Zusammenfassung Loxone Air

4.5 EnOcean

Die EnOcean Technologie hat ihren Ursprung in kurzen Funksignalen, die mit einem Minimum an Energie betrieben werden können. So kann beispielsweise die benötigte Energie über ein Piezoelement, welches während der Tastenbetätigung gedrückt wird, gewonnen werden. Eine andere Energiequelle ist die Sonneneinstrahlung, die durch eine Solarzelle am Sensor gewonnen werden kann. Neuerdings ist die Energiegewinnung auch mit Spule und Magnet möglich. Durch Temperaturunterschiede kann ein Peltier-Elemente die benötigte Energie zur Verfügung stellen. Die Energie reicht aus, um Sender batterieless und somit wartungsarm zu betreiben. Ein weiterer Bestandteil der EnOcean Technologie ist das sogenannte „Energy Harvesting“. Dies bedeutet, dass die Energie gespeichert werden kann und der Sensor somit auch bei beispielsweise Dunkelheit, etc. funktioniert. In einigen Anwendungsfällen sind jedoch weder gute Lichtverhältnisse noch mechanische Betätigungen zu erwarten, sodass in seltenen Fällen auch Batterien als Energiequelle eingesetzt werden. Bei der Inbetriebnahme von EnOcean Produkten, kann auf ein standardisiertes Protokoll zurückgegriffen werden. Somit ist eine herstellerübergreifende Kommunikation möglich. Zudem besitzt EnOcean eine Vielzahl von Schnittstellen zu anderen Systemen wie KNX, Loxone, usw.. In Deutschland wird die EnOcean Technologie hauptsächlich von der Firma Eltako vertrieben, welche außerdem ein Mitglied der EnOcean alliance ist. Das Ziel dieser Vereinigung ist die Standardisierung der Geräte und deren Weiterentwicklung voranzubringen. (EnOcean 2022)

	EnOcean
Programmierwerkzeug	PCT14 (Hersteller spezifisch) / Pushbutton
Anzahl der Teilnehmer	100
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	nein
Sendeleistung	0,5 mW
Frequenzband	868 MHz

Sicherheit / Verschlüsselung	üblicherweise nein / über spezielle Wippe rollierende Codes möglich
Stromversorgung	230 V / Batterie / Piezo
Standardisiertes Protokoll	ja / EnOcean Standard (EEP)
Tool für Fehlersuche	ja / DolphinView
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	nein Szene
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	nein Szene
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	nein
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 6 Zusammenfassung EnOcean

4.6 Homematic

Unter der Baureihe Homematic vertreibt eQ-3 Produkte, welche die Steuerung von einfachen Funktionen bis hin zu komplexen Szenarien in Haus oder der Wohnung ermöglichen. Hauptaugenmerk liegt, neben der Steigerung von Komfort und Sicherheit, auch in der Reduzierung von Energiekosten. Mit ihren Produkten und deren Vielzahl an Möglichkeiten ist Homematic eines der führenden Unternehmen im Bereich der Smarthome-Branche in Europa. Durch die Optimierung der Programmiersoftware und die neue Homeatic-App sind Programmierschritte verbessert und darüber hinaus vereinfacht worden. Eine ständige Cloudanbindung bzw. eine Verbindung mit dem WLAN ist unerlässlich, um die einzelnen Komponenten in dieses System zu integrieren. Der Homeatic IP Cloud-Service wird ausschließlich auf deutschen Servern betrieben und unterliegt somit europäischen als auch deutschen Datenschutzrichtlinien. Ein Offline Betrieb nach der Inbetriebnahme des Systems ist allerdings ohne Probleme möglich. (homematic-ip-anwenderhandbuch)

	Homatic
Programmierwerkzeug	App / Weboberfläche
Anzahl der Teilnehmer	120
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	Ja / Advance Routing bei speziellen Geräten
Sendeleistung	10 mW
Frequenzband	868 MHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / AES-128 + CCM
Stromversorgung	Batterie AAA
Standardisiertes Protokoll	Ja, nur API der Geräte
Tool für Fehlersuche	nein
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	ja

Tabelle 7 Zusammenfassung Homatic

4.7 ZigBee

ZigBee ist ein auf 2,4 GHz basierendes Funksystem, welches lizenzfrei genutzt werden kann. Viele Firmen modifizieren das meshfähige Protokoll für ihre eigenen Anwendungen. Dieser lizenzfreie Standard wird von großen Firmen verwendet, um in Kombination mit anderen Geräten zu interagieren. Am Beispiel von Amazon wäre hier eine Alexa möglich, welche mittels Sprachsteuerung (Befehl) über das eingebaute Gateway (Zigbee) die im System eingebundene Leuchte (z.B. Phillips HUE) ansteuert. Neben Amazon gibt es viele weitere bekannte Marken wie Google, Apple, Huawei, u.v.m. welche diesen Standard ebenfalls nutzen. (CSA 2022)

Die Firma Legrand nutzt diesen Standard auch, allerdings mit eigenen Modifikationen im kompletten Bereich der Hausautomation. Die einzelnen Geräte der Firma Legrand können im Allgemeinen mittels Gateway offline per Push-Button-Methoden verbunden werden. Hier werden weder Software noch Zugangsdaten oder Sonstiges benötigt, um das System im Betrieb nehmen zu können. Bei der Programmierung per App, ist eine Anmeldung mit E-Mail und Passwort notwendig. Allgemein kann mit beiden Varianten eine Gruppe im System angelegt werden.

Bei anderen Herstellern können auch andere Inbetriebnahme Prozedere vorgegeben werden.

	Zigbee
Programmierwerkzeug	App (Hersteller spezifisch) / Pushbutton
Anzahl der Teilnehmer	100 pro Gateway
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja
Sendeleistung	10 mW
Frequenzband	2,4 GHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / ASE-128

Stromversorgung	230 V / Batterie CR2024
Standardisiertes Protokoll	nein herstellerspezifisch
Tool für Fehlersuche	nein
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	nein
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	nein
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	nein
Heizung stetig	nein
Cloudanbindung notwendig	ja

Tabelle 8 Zusammenfassung ZigBee

4.8 Bluetooth Low Energy (BLE)

Der Ursprung des Bluetooth liegt in der Computertechnik. Dieser Standard wird hauptsächlich zur Verbindung zwischen Computern und Peripheriegeräten wie Headset und Funkmaus verwendet, da die Reichweite auf ca. 10 Meter beschränkt ist (Bluetooth Classic Version 1-3). Die Weiterentwicklung auf BLE (Bluetooth Low Energy) ab Version 4.1 wird überwiegend in der Gebäudeautomation eingesetzt. Der Vorteil im Vergleich zum klassischen Bluetooth ist, ein deutlich geringerer Stromverbrauch bei gleichbleibender Datenrate. Darüber hinaus wurden ab der Version 5.0 für die Gebäudeautomation Funktionen wie Mesh Protokolle (Repeater Funktion) hinzugefügt. Frogblue ist ein innovativer deutscher Hersteller, welcher auf Basis von BLE Geräte für die Hausautomation herstellt. Für die Programmierung wird im Gegensatz zu anderen Systemen kein Gateway benötigt. Smarte Endgeräte haben in der Regel bereits eine Bluetooth Schnittstelle integriert. Somit kann eine direkte Verbindung zu den einzelnen Komponenten (Frogs) aufgebaut werden. Die herstellereigene kostenfreie Software (Frogblue Project) ist für die Inbetriebnahme notwendig. Wie bei KNX können auch hier mehrere Räume und Bereich angelegt werden. Dies ermöglicht es dem System Informationen gezielt in einem bestimmten Bereich (Raum) zu übertragen. Hierdurch

kann eine hohe Anzahl von unnötigen Telegrammen unterbunden werden und der Informationsfluss wichtiger Informationen ist gewährleistet. Dies ist in Fachkreisen auch als Routing bekannt. (frogblue Smart Home Systems 2021)

	BLE
Programmierwerkzeug	Software FrogblueProject
Anzahl der Teilnehmer	55800 (62 Bereiche mit 30 Räume mit 30 Frogs)
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja
Sendeleistung	2,5 mW
Frequenzband	2,4 GHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / ASE-128
Stromversorgung	230 V / Batterie
Standardisiertes Protokoll	ja / Bluetooth 4.2
Tool für Fehlersuche	ja / frogblueProject
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 9 Zusammenfassung frogBlue

4.9 Wifi

Der bekannteste und meistverbreitete Funkstandard der Welt ist das Wifi. Es funktioniert generell bei einer Frequenz von 2,4 und 5 GHz. Während für Tablets und Smartphones meist 5 GHz verwendet wird, arbeiten die Smart Home Lösungen generell auf 2,4 GHz. Hier gibt es Firmen, welche diesen Standard direkt und ohne Gateway nutzen können. Ein Beispiel hierfür ist die Marke Shelly. Die Produkte dieser Marke bestehen durch ihre geringen Anschaffungskosten und Einfachheit in Gebrauch und Nutzung. Durch ein einziges, im Nachhinein integriertes Bauteil in einer klassischen Elektroinstallation, können z. B. durch einen App Funktionen wie Licht, Jalousie oder Heizung gesteuert werden. (Shelly Cloud 2022)

	Wifi
Programmierwerkzeug	App / Weboberfläche
Anzahl der Teilnehmer	255
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	nein
Sendeleistung	1 mW
Frequenzband	2,4 GHz
Sicherheit / Verschlüsselung	ja / WPA 2
Stromversorgung	230 V / 24 V DC
Standardisiertes Protokoll	ja / Wifi Protokoll 802.11
Tool für Fehlersuche	ja Wireshark / CMD
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	nein

Wert setzen (Licht)	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	nein
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	ja

Tabelle 10 Zusammenfassung Wifi

4.10 Z-Wave

Z-Wave ist ein drahtloser Kommunikationsstandard, ähnlich wie ZigBee, welcher hauptsächlich in den USA bekannt und verbreitet ist. Dieser wurde im Jahr 2004 ursprünglich in Dänemark vom Unternehmen Zen-Sys entwickelt. 2005 haben 5 namenhafte amerikanische Unternehmen, die sogenannte Z-Wave-Allianz, dem System zum Durchbruch verholfen und für die Heimautomation etabliert. Dieser Funkstandard ist auf geringem Energieverbrauch und hohe Kommunikationssicherheit optimiert. Durch eine umfassende Spezifikation aller Kommunikationsaspekte und einer Zertifizierung der Produkte wird eine Interoperabilität aller Z-Wave Geräte erreicht. Mittlerweise ist Z-Wave eine der weltweit größten Plattformen mit mehr als 2100 funkbasierten Produkten. (Z-Wave Alliance 2020) (Stark 2017)

	Z-Wave
Programmierwerkzeug	App / Weboberfläche
Anzahl der Teilnehmer	232
Reichweite	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja
Sendeleistung	3,2 mW
Frequenzband	868 MHz

Sicherheit / Verschlüsselung	ja / AES 128
Stromversorgung	230 V / 24 V DC
Standardisiertes Protokoll	ja
Tool für Fehlersuche	Zenzys Z-Wave Tool
Schalten (Ein/Aus)	ja
Dimmen (Rampe)	ja
Wert setzen (Licht)	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja
Wert setzen (Jalousie)	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja
Heizung PWM	ja
Heizung stetig	ja
Cloudanbindung notwendig	nein

Tabelle 11 Zusammenfassung Z-Wave

5. Entwicklung der Schulungskoffer (SuK)

5.1 Erstkonzeption:

Nach der Definition der einzelnen Systeme erfolgte nun die Erstellung eines Layouts für die einzelnen Schulungskoffer. Dies beinhaltet die Anordnung der einzelnen Funktionsbausteine, sowie die Unterbringung der Schnittstelle zur App und die IP-Anbindung der Anlage.

Wie in der nachfolgenden Abbildung 8 zu sehen, ist die Anordnung im SuK wie folgt angedacht.

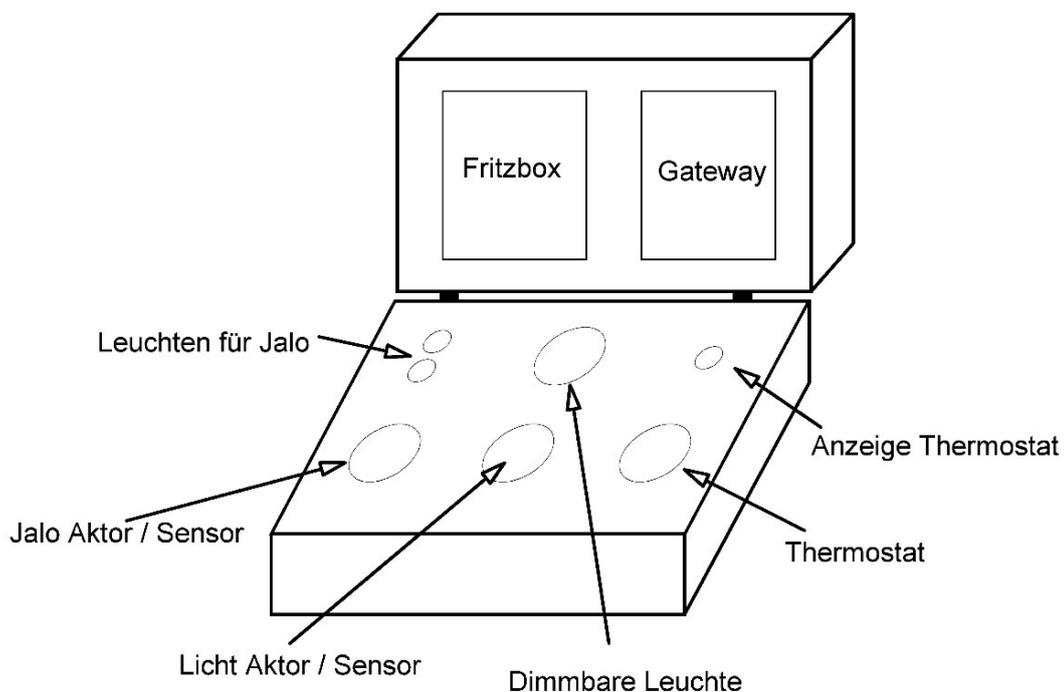


Abbildung 8 Aufbau Funktionskoffer

Wie in der Abbildung ersichtlich ist im Deckel des SuK links die Fritzbox und rechts das Gateway angeordnet. Die Fritzbox stellt die Internetverbindung in einer Wohneinheit bzw. Kundenanlage bereit. Über diese Anbindung erhält später auch die Visualisierung Eisbär den Zugriff auf die Anlage. Das Gateway fungiert als Verbindung zwischen der Fritzbox und dem Funksystem. Je nach System erfolgt dieser Anschluss drahtlos über Wifi oder drahtgebunden über Ethernet. Darüber hinaus stellt das Gateway bei den meisten Systemen eine Weboberfläche, welche für die Inbetriebnahme und Bedienung notwendig ist.

Der untere Teil des Koffers ist in drei Segmente gegliedert.

Auf der linken Seite befindet sich eine Jalousie- bzw. Rollladensteuerung, bestehend aus Sensor, Aktor und zwei grüne Leuchten in Pfeilform für die jeweiligen Richtungen.

In der Mitte ist eine Beleuchtungssteuerung geplant. Diese teilt sich in drei Komponenten auf, welche sind: Eine dimmbare Leuchte, ein Dimmaktor und dem dazugehörigen Sensor zur Betätigung.

Das letzte Feld widmet sich der Heizungsregelung. Hier befindet sich das Thermostat und dessen Anzeige zur Verdeutlichung der Stellgröße.

Je nach Hersteller sind die Funktionskoffer leicht modifiziert, da jedes System kleine aber gravierende Unterschiede aufweist. Die größte Differenz liegt in der Heizungsregelung. Hier unterscheiden sich die Bauformen der Stellantriebe, sowie der Thermostate.

Durch den Bau der Funktionsmuster ist es möglich die einzelnen Systeme nicht nur theoretisch, sondern auch im praktischen Umfeld zu testen und sie miteinander zu vergleichen.

Um den Berührungsschutz (IP2X) zu gewährleisten wurden Kunststoffplatten für die einzelnen Schulungskoffer entworfen. Nachdem die einzelnen Skizzen und Funktionen festgelegt wurden erfolgte die Umsetzung in AutoCAD. Anschließend wurde eine externe Firma beauftragt, welche die Fräsarbeiten der Platten nach den Vorgaben anfertigte. In der folgenden Abbildung sind solche AutoCAD Zeichnungen exemplarisch zu sehen.

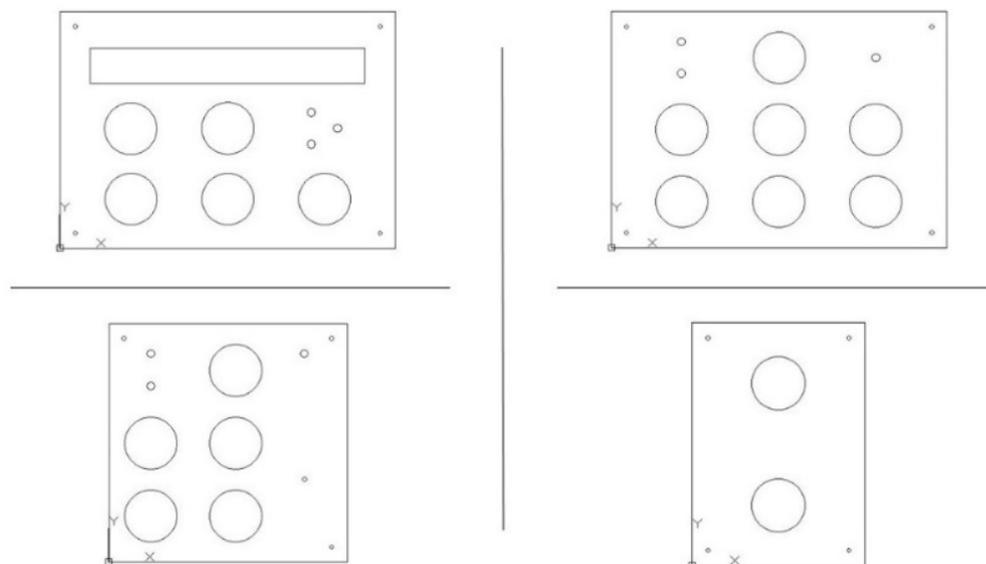


Abbildung 9 AutoCAD Zeichnungen

Ein wichtiger Teil des praktischen Tests ist die Inbetriebnahme und der Funktionstest. Hier kann das System ausgiebig und individuell auf Herz und Nieren geprüft werden. Darüber hinaus können mögliche Fehlerquellen simuliert werden, welche anschließend analysiert und durch eine individuelle „Musterlösung“ behoben werden können. Ebenfalls sollte für Schulungszwecke der SuK im Stande sein, auf Werkseinstellung zurückgesetzt zu werden.

Allgemein gibt es zu dieser Thematik keine genauen Skripte oder Lehrunterlagen. Ziel ist es hier neben der Feldtauglichkeit der Systeme auch eine Grundlage für die Erstellung von Schulungsunterlagen zu bilden, welche in der Gesellenausbildung bzw. der Erwachsenenweiterbildung Verwendung finden können.

Nachfolgend nochmal eine Übersicht über die Anordnung der vorgestellten Systeme in den jeweiligen Koffern.

- Rademacher
- KNX
- Loxone
- EnOcean
- Zigbee
- frogBlue (BLE)
- Wifi

Der Aufbau von Kapitel 6, in dem die einzelnen Koffer und deren Funktionsweise näher beschrieben wird, stellt sich im Allgemeinen nach folgendem Schema dar:

1. Bild des Koffers mit Funktionsbeschreibung
2. Übersicht der einzelnen Komponenten
3. Blockschaltbild / Schaltplan
4. Inbetriebnahme des Schulungskoffers
5. Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten
6. Zurücksetzen des SuK's
7. Fehlersuche im System

5.2 Korrektur der Fehler aus der Erstkonzeption

Nach dem Bau aller Schulungskoffer und deren ersten Inbetriebnahmen, stellte sich heraus, dass die Kommunikation über die große Anzahl der Netzwerke und IP-Bereiche enorme Schwierigkeiten bei der Kommunikation verursachte.

- Erste Maßnahme:
Entfernung der einzelnen Fritzboxen und Inbetriebnahme einer einzigen übergeordneten Fritzbox für alle SuK's.
- Zweite Maßnahme:
Nachrüsten einzelner Funktionen zur besseren didaktischen Veranschaulichung für die Unterweisung der Lernenden.
- Dritte Maßnahme:
Der Bau eines zusätzlichen Schulungskoffers für den übergeordneten Visualisierungsbereich.

6. Vorstellung der neuen Schulungskoffer

Das Gesamtkonzept der neuen Schulungskoffer, inkl. der Anbindung an die Visualisierung ist im nachfolgenden Blockschaltbild dargestellt.



Abbildung 10 Gesamtkonzept der Schulungskoffer

Nachfolgend werden alle SuK's in der beschriebenen Reihenfolge näher erläutert.

6.1 Schulungskoffer Duo Fern

In diesem Abschnitt wird das Funksystem Duo Fern behandelt. Wie in Abbildung 11 zu sehen, wurde eine Musteranlage mit Originalbauteilen in einem einzelnen Schulungskoffer installiert.



Abbildung 11 Schulungskoffer DuoFern

6.1.1 Funktionsbeschreibung

Das Licht wird über die Sensor-/Aktorkombination rechts unten gesteuert. Durch eine kurze Betätigung der oberen Wippe wird die Leuchte 2 an- bzw. ausgeschaltet. Dieser Befehl wird über die Zentrale (Homepilot) verarbeitet. Der Sensor/Aktor wird mit 230 Volt Wechselspannung über das Stromnetz versorgt.

Darüber hinaus kann das Licht auch über den batteriebetriebenen Funkschalter (rechts oben) oder über die eigene App angesteuert werden.

Bei der Dimmfunktion sind Sensor und Aktor baulich voneinander getrennt. Der Dimmaktor schaltet bzw. dimmt die Leuchte 1. Dieser Befehl kann einerseits über einen batteriebetriebenen Funkschalter oder über den eben beschriebenen netzversorgten Sensor erfolgen. Hierbei unterscheidet man den kurzen Tastendruck, um die Leuchte an- und auszuschalten und den langen Tastendruck, um die Leuchte hell und dunkel zu dimmen.

Der Sensor/Aktor für die Jalousiefunktion ist in der linken unteren Hälfte des Schulungskoffers eingebaut. Mit diesem Schalter können verschiedenste Funktionen realisiert werden. Hierbei gibt es beispielsweise eine Programmierung, um bei Sonnenuntergang alle Jalousien im ganzen Gebäude/ in einer Wohnung gleichzeitig zu fahren. In diesem SuK wird diese Funktion mit zwei grünen Pfeilen (hoch/runter) dargestellt. Der Raumtemperaturregler (RTR) mit Display oben rechts, erfasst die Raumtemperatur und regelt anschließend die durch den Benutzer eingestellte Sollvorgabe entsprechend den Parametern. Die Stellgröße kann über den eingebauten Schaltkanal (Aktor) direkt eine 2-Punkt-Regelung ansteuern. In diesem Schulungskoffer ist ein Aufsatz für Radiatoren auf der rechten Seite installiert. Dieser Stellantrieb ist mit dem RTR gekoppelt, so dass dieser ebenfalls als Stellgröße fungieren kann.

Der Server von Rademacher (Duo Fern), auch Homepilot genannt, wird für die Programmierung, die Bedienung über das smarte Endgerät, Anbindung der Sprachassistenten und den Fernzugriff genutzt. Darüber hinaus kann er mit Hilfe eines USB-Adapters auch ZigBee Leuchten mit verwalten.

6.1.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

Die folgende Tabelle listet die verbauten Komponenten auf und zeigt neben dem Namen die Artikelnummer, eine kurze Beschreibung, den verwendeten Versionsstand sowie den Energieverbrauch und die Kosten. Wie der Tabelle zu entnehmen, beträgt der Energieverbrauch einer solchen Anlage 5,2 Watt. Dies entspricht einem Jahresenergieverbrauch von 45 kWh.

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
DuoFern Universal- Aktor 	35140261	Dimm-Aktor für die Schalterdose 1x Schaltleistung max. 16 A ohmsche Last, max. 8 A induktive Last 1 Externer Eingang Versorgung 230V	2.1-1 <0,5 W	84,66 €
Troll Basis DuoFern 	36500172	Jalousie-Sensor-Aktor-Modul für die Schalterdose 1x Schaltleistung max. 8 A ohmsche Last, max. 4 A induktive Last Versorgung 230V	1.4-1 <0,4 W	105,27 €

<p>DuoFern Raumthermostat 2</p> 	32501872	<p>Heizungsregler mit integriertem Display und Schaltausgang 1x Schaltleistung von max. 2300W 1x Anschluss Fernfühler Versorgung 230V</p>	<p>2.2-1 <0,6 W</p>	159,02 €
<p>DuoFern Heizkörperstellantrieb 2</p> 	35003074	<p>Stellantrieb mit Display Versorgung 2x 1,5 V AA Batterien</p>	<p>1.6-1 <0,6 W</p>	90,40 €
<p>DuoFern Mehrfachwandtaster BAT</p> 	32501974	<p>Funkschalter mit 3 Wippen Versorgung 1 x CR2450 Knopfzelle Lebensdauer etwa 2 Jahre bei 4 Betätigungen am Tag</p>	nicht angegeben	80,09 €
<p>DuoFern Mehrfachwandtaster</p> 	32501972	<p>Funkschalter mit 3 Wippen 1x Schaltleistung von max. 12 A ohmsche Last, max. 4 A induktive Last Versorgung 230V</p>	<p>0.8-1 <0,6 W</p>	104,11 €
<p>HomePilot® - Smart-Home-Zentrale</p> 	34200819	<p>das Bilden von Gruppen und Szenen und stößt mit Sensorwerten automatische Abläufe an Umfangreiche App für Android & iOS und zusätzlicher Browser-Benutzeroberfläche Fernzugriff via App oder Browser Versorgung 230V</p>	<p>5.5.10 <2,5 W</p>	214,20 €
			MwSt.	837,75 €
			Summe	1039,76 €

Tabelle 12 Komponenten DuoFern

(Bedienungsanleitung 9494-1 DE)

(Bedienungsanleitung 5615 DE)

(Bedienungsanleitung 9470-1 DE)

(Bedienungsanleitung DuoFern Raumthermostat 9485-1 DE)
 (Bedienungsanleitung DuoFern Heizkörperstellantrieb 2 9433-1 DE)
 (VBD_662-1-1-(2017.08)-DF-Mehrfachwandtaster-9494-2-DE_Freigabe.indd)
 (bedienungsanleitung-2338453-34200819-rademacher-homepilot-smart-home-zentrale-rademacher-duofern-funk-zentrale)

6.1.3 Schaltplan und Blockschaltbild

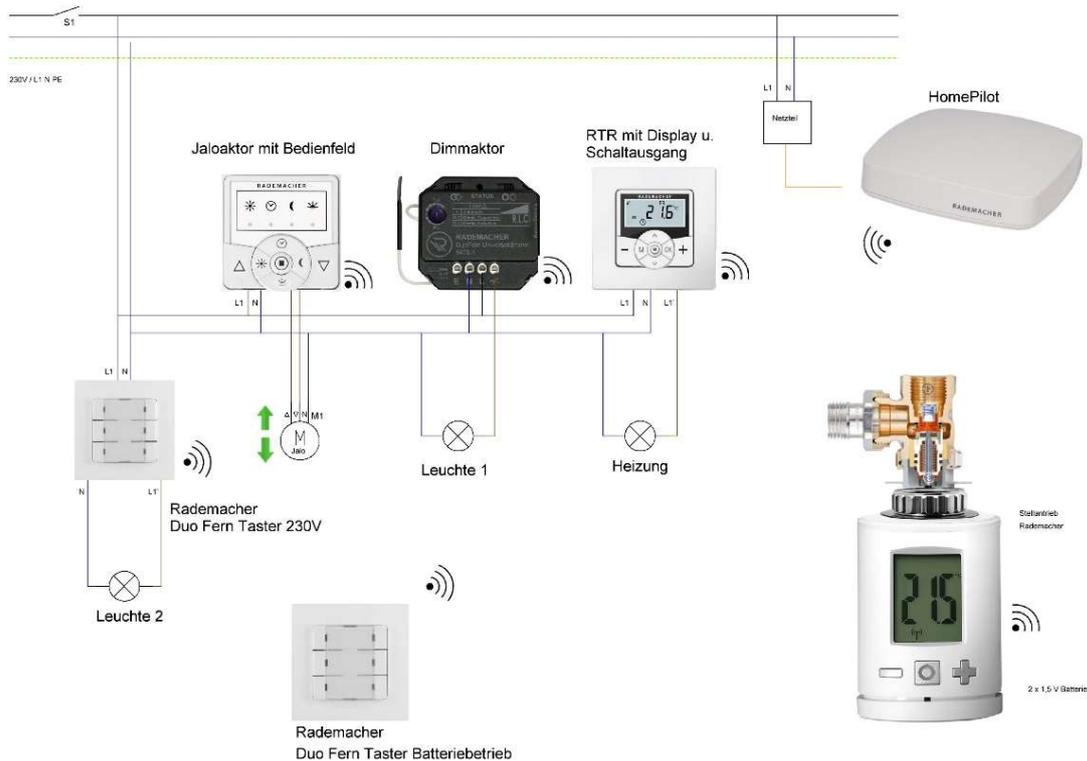


Abbildung 12 Schaltplan DuoFern

Die oben gezeigte Grafik erläutert schematisch den Anschluss der einzelnen Komponenten untereinander im Schulungskoffer. Die einzelnen Geräte werden über das Netz mit 230 V versorgt. Alternativ ist die Energieversorgung auch mit Batterien möglich. Dies ist besonders für den Bereich, in welchem noch kein 230 V Anschluss gegeben ist, von Interesse.

Blockschaltbild Rademacher Duofern Koffer



Abbildung 13 Blockschaltbild DuoFern

6.1.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers

Ein zentrales Element für die Inbetriebnahme, die Steuerung und sonstige Funktionen des SuK ist der Homepilot. Dieser spielt eine tragende Rolle und ist für die einwandfreie Programmierung unerlässlich. Die grundsätzliche Inbetriebnahme kann über zwei Methoden erfolgen. Dies ist zum einen das Einloggen über eine Weboberfläche z. B. bei einem PC. Zum anderen gibt es die Möglichkeit über die App „Homepilot“ von Rademacher.

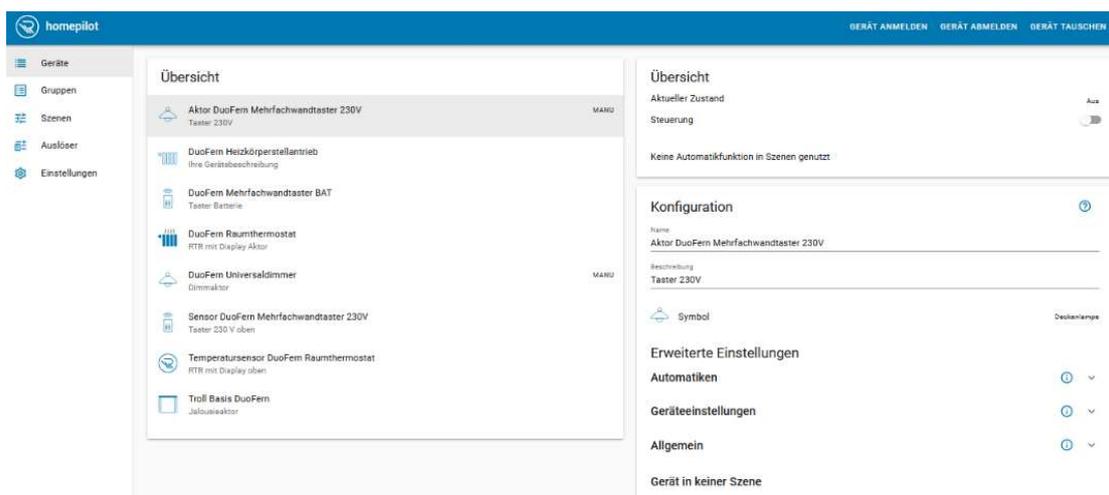


Abbildung 14 WEB Oberfläche Homepilot 1

Wie in den Abbildungen 14-16 zu sehen, ist diese Oberfläche der beiden Zugänge beinahe identisch. Dies erhöht den Komfort, wenn man zwischen beiden Möglichkeiten wechseln möchte, da hier eine neue Einarbeitung in die Funktionen nicht notwendig ist. Über dieses Gateway werden die einzelnen Komponenten am Funk Netzwerk angemeldet und können anschließend z. B. in der App beschrieben werden. Um neue Geräte hinzu zufügen wird rechts oben der Button „Gerät anmelden“ verwendet (siehe hier Abbildung 16 Dashboard). Nach Öffnen des Pop-ups können neue Geräte einerseits durch Drücken der Tastenkombination für den Programmiermodus oder andererseits durch die Funk ID auf der Rückseite hinzugefügt werden.

Ein wichtiger Hinweis beim Benutzen der Funk ID, ist die zeitliche Begrenzung von 2 Stunden nachdem das Gerät am Netz angeschlossen ist.

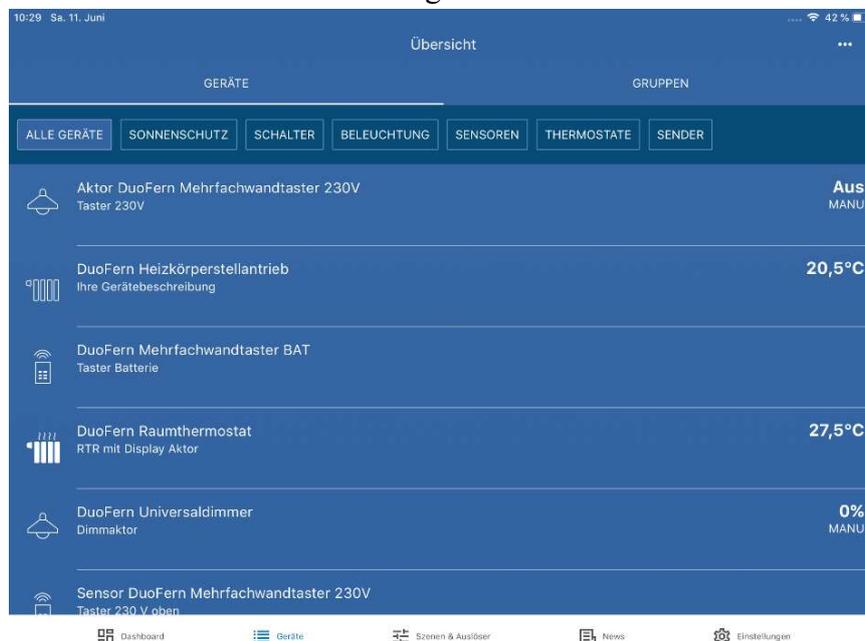


Abbildung 15 App-Oberfläche des Homepilots

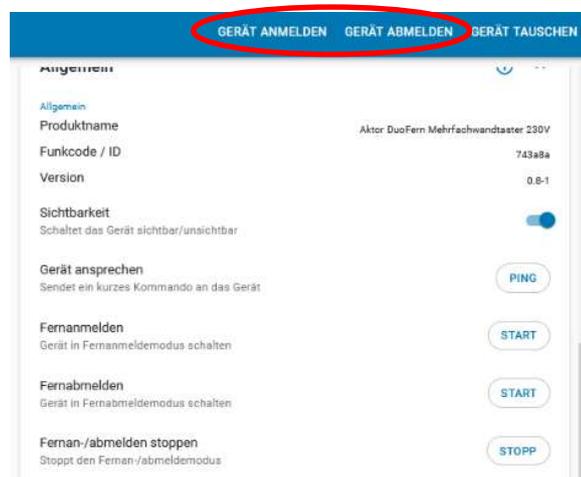


Abbildung 16 Web-Oberfläche des Homepilots

Um eine Funktion wie zum Beispiel das Dimmen in den Funkschalter einzubinden, muss zunächst der Dimmer in den Programmiermodus versetzt werden. Dies kann zum einen durch eine Tastenkombination am Gerät oder durch „Fernanmelden“ in der App realisiert werden (siehe hierzu Abbildung 16). Nachdem nun der Aktor im Programmiermodus ist, muss der neue Sensor ebenfalls in diesen Zustand versetzt werden. Das Vorgehen ist identisch und kann ebenfalls über eine Tastenkombination erfolgen. Durch helles Leuchten der LED's auf den Wippen, werden die noch nicht zugeordneten Tasten auf dem Sensor angezeigt. Mit Drücken einer dieser noch freien Wippe wird diese Funktion entsprechend zugeordnet. Die Programmierung der Funktion „Dimmen“ ist somit abgeschlossen. Sogenannte Gruppenbefehle, wie z. B. das Schalten mehrerer Jalousien über einen einzelnen Taster, werden prinzipiell über den gleichen Vorgang eingelernt. Hier besteht einzig der Unterschied, dass diese Funktionen nicht auf verschiedene Wippen, sondern immer auf die selbe Wippe programmiert wird.

Bei diesem System ist von entscheidendem Vorteil, dass eine Netzanbindung nicht notwendig ist. Alle Nutzerdaten und Funktionen sind im zentralen Gerät gespeichert und müssen nicht mit einer Cloud synchronisiert werden. In der Weboberfläche wird der Fernzugriff eingestellt, sobald der Nutzer sich mit E-Mail und einem Passwort registriert hat.

6.1.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

Um den SuK zu erweitern ist es möglich, über einen USB-Anschluss im Homepilot andere ZigBee Leuchten z.B.: durch einen Stick direkt in das System einzubinden. Darüber hinaus verfügt das System auch über andere Komponenten wie Bewegungsmelder, Fensterkontakte, Fernbedienungen und vieles mehr.

6.1.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Ebenso wie der Button „Gerät anmelden“, gibt es auch ein „Gerät abmelden“. Mit dieser Funktion werden gezielt die zuvor eingelernten Bauteile wieder aus dem Homepilot entfernt.

6.1.7 Fehlersuche im System

Ein Tool zur professionellen Fehlersuche konnte nach intensiver Recherche während der Diplomarbeit leider nicht gefunden werden. Vermutlich existiert ein solches Werkzeug nicht.

6.2 Schulungskoffer KNX-RF



Abbildung 17 Musterkoffer KNX

6.2.1 Funktionsbeschreibung

Bei diesem System wird das Licht der Lampen A (rot) und B (grün) über die Sensoraktor/Kombination in der Mitte geschaltet. Hierbei werden für Lampe A die beiden oberen Wippen für links ein und rechts aus verwendet. Die Lampe B wird mit den beiden unteren Wippen genauso geschaltet. Diese Funktion wird ebenfalls von dem oben im SuK verbauten Funkschalter verwendet. Hier wird Lampe A nach oben an und aus geschaltet und Lampe B nach unten. Um die Leuchte 1 zu schalten und zu dimmen wird der Einbau Aktor links unten verwendet. Dieser wird vom Glastaster 2 an den oberen beiden Wippen an/ heller und aus/ dunkler angesteuert. Darüber hinaus wird diese Ansteuerung auch von dem Funkschalter abgerufen. Hierbei wird oben am

Serienfunktaster an bzw. heller gedimmt und unten aus bzw. dunkler gedimmt. Auch für die Jalousiesteuerung wurde eine Sensoraktor/Kombination verwendet. So werden die beiden Pfeilleuchten, welche die Jalousie simulieren direkt am Bauteil angeschlossen. Die Bedienung erfolgt einerseits über die Tasten direkt am Gerät und andererseits über den Funkserienschalter. Die Raumtemperatur wird in diesem Fall von den Glastastern erfasst. Da es aktuell kein Raumtemperaturregler mit Display gibt, welches eine Heizungsregelung beinhaltet, wird ein fixer Sollwert vorgegeben. Dieser wird über eine 2-Punkt-Regelung im Aktor umgesetzt und an der Leuchte (Heizung) visualisiert. Der Schulungskoffer verfügt über keinen Server oder dergleichen. Hierfür wird später der Eisbär verwendet. Somit ist keine Appsteuerung einzeln möglich. Um die Anbindung zu realisieren, wurde eine KNX Busanlage (TP) aufgebaut, welche das Funktelegramm auf IP umsetzt. Ein Baustein, um direkt von RF auf IP zu wechseln, ist momentan nicht auf dem Markt zu erwerben. Dadurch ist diese Umstellung nur über 2 Schritte möglich. Von RF auf TP (Twisted Pair) und anschließend mittels Koppler von TP auf IP. Zur besseren Veranschaulichung siehe hierzu die nachfolgende Abbildung 19.

6.2.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

Die folgende Tabelle listet auch hier die verbauten Komponenten auf und zeigt neben dem Namen, der Artikelnummer, auch eine kurze Beschreibung und stellt den verwendeten Versionsstand sowie die Kosten dar. Der Energieverbrauch für eine solche Anlage ist 14,8 W, dies entspricht einem Wert von ungefähr 130 kWh pro Jahr.

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
	MDT RF-GTT4S.0 1	4-fach Sensor mit 2 Schaltausgängen mit Temperaturmessung Versorgung 230 V	1.0 < 0,3 W	224,91 €
	494167 0	1-fach Funk-Universal-Dimmaktor Max. 250 W 2 Binäreingänge für potentialfreie Kontakte Versorgung 230 V	1.1 < 0,4 W	218,91 €

<p>Jalousie- aktor</p> 	<p>MDT RF- GTT45.0 1</p>	<p>4-fach Sensor mit 2 Schaltausgängen mit Temperaturmessung Versorgung 230 V</p>	<p>1.0 < 0,3 W</p>	<p>224,91 €</p>
<p>Heizungs- aktor</p> 	<p>494164 0</p>	<p>1-fach Funk-Heizungsaktor Integrierter Temperaturregler Heizen/Kühlen 2 Binäreingänge für potentialfreie Kontakte Versorgung 230 V</p>	<p>1.0 < 0,4 W</p>	<p>206,75 €</p>
<p>Funkschalter (einfach)</p> 	<p>168353 6 AFIM- 1010</p>	<p>Das KNX Tastmodul (AFIM- 1010) ist für den Einsatz in der Gebäudetechnik angedacht. Es kann z. B. für Licht- und Rollladensteuerung verwendet werden.</p>	<p>1.1 Keine</p>	<p>64,08 €</p>
<p>Funkschalter (serie)</p> 	<p>168353 6 AFIM- 1010</p>	<p>Das KNX Tastmodul (AFIM- 1010) ist für den Einsatz in der Gebäudetechnik angedacht. Es kann z. B. für Licht- und Rollladensteuerung verwendet werden.</p>	<p>1.1 Keine</p>	<p>64,08 €</p>
<p>Medien- koppler</p> 	<p>MECrf RF</p>	<p>Medienkoppler von RF auf TP</p>	<p>1.1 < 0,3 W</p>	<p>315,35 €</p>
<p>IP- Schnittstelle</p> 	<p>5242</p>	<p>Das KNX IP Interface dient als Schnittstelle zwischen IP und KNX BUS</p>	<p>1.0 < 0,6 W</p>	<p>252,16 €</p>

 <p>Spannungsversorgung</p>	<p>SV/S 30.640. 3.1</p>	<p>Spannungsversorgung für den KNX Bus Standard REG 640 mA</p>	<p>nicht bekannt 12,5 W</p>	<p>390,32 €</p>
			MwSt. 19%	376,48 €
			Summe	2357,95 €

Tabelle 13 Komponenten KNX RF

- (MDT_DB_RF_Glastaster) Schaltaktor
- (Theben AG 2022a) Dimmaktor
- (MDT_DB_RF_Glastaster) Jalousieaktor
- (Theben AG 2022b) Heizungsaktor
- (KNX Produkte und Zubehör - ZF Schalter & Sensoren Deutschland 2022) Funk Schalter
- (Hauner) KNX Koppler TP-RF
- (purpixon 2022) IP Koppler TP-IP
- (SmartLinks 2022) Spannungsversorgung TP

6.2.3 Schaltplan und Blockschaltbild

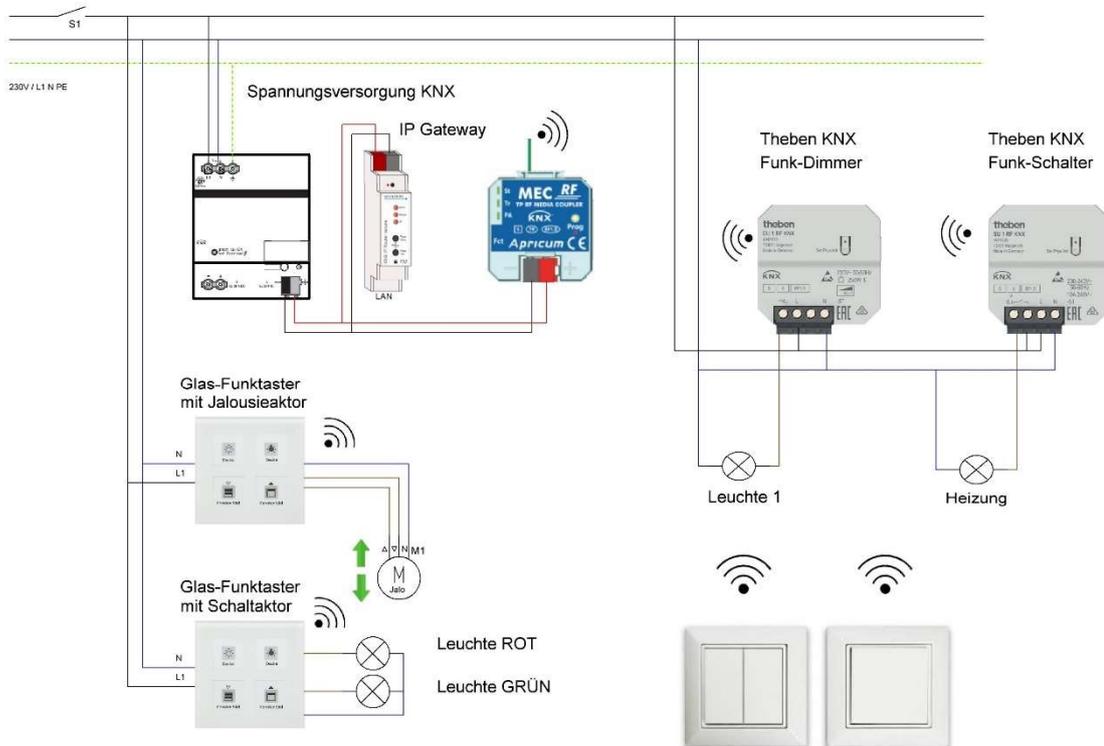


Abbildung 18 Schaltplan KNX-RF

Blockschaltbild KNX Koffer

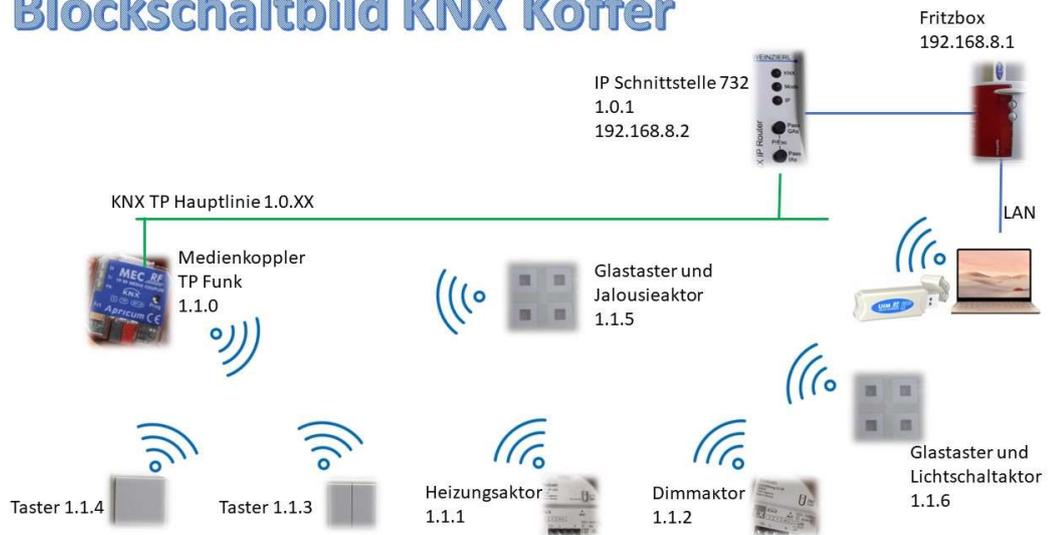


Abbildung 19 Blockschaltbild KNX

6.2.4 Inbetriebnahme des Schulkoffers

Die Inbetriebnahme des Schulkoffers kann ausschließlich mit der ETS Software Version 5 oder 6 erfolgen. Die aktuellen Kosten für eine „Professional Lizenz“ belaufen sich auf ca. 1000 € plus Steuer. In diesem Skript wird prinzipiell nur mit der ETS 6 Version gearbeitet.

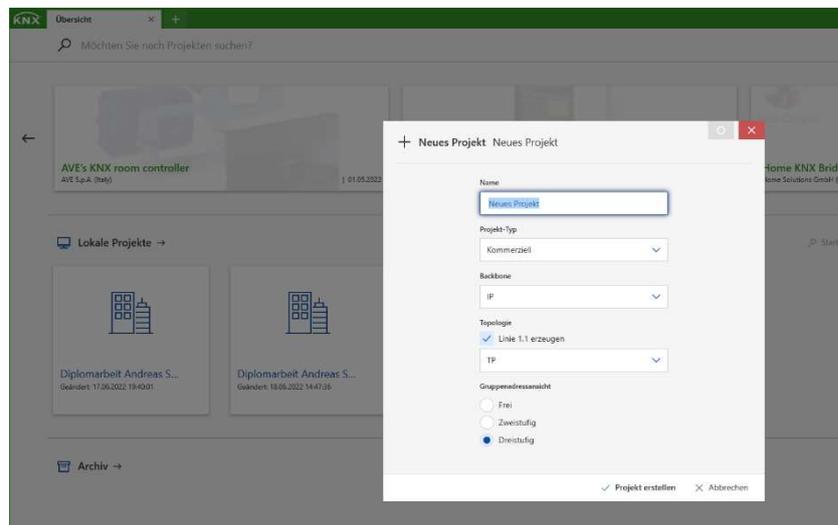


Abbildung 20 Startseite ETS 6

Die erste Abbildung 20 befasst sich mit der Startseite. Der erste Schritt der Parametrierung ist das Anlegen und Öffnen eines neuen Projekts. Dies ist notwendig um darauffolgend alle gewünschten Komponenten in das System einzufügen. Zu Beginn wird

die Ansicht auf Topologie geändert, um das Linienmedium von TP auf RF zu ändern. Wie in der Abbildung 21 zu sehen, wird nach Selektion der Linie im rechten Reiter „Eigenschaften“ der Medientyp geändert. Nun können über die Katalogfunktion, die einzelnen Bauteile in die Linie eingefügt werden. Achtung: Die Funkkomponenten müssen in Linie 1.1 (RF), die restlichen Komponenten in die Linie 1.0 (TP) eingefügt werden. Jedes Bauteil erhält fortlaufend eine „Individuelle Adresse“, welche für das Ansprechen und Überspielen der Einstellungen notwendig ist.

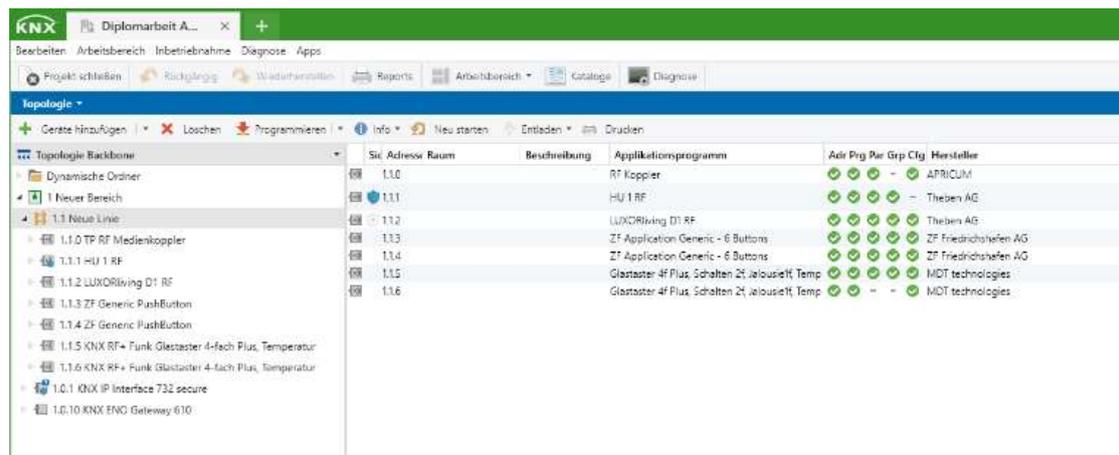


Abbildung 21 ETS 6 Ansicht der Topologie

Die vergebenen „Physikalischen Adressen“ oder auch „Individuelle Adressen“ genannt, werden nun den Bauteilen im Schulungskoffer entsprechend zugewiesen. Dies erfolgt über den USB-Stick von Apricum. Der Vorgang wird am PC gestartet, in dem das Bauteil in der ETS selektiert und mit der rechten Maustaste der Punkt „Physikalische Adresse programmieren“ ausgewählt wird. Nun wird von der Software der Systemintegrator aufgefordert die Programmier Taste am Bauteil zu betätigen. Die leuchtende Kontrolllampe erlischt nach erfolgreichem Überspielen des Bauteils. Wichtiger Hinweis hierzu, die Funkschalter der Firma ZF werden durch Aufstecken des Batterie Packs in den Programmiermodus versetzt. Sind alle Funkkomponenten überspielt, kann nun der Medienkoppler zwischen KNX RF und TP in Betrieb genommen werden. Abschließend befasst sich die ETS mit dem Koppler zwischen TP und IP.

Sind schlussendlich allen Geräten „Physikalische Adressen“ zugewiesen, erfolgt die Parametrierung der einzelnen Funktionen.

Die Kommunikation zwischen den einzelnen Bauteilen wird über sogenannte Gruppenadressen realisiert. Je nach Art der Information werden verschiedene

Datenpunkttypen verwendet. Exemplarisch werden hier nachfolgend die sechs häufigsten Typen beschrieben.

Telegramm - Datenformate



Datenbreite	Darstellbare Werte	Bezeichnung in der Digitaltechnik	Anwendung im KNX (Auswahl)
1 Bit	2	Bit	Schalten
2 Bit	4		Priorität
4 Bit	16	Tetrade, <u>Halbbyte</u>	Dimmen
8 Bit	256	Byte	Wertgeber
16 Bit	65.536	Wort	Gleitkomma
32 Bit	4.294.967.296	Doppelwort	Zähler

Abbildung 22 Datenformate der Datenpunkte von KNX

Eine Gesamtübersicht der verschiedenen Datenpunkttypen ist im Anhang unter der Anlage II zu finden.

Durch die standardisierten Datenpunkte (DPT-Typen) ist eine herstellerübergreifende Kommunikation der Bauteile möglich. Das Anlegen von verschiedenen „Guppenadressen“ in dem dazugehörigen Fenster ermöglicht diese mit den entsprechenden Kommunikationsobjekten an den Geräten zu verbinden. An den Geräten sind je nach Parametrierung unterschiedliche Kommunikationsobjekte vorhanden. (Vorteile KNX Association [Official website] 2022)(Völkel 2011)

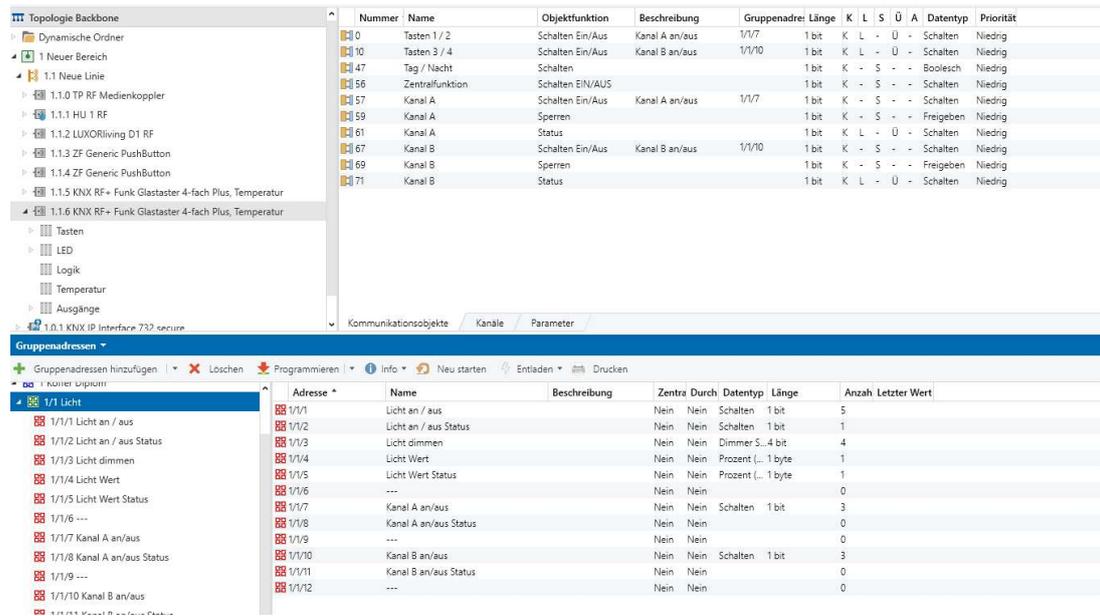


Abbildung 23 Oberfläche aus der ETS 6

Um für die spätere Visualisierung alle notwendigen Schaltzustände bzw. Befehle zu sehen, ist es von Vorteil alle Telegramme an die Koppler weiterzuleiten und nicht einzelne Telegramme zu filtern. Abschließend müssen alle Geräte selektiert werden um mit Hilfe des Buttons „Applikationsprogramm überspielen“ die aktuelle Programmierung zu erhalten. Nach diesem erfolgreichen Schritt kann ein Funktionstest der Geräte erfolgen.

6.2.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

KNX verfügt über eine Vielzahl von Gateways zu anderen Systemen. So ist es beispielsweise möglich über ein geeignetes Gateway einen Funkschalter von EnOcean oder einen Loxone Server mit der KNX Anlage zu verbinden. Darüber hinaus ist auch eine übergreifende Anbindung weiterer KNX Anlagen über den IP-Koppler möglich.

6.2.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Neben den Schaltflächen „Physikalische Adresse“ und „Applikationsprogramm“ gibt es eine weitere mit dem Titel „Entladen“. Mit diesem Befehl werden alle selektierten Geräte auf Werkseinstellung zurückgesetzt. Siehe hierzu die folgende Abbildung 24

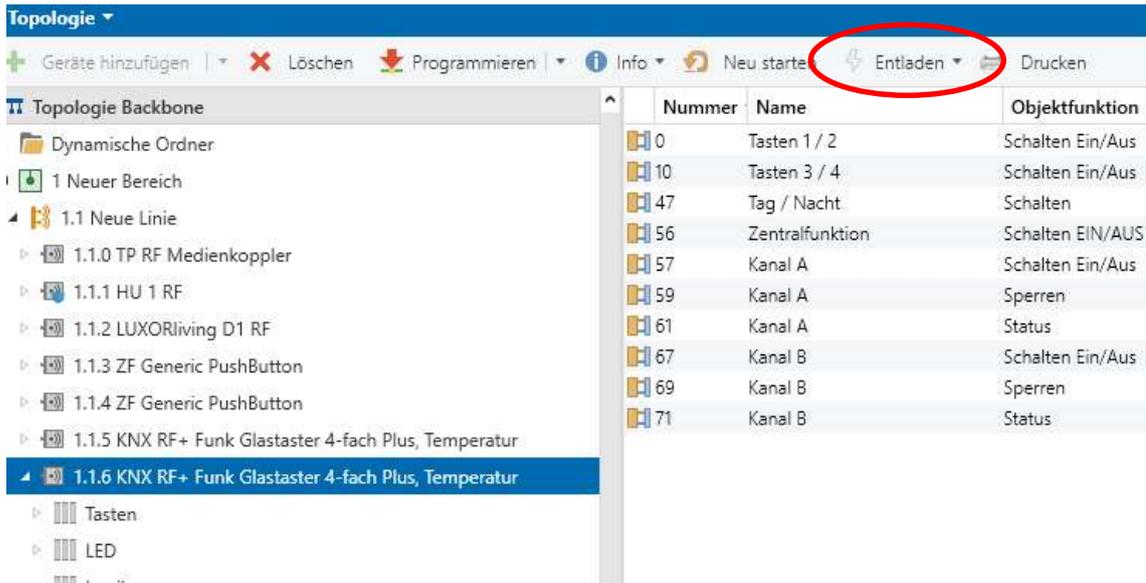


Abbildung 24 ETS 6 Gerät entladen

6.2.7 Fehlersuche im System

Um einen Fehlersuch zu starten kann sowohl der Gruppenmonitor als auch der Busmonitor Verwendung finden. Beim Gruppenmonitor zeichnet sich durch die Möglichkeit des Sendens von einzelnen Befehlen/ Gruppenadressen aus. Der Busmonitor dagegen zeichnet alle Telegramme (auch Wiederholungstelegramme) auf. Je nach Art des Fehlers entscheidet der Systemintegrator welches Tool hier am besten geeignet ist. Siehe beispielhaft hierfür folgende Abbildung.

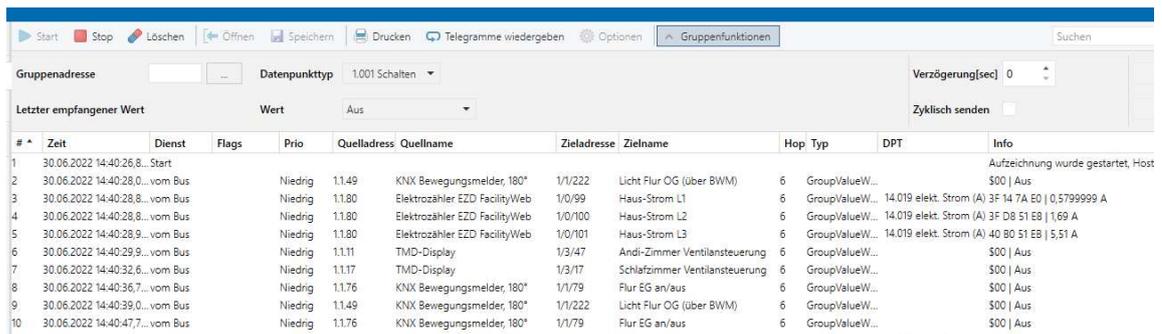


Abbildung 25 Gruppenmonitor aus der ETS 6

6.3 Schulungskoffer Loxone Air



Abbildung 26 Musterkoffer Loxone

6.3.1 Funktionsbeschreibung

Der Grundgedanke eines Schalters des Loxone Systems besteht in einer festen Zuordnung nach folgendem System: links die Jalousie (Beschattung), in der Mitte das Licht (Beleuchtung) und rechts Audiosteuerung. (DEDE Loxone 2022)



Abbildung 27 Tastenbelegung von Loxone

Der Schalter „Touch Pure Air“ schaltet das integrierte Nacht- bzw. Orientierungslicht. Durch Berühren der rechten Ecke mit dem Finger wird dieses oben ein- und unten ausgeschaltet. Hier wird kein mechanischer Taster betätigt, sondern lediglich mit der Berührung des Bedienfeldes geschaltet.

Über den eingebauten Unterputz-Dimmaktor wird die Leuchte geschaltet sowie gedimmt. Die Bedienung hierfür erfolgt ebenfalls über den gleichen Touch Pure Air. Für diese Funktion wird die große mittlere Fläche verwendet. Durch kurzes Antippen schaltet die Leuchte ein bzw. aus. Durch langes Betätigen der Fläche wird die Leuchte heller und dunkler gedimmt.

Der Jalousieaktor schaltet die beiden Pfeilleuchten, welche eine Verschattung in der jeweiligen Fahrtrichtung darstellen sollen. Auch diese Funktion wird mittels Touch Pure Air gesteuert. Durch ein kurzes Antippen der zwei verbleibenden Ecken auf der linken Seite fährt die Jalousie „auf“, bzw. „ab“.

Die Temperatur und relative Luftfeuchte werden ebenfalls vom Touch Pure Air erfasst und mit Hilfe des Miniservers ausgewertet. Die Stellgröße und der Hub des Ventilkopfes, werden ermittelt und vom Stellantrieb entsprechend umgesetzt. Die Anzeige und auch die Veränderung des Sollwertes kann nur über die App erfolgen.

Der Server von Loxone (Miniserver) wird für die Programmierung, die Bedienung über das smarte Endgerät, Anbindung der Sprachassistenten und den Fernzugriff genutzt.

6.3.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Komponenten aufgeführt. Dies umfasst den Namen, die Artikelnummer, sowie eine kurze Beschreibung des verwendeten Versionsstands und die anfallenden Kosten sowie den Energieverbrauch des Systems. Bei einer Anschlussleistung von etwa 2,1 W entspricht dies einem Jahresverbrauch von 18,4 kWh.

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
Touch Pure Air Anthrazit 	100464	5 x Schaltflächen 1 x Nachtlicht 1 x Temperatur & Feuchtefühler Versorgung 24 V DC	11.2.11.12 87 mW	182,54 €

<p>Nano Dimmer Air</p> 	100212	Phasen- und Abschnittsdimmer 1-Kanal Dimmer Versorgung 230 V	12.4.3.28 400 mW	114,68 €
<p>Nano IO Air</p> 	100153	2 x leistungsstarke 5A Relais 6 x digitale Eingänge Versorgung 230 V	12.2.9.23 0.5 W	112,69 €
<p>Stellantrieb Air</p> 	100163	Stellantrieb Versorgung 2 x 1,5 V AA Batterien	11.2.11.9 170 mW	95,55 €
<p>Miniserver Go</p> 	100336	Loxone Air Schnittstelle (bis zu 128 Air Geräte) Loxone Link Schnittstelle (bis zu 30 Extensions) LAN-Schnittstelle Unterstützung für Remote Connect Versorgung 5 V USB	12.2.12.01 0.94 W	372,75 €
			MwSt.	166,86 €
			Summe	1045,07 €

Tabelle 14 Komponenten Loxone

- (Almesberger) Miniserver
- (Almesberger) Nano Dimmer Air
- (Almesberger) Nani IO Air
- (Almesberger) Stellantrieb Air
- (Almesberger) Touch Pure Air

6.3.3 Schaltplan und Blockschaltbild

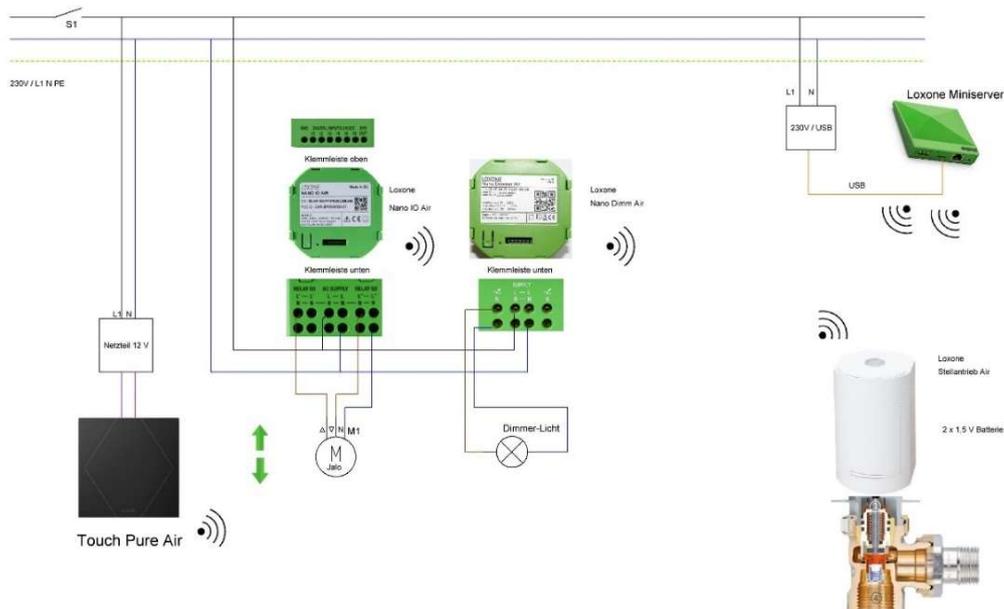


Abbildung 28 Schaltplan Loxone



Abbildung 29 Blockschaltbild Loxone

6.3.4 Inbetriebnahme des Schulkoffers

Auch hier ist das entscheidende Bauteil der Miniserver. Ohne dieses zentrale Element ist die Anlage nicht funktionsfähig. Über eine PC-Software, in diesem Fall die kostenfreie „Loxone Config“, werden alle Funktionen, Einstellungen und Anbindungen in den Server programmiert.

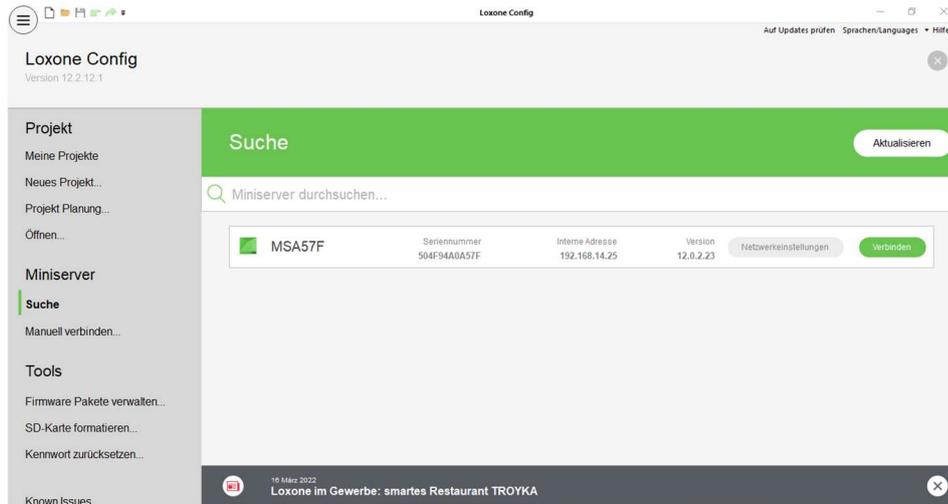


Abbildung 30 Loxone Config Startoberfläche

Wie bereits bei „DuoFern“ angedeutet, wird auch hier zuerst der Server gesucht und ggf. auf den neusten Softwarestand gebracht. Anschließend können über die eingebaute Suchfunktion die Loxone Air Geräte gesucht und dem System hinzugefügt werden.

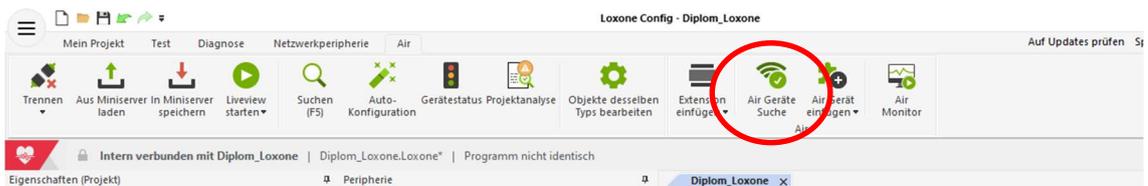


Abbildung 31 Loxone Config Menüleiste

Wie in der Abbildung 32 zu sehen ist, wird beim Hinzufügen der einzelnen Geräte bereits festgelegt, an welcher Stelle diese verbaut sind und erhalten hiermit auch eine eindeutige Zuordnung für die spätere Web- und App-Oberfläche.

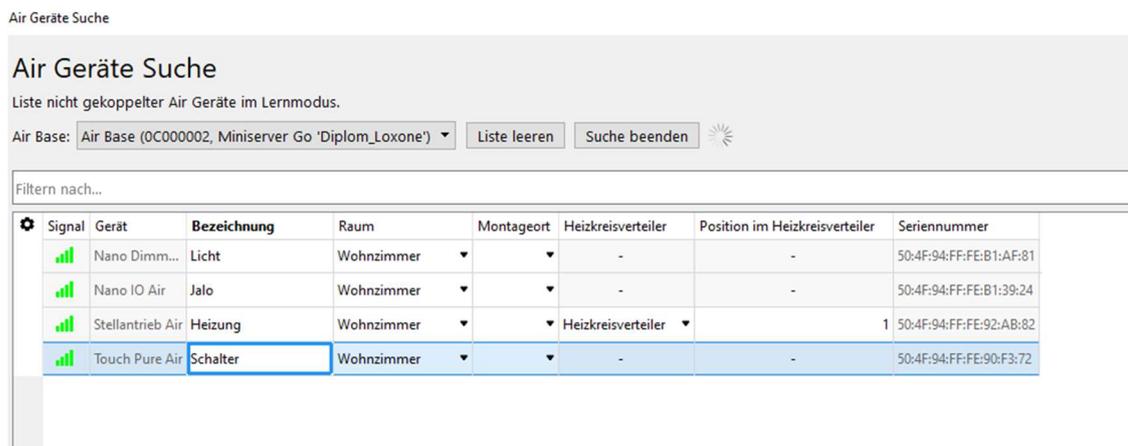


Abbildung 32 Loxone Config Suchfunktion

Sind alle Geräte in der linken Baumdarstellung vorhanden, werden rechts oben in der Leiste die sogenannten Bausteine mit ihren verschiedenen Funktionen ausgewählt. So wird beispielsweise für die Jalousie Funktion ein Jalousiebaustein, welcher per drag and drop in die schematische Ansicht im rechten Fenster der Software eingefügt. Anschließend werden die jeweiligen Ein- und Ausgänge entsprechend der gewünschten Funktion miteinander verknüpft. Nach dem Überspielen der Parametrierung sind die Funktionen dauerhaft im Server hinterlegt und können ab sofort verwendet werden. Neben der eben beschriebenen Software verfügt Loxone auch über eine vorgefertigte App/ Web-Oberfläche die in der Abbildung 34 zu sehen ist. Hier können alle gewünschten Funktionen geschaltet und visualisiert werden.

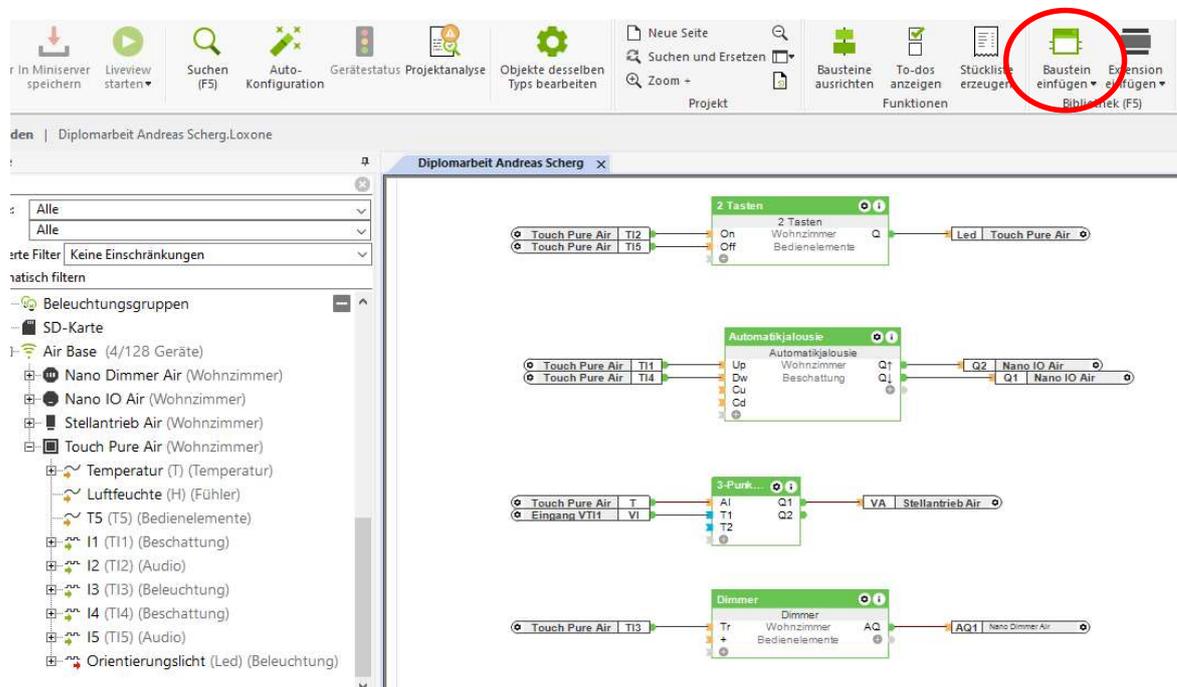


Abbildung 33 Loxone Config Auszug der Programmierung

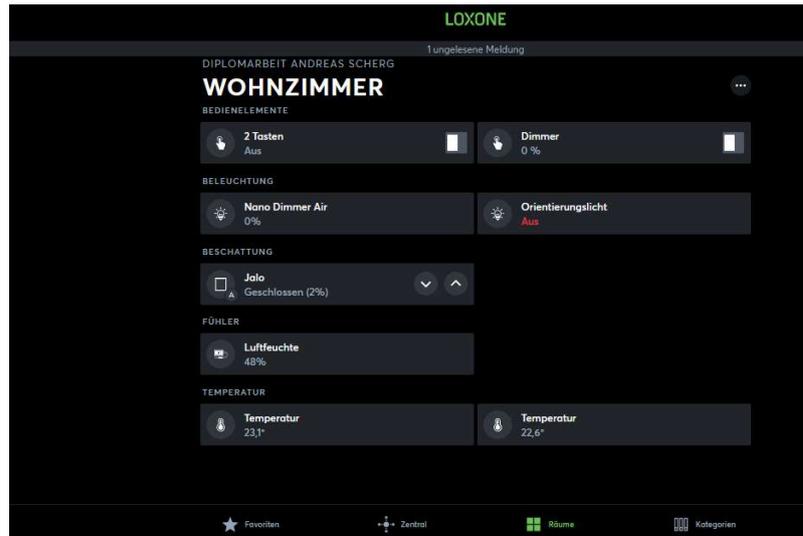


Abbildung 34 Loxone Web/ App Oberfläche

6.3.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

Einerseits besteht die Möglichkeit mehrere Loxone-Systeme über IP miteinander zu koppeln. Andererseits hat das System auch diverse Extensions um andere Systeme wie KNX, Dali oder EnOcean direkt anzubinden. Darüber hinaus können beispielsweise auch Wallboxen über IP direkt angesprochen werden.

6.3.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Die Programmierung der Anlage ist auf einer SD-Karte hinterlegt. Durch Entfernen und Formatierung dieser Karte in der Loxone Software werden alle Programmierungen und Einstellungen gelöscht und die Geräte auf Auslieferungszustand zurückgesetzt.

6.3.7 Fehlersuche im System

In der LoxoneConfig Software besteht die Möglichkeit alle Air Telegramme (RF) aufzuzeichnen und auszuwerten. Somit ist es machbar eine strukturierte Fehlersuche durchzuführen.

IP	Zeit	Extension	Seriennummer	Gerät	Raum	Pakettyp	Daten	Richtung
192.168.8.4	09:41:39.503	Air Base (OC0000...		Air Base (OC000002, Miniserv...		Kanalauslastung	Kanalauslastung: Niedrig (0% belegt), EU Kanal 0 (868.3 MHz)	Empfangen
192.168.8.4	09:41:46.612	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Ein, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:41:46.723	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Aus, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:41:47.024	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:81:94:D8	Nano Dimmer Air - Nano Dimm...	Wohnzimmer	Daten	Nano Dimmer Air: 100,000	Senden
192.168.8.4	09:41:47.125	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:81:94:D8	Nano Dimmer Air - Nano Dimm...	Wohnzimmer	Protokoll	ACK Packet, Request ID: 12	Empfangen
192.168.8.4	09:41:47.950	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Ein, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:41:48.051	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Aus, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:41:48.352	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:81:94:D8	Nano Dimmer Air - Nano Dimm...	Wohnzimmer	Daten	Nano Dimmer Air: 0,000	Senden
192.168.8.4	09:41:48.453	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:81:94:D8	Nano Dimmer Air - Nano Dimm...	Wohnzimmer	Protokoll	ACK Packet, Request ID: 13	Empfangen
192.168.8.4	09:41:49.652	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Ein, I3: Aus, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:41:49.753	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	Orientierungslicht: Ein	Senden
192.168.8.4	09:41:49.854	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Protokoll	ACK Packet, Request ID: 13	Empfangen
192.168.8.4	09:41:49.954	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Aus, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:41:50.568	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Aus, I4: Aus, I5: Ein	Empfangen
192.168.8.4	09:41:50.670	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	Orientierungslicht: Aus	Senden
192.168.8.4	09:41:50.770	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Protokoll	ACK Packet, Request ID: 16	Empfangen
192.168.8.4	09:41:50.881	Air Base (OC0000...	50:F94FFF:FE:90:F3:72	Touch Pure Air - Touch Pure Air	Wohnzimmer	Daten	I1: Aus, I2: Aus, I3: Aus, I4: Aus, I5: Aus	Empfangen
192.168.8.4	09:42:10.661	Air Base (OC0000...	FF:FF:FF:FF:FF:FF:FF	Broadcast	Wohnzimmer	Identifizierung	Identify stop	Senden

Abbildung 35 Air Monitor Loxone

6.4 Schulungskoffer EnOcean



Abbildung 36 Musterkoffer EnOcean

6.4.1 Funktionsbeschreibung

Im EnOcean-System wird die Funktion des Licht Schaltens über einen Funkschalter realisiert. Dies funktioniert, indem der Funkschalter ein Funktelegramm auf EnOcean-basis an den FAM14 sendet (siehe Schaltplan Abb. 37), welcher wiederum ein drahtgebundenes Telegramm über den RS485 Bus an den FSR14 schickt. Dieses enthält die zu übermittelnde Information und schaltet die beiden REG Leuchte an bzw. aus. Die obere Wippe am Sensor schaltet das rote Licht, die unter Wippe das grüne Licht. Für die Dimmfunktion wird eine sogenanntes Mikromodul verwendet. Dieses Bauteil wird in

einer Schalterdose montiert. Im Wesentlichen hat es die Funktion einen vorhandenen mechanischen Taster über Funk in das System zu integrieren. An dem für diesen Zweck vorgesehenen Eingang können konventionelle 230 V Taster angeschlossen werden. Diese Ansteuerung wird mittels Tastendrucks ausgeführt, wodurch das Mikromodul die angeschlossene Leuchte schaltet bzw. dimmt. Dieselbe Funktion kann auch über einen Aktor in der Verteilung realisiert werden. Hierfür wird die rechte Wippe des Serienschalters im oberen Teil des Koffers genutzt. Diese sendet ebenfalls ein Funktelegramm, welches vom FAM 14 umgesetzt wird. Auch hier wird die Information an den Aktor FUD 14 gesendet, welcher die dazugehörige Leuchte bei Bedarf schaltet und dimmt. Wie bereits bei den anderen Funktionen des EnOcean-Systems wird hier ebenso ein Funkschalter verwendet, welcher den Aktor in der Verteilung schaltet. Über die linke Wippe des Serientasters wird ein Funktelegramm an den FAM 14 gesendet, dieser schickt wiederum ein Telegramm über den RS 485 an den Aktor FSB14. Dadurch werden die beiden grünen Pfeilleuchten, welche die Jalousiesteuerung mit den Fahrtrichtungen „auf“ und „ab“ darstellen, gesteuert. Die Erfassung sowie die Veränderung des Sollwertes für die Heizung wird am Raumtemperaturregler unten rechts im Koffer vorgenommen. Dieses Bauteil wird an der Rückseite mit einem 230 Volt Anschluss versorgt und schickt die gewünschte Regelgröße an den in der Verteilung sitzenden Aktor. Die Anzeige, ob die Heizung ein- bzw. ausgeschaltet ist, wird über eine rote LED-Leuchte visualisiert. Die Firma Eltako arbeitet sehr eng mit dem Technologieunternehmen Mediola zusammen, daher wird für die Visualisierung der V6 Mini E verwendet. Dieser Server kann Produkte von Eltako sowie deren lizenzierte Partner visualisieren. Der V6 Mini E ist für die Anbindung der App zuständig. Diese kann sowohl lokal als auch über Fernzugriff erreicht werden.

6.4.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
 Universal-Dimm-schalter	EUD61NPN-230V	Phasen- und Abschnittsdimmer für Doseneinbau 1-Kanal Dimmer max. 400 W 1 x Externer Taster Eingang Versorgung 230 V	Nicht angegeben 0,1 W	56,50 €

<p>Funk-Antennenmodul</p> 	<p>FAM14</p>	<p>Funk-Antennenmodul für den Eltako-RS485-Bus mit austauschbarer Antenne. Bidirektional. Versorgung 230 V REG</p>	<p>1.8 1 W Versorgt alle REG Geräte</p>	<p>107,00 €</p>
<p>Jalousie-Aktor</p> 	<p>FSB 14</p>	<p>Schaltaktor Beschattungselemente und Rollläden mit 2 Kanälen für zwei 230 V-Motoren. Versorgung 230 V REG</p>	<p>5.3 0,1 W</p>	<p>56,40 €</p>
<p>Heizungs-Aktor</p> 	<p>FHK14</p>	<p>Heiz-Kühl-Relais, 1+1 Schließer potenzialfrei 4 A/250 V Versorgung 230 V REG</p>	<p>5.1 0,1 W</p>	<p>46,50 €</p>
<p>Universal-Dimmaktor</p> 	<p>FUD 14</p>	<p>Phasenan- und Abschnittsdimmer 1-Kanal Dimmer max. 400 W Versorgung 230 V REG</p>	<p>4.2 0,1 W</p>	<p>64,70 €</p>
<p>Schaltaktor</p> 	<p>Fsr14-2x</p>	<p>Stromstoß-Schaltrelais mit 2 Kanälen, 1+1 Schließer potenzialfrei 16 A/250 V Versorgung 230 V REG</p>	<p>6.1 0,1 W</p>	<p>56,80 €</p>

 <p>Thermostat</p>	FUTH55D/ 230V-wg	Funk-Uhren-Thermo- Hygrostat mit Display für Doseneinbau Versorgung 230 V	nicht angegeben 0,5 W	86,90 €
 <p>Funktaster Einfach</p>	FTE215	Funktaster-Einsätze mit EnOcean-Energiegeneratoren für Funktaster	nicht angegeben --	40,10 €
 <p>Funktaster Serien</p>	FTE215	Funktaster-Einsätze mit EnOcean-Energiegeneratoren für Funktaster	nicht angegeben --	40,10 €
 <p>Diagnose Tool</p>	PROBARE P10	Messung der Signale und Auswertung über LED- Anzeige Versorgung über 2 x 1,5 V AA	nicht angegeben --	134,60 €
 <p>USB- Adapter</p>	FAM-USB	Funk-Antennen-Modul mit USB-Schnittstelle zum Betrieb an einem PC	nicht angegeben --	100,91 €
<p>Mediola Server</p>	GAT- 6010E-N	AIO Gateway V6 mini E Versorgung über USB Schnittstelle zu EnOcean und anderen Systemen und IP Anbindung von Sprachassistenten	nicht angegeben nicht angegeben	299,00 €
			MwSt.	207,00 €
			Summe	1296,52 €

Tabelle 15 Komponenten EnOcean

(morhardt) Universal-Dimm-schalter (Michael) Funk-Antennen-modul (ohmenhaeuser)
 Jalousie-Aktor (ohmenhaeuser) Heizungs-Aktor (morhardt) Universal-Dimmaktor
 (ohmenhaeuser) Schaltaktor (ohmenhaeuser) Thermostat
 (FTE210_FTE215_FTE215BLE_30999004-1 dt) Funkschalter
 (Probare 10 30000370-1 dt) Diagnose Tool
 (FAM-USB 30000385-2 dt) USB-Adapter
 (datenblatt_v6-mini-e) Mediola Server

6.4.3 Schaltplan und Blockschaltbild

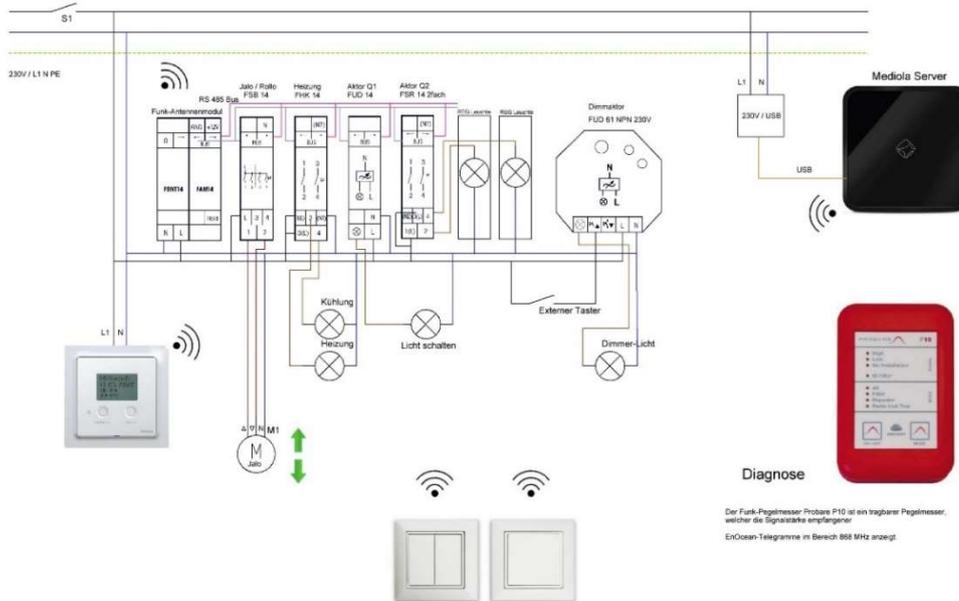


Abbildung 37 Schaltplan EnOcean

Blockschaltbild EnOcean Eltako Koffer

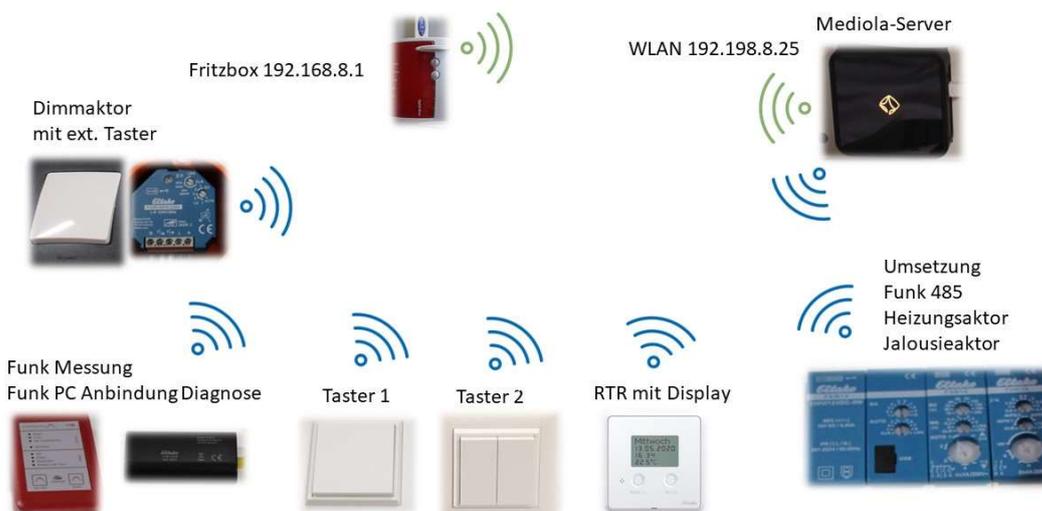


Abbildung 38 Blockschaltbild EnOcean

6.4.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers

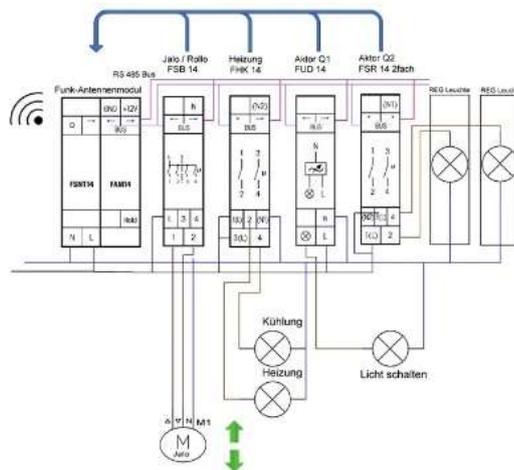


Abbildung 39 Inbetriebnahmeschritt 1 EnOcean

Wie der Abbildung 39 zu entnehmen ist, wird zuerst der RS485 Bus in Betrieb genommen. Durch die Drehregler an den Reiheneinbaugeräten wird der Aktor eingelernt. Hierbei wird am FAM14, ein sogenanntes Koppelmodul, der Drehregler auf LRN, für „Learn“ gestellt. Anschließend können weitere Geräte am Funkmodul angelernt werden. Die installierten Bauteile haben ebenfalls die Schalterstellung „Learn“ und können somit nacheinander mit dem FAM 14 verbunden werden. Nachdem alle gewünschten REG's im Bus angemeldet sind, können die Funkkomponenten hinzugefügt werden.

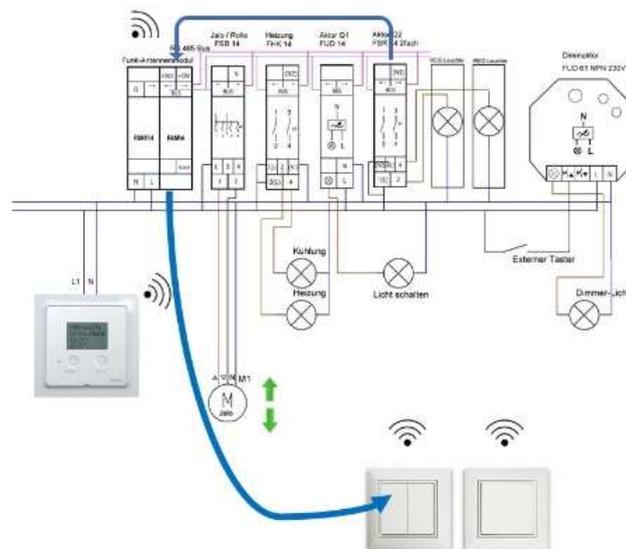


Abbildung 40 Inbetriebnahmeschritt 2 EnOcean

Neben der Schalterstellung „Learn“ gibt es noch weitere Bereiche des Drehreglers. Diese sind spezifisch für die verschiedenen Funktionen des Aktors auszuwählen. So wird beispielsweise die Dimmrampe beim FUD14 eingestellt. Darüber hinaus werden diese Drehregler auch zum Einlernen der Funkschalter verwendet. Hierbei wird eine Funktion, nach einem durch den Hersteller zur Verfügung gestelltem Datenblatt, ausgewählt und über die LRN Stellung vorgegeben. Durch Drücken des entsprechenden Funktasters wird dies fest in der Programmierung verankert. Siehe hierzu auch Abbildung 39.

Der Hersteller Eltako bietet ebenfalls die Möglichkeit die Komponenten der Anlage mit einer kostenfreien Software, der „PCT14“, zu konfigurieren. Durch den USB-Port am FAM 14 kann ein Zugriff auf die Anlage erfolgen. Diese Schnittstelle wird zum Parametrieren oder zum Sichern der Anlagenprogrammierung verwendet. Das Einloggen erfolgt über die Software ohne Eingabe von Benutzerdaten. Unter anderem sind hier noch tiefere Einstellmöglichkeiten machbar und alle Datenblätter der einzelnen Komponenten hinterlegt, siehe hierzu beispielsweise die Abbildungen 41 und 42. Ein wichtiger Hinweis zur Programmierung: Während einer aktiven Verbindung ist eine Bedienung der Anlage nicht möglich!

Ähnlich wie bei der KNX Association werden auch bei der EnOcean Allianz Datenpunkte beschrieben. Diese sind notwendig, um die aufgezeichneten Telegramme in der DolphinView auszuwerten. Eine Übersicht dieser Spezifikationen sind in der Quelle hinterlegt. (© EnOcean Alliance) https://www.enocean-alliance.org/wp-content/uploads/2017/05/EnOcean_Equipment_Profiles_EEP_v2.6.7_public.pdf



Abbildung 41 PTC14 Oberfläche 1

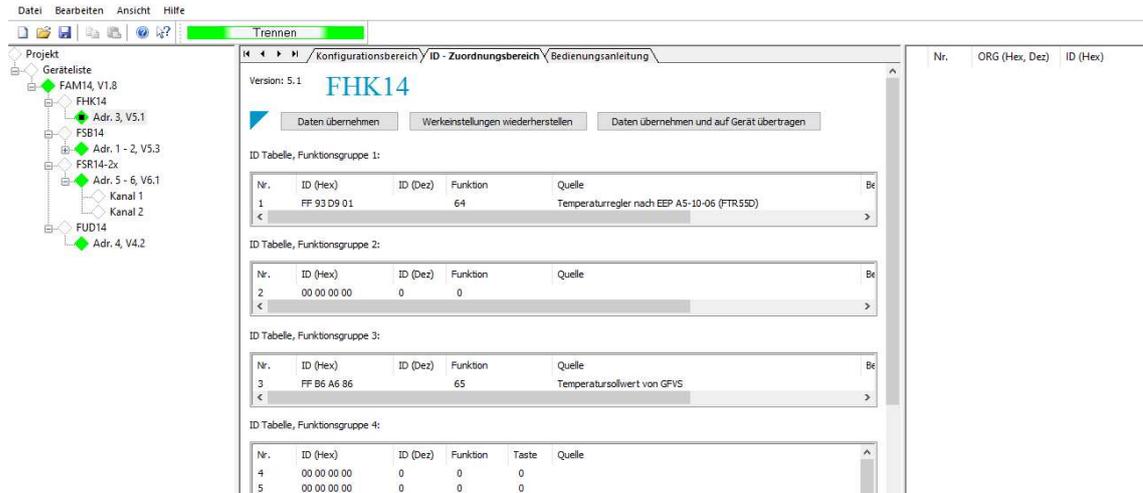


Abbildung 42 PTC14 Oberfläche 2

Der Mediola Server spielt hier ebenfalls eine tragende Rolle. Er wird benötigt, um durch die EnOcean Schnittstelle alle Bauteile im SuK zu visualisieren. Dieser Server wird ausschließlich über eine Appoberfläche programmiert, wobei alle Geräte einzeln gesucht und am Mediola Server angelernt werden. Durch Auswählen der zu visualisierenden Bauteile in der App und anschließendem Anlernen durch die bereits beschriebene Learn Funktion, wird das Gerät in der App hinterlegt.

6.4.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

Eine Erweiterungsmöglichkeit bietet beispielsweise das Ausrüsten des SuK mit weiteren Funk Komponenten wie Bewegungsmelder oder Wetterstation. Wie bereits bei den anderen Schulungskoffern beschrieben, besteht die Möglichkeit EnOcean Geräte mit Hilfe von Gateways mit KNX oder Loxone anzulernen. Lizenzierte Partner von Mediola sind unter anderem Netatmo, Jung und Kopp. Auch Geräte von diesen Herstellern können mit diesem System interagieren. (Admin 2022)

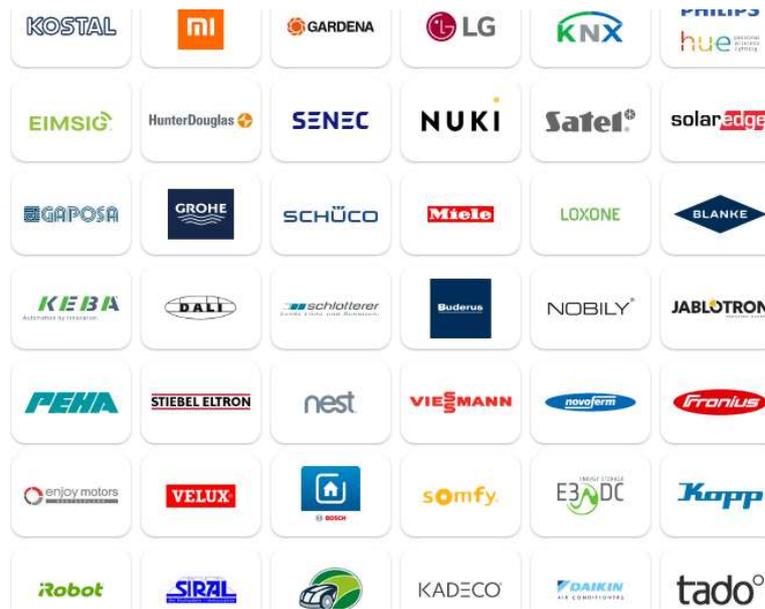


Abbildung 43 Auszug von Marken welche mit Mediola arbeiten

6.4.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Das Zurücksetzen der Komponenten erfolgt ebenfalls über die Drehregler an den Geräten. In der Schalterstellung „Clear“ werden die zugewiesenen Geräte gelöscht. Alternativ kann die Werkseinstellung auch über die Software PCT10 erfolgen.

6.4.7 Fehlersuche im System

Durch die Computersoftware DolphinView, welche kostenfrei durch die EnOcean Alliance bereitgestellt wird, können sowohl die Inhalte der Telegramme analysiert werden als auch die System Id's der Geräte. Somit ist eine Fehlersuche durch Hilfe der EnOcean Datenpunkte relativ einfach gestaltet.

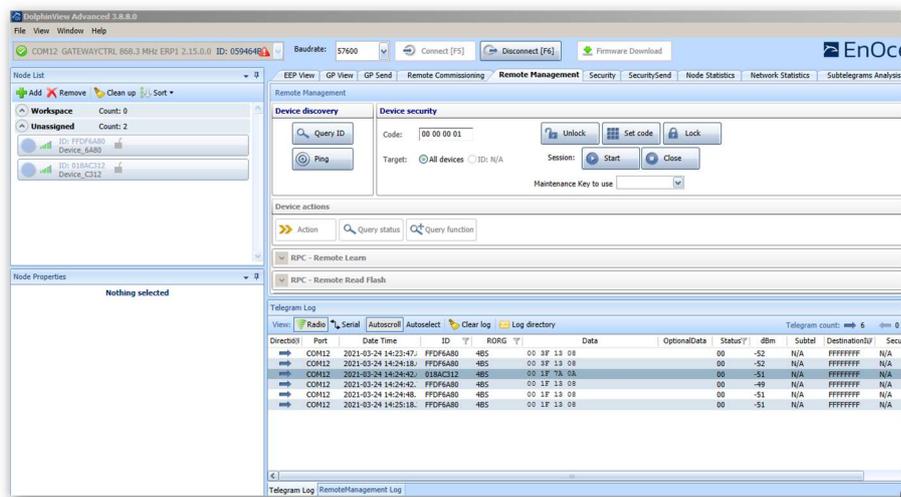


Abbildung 44 DolphinView Telegram Log

6.5 Schulungskoffer ZigBee



Abbildung 45 Musterkoffer ZigBee

6.5.1 Funktionsbeschreibung

Für diese Funktion wurde zusätzlich noch eine separate Box gebaut, um die Reichweite besser zu simulieren und deren Tauglichkeit zu testen. Hierbei wurde ebenfalls ein Mikromodul, in diesem Fall kompatibel für ZigBee, eingesetzt. Das Prinzip ist auch in diesem SuK eine konventionelle Tasterschaltung, welche eine Leuchte an bzw. ausschaltet. Zusätzlich ist dies auch per ZigBee Funk möglich beispielsweise über einen Funkschalter. Als weitere Schaltmöglichkeit in diesem Schulungskoffer kann die Steckdose unter dem Gateway verwendet werden. Die Ansteuerung hierzu erfolgt

ebenfalls über einen separaten Funkschalter. Hiermit kann unter anderem eine Stehleuchte oder ein Nachtlicht ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Durch den Austausch eines konventionellen Lichtschalters durch eine Sensoraktor/Kombination kann eine Leuchte gedimmt werden. Das bedeutet, wie in der Abbildung 46 zu sehen, dass die dimmbare Leuchte direkt an der Kombination angeschlossen ist. Zuerst wird durch das Betätigen der Taste ausschließlich das Licht ein und ausgeschaltet. Durch eine nachträgliche Freigabe in der App, kann auch das Dimmen aktiviert werden.

Die Jalousiesteuerung wird ebenfalls mit einer Sensoraktoreinheit umgesetzt. Die Funktionsweise ist gleichbleibend zu den anderen vorher beschriebenen Funktionen. Auch hier wird ein konventioneller Schalter durch einen „smarten“ Schalter ersetzt. Die Visualisierung der Anzeige des Motors erfolgt über zwei grüne pfeilförmige LED's für auf und ab.

Das Thermostat mit Display regelt die angeschlossene Heizung (Visualisiert über eine Leuchte) und ist zudem auch gleichzeitig das Gateway zur App. Beim Einstellen der Temperatur wird die erfolgreiche Eingabe durch Vibration des Gerätes quittiert. Dies ist vergleichbar mit dem „Brummen“ eines Smartphones. Da dieses Gerät über ein eingebautes Gateway verfügt, ist hier kein externes Gateway nötig. Somit kann der RTR direkt in das WLAN eingebunden und auch „Stand Alone“ Gerät genutzt werden.

Alle für diesen Schulungskoffer beschriebene Funktionen können auch in diesem System mittels App gesteuert werden. Um diese zu nutzen ist ein Einloggen im WLAN nicht notwendig, es kann ebenso ein Zugang über das GSM Netz erfolgen. Allerdings ist hier immer eine permanente Verbindung zur Cloud erforderlich, da sonst eine Bedienung der App nicht möglich ist. Die Funktionalität und Bedienung der Geräte vor Ort ist jederzeit gewährleistet, nur die Sprachsteuerung und Appanbindung ist auf die Cloud angewiesen.

6.5.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
Schaltaktor 	064888	Mikromodul für Schalterdose 1 x Externer Tastereingang 1 x Schalt Kanal max. 300 W Versorgung 230 V	12 nicht angegeben.	45,30 €
Rolladen- schalter 	752190	Funk-Rollladenschalter zur Steuerung von Rollläden 1 x max. 500 VA Schaltleistung Versorgung 230 V	47 nicht angegeben.	63,05 €
Funkschalter mit Dimmer- option 	752184	Schalt Dimmaktor für 1 x min 5 bis max. 300 W. Versorgung 230 V	57 nicht angegeben.	51,45 €
Thermostat 	XG8002	Unterputz-Thermostat mit Feuchte Messung und integrierter WLAN- Schnittstelle Versorgung 230 V 1 x max. 5 A	32 nicht angegeben.	198,00 €
Gateway mit Szenentaster 	752196	Funk-Gateway mit schaltbarer Steckdose 16 A Zur Anbindung an Sprachassistenten, App Steuerung und Fernzugriff. Versorgung 230 V	68 Gateway 42 Schalter nicht angegeben.	125,05 €
Funkschalter für Licht 	752185	Funk-Wandsender Licht Versorgung 1 x 3 V CR2032	25 nicht angegeben.	41,50 €
			MwSt.	79,04 €
			Summe	495,04 €

Tabelle 16 Komponenten Zigbee

(ATMO MIKROMODUL EIN/AUS 300W 2022)
 (VLIFE ATMO ROLLADENAKTOR UW 2022)
 (VLIFE ATMO SCHALTER/DIMMER UW 2022)
 (Smarther Thermostat UP Black 2022)
 (VLIFE ATMO GATEWAY-KIT UW 2022)

6.5.3 Schaltplan und Blockschaltbild

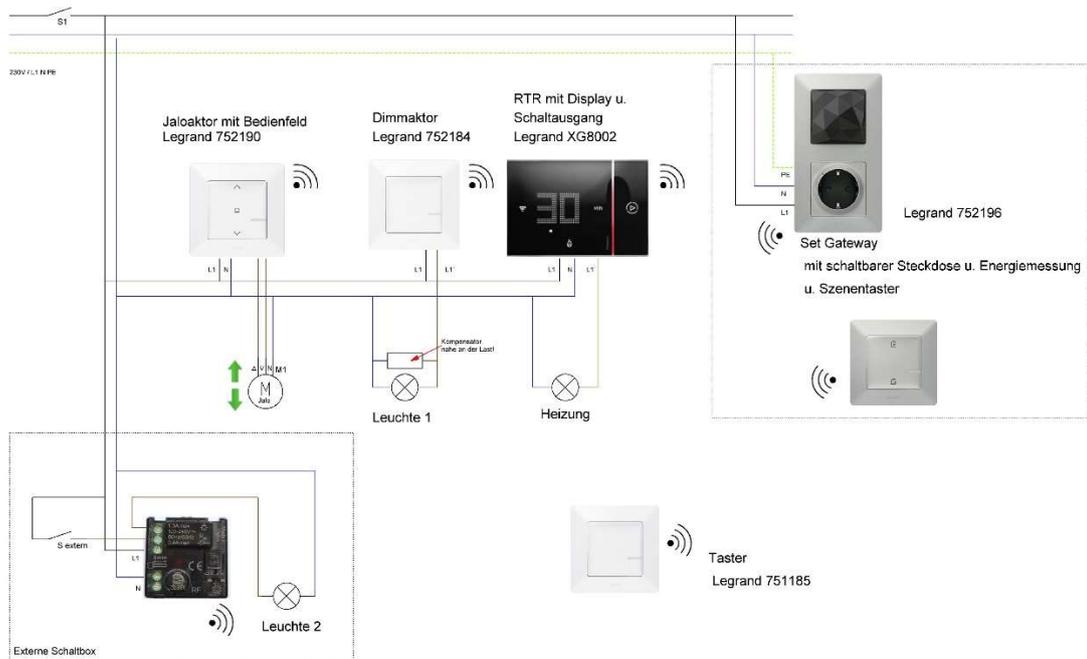


Abbildung 46 Schaltplan ZigBee

Die Abbildung 46 zeigt die einzelnen Bauteile und den Anschluss dieser. Wie zu sehen ist, wurde ein externe Schaltbox gebaut, um alle Funktionen einwandfrei darzustellen.



Abbildung 47 Blockschaltbild ZigBee

6.5.4 Inbetriebnahme des Schulkoffers

Die Inbetriebnahme der ZigBee Komponenten von Legrand erfolgt entweder per App oder durch manuelle Konfiguration. Bei der manuellen Konfiguration wird der im Lieferumfang des Gateways beiliegende Szenarien-Taster oben und unten gleichzeitig gedrückt, bis die grüne LED einmal aufleuchtet. Wichtiger Hinweis: alle Geräte der Anlage müssen bei der Erstinbetriebnahme gleichzeitig mit dem Stromnetz verbunden werden. Wird dieser erste Schritt durchgeführt, leuchten mit Beginn der Stromversorgung alle Schalter rot auf. Sobald der „Szenarientaster“ betätigt wird, springt die LED von rot auf grün. Dies signalisiert die Einbindung der Geräte im Netzwerk. Sollte ein Gerät wider Erwarten nicht grün aufleuchten, kann durch manuelles Drücken der Zahnradtaste unter der Abdeckung das Problem beheben. Für das Anlernen der Funkschalter an den jeweiligen Aktoren ist ein mittiger Tastendruck und ein dreimaliges Klopfen gegen den Aktor notwendig.

Alternativ ist die Ansteuerung über die App möglich. Nach erfolgreicher Registrierung mit E-Mail und Passwort ist die Benutzeroberfläche für den Kunden zugänglich. Diese ist benutzerfreundlich mit einfacher Menüführung gestaltet. Der Kunde kann sich hier selbsterklärend mit den Geräten verbinden und eigene Wünsche/Einstellung individuell anpassen. Nachfolgende Abbildungen 48 a-c und 49 a-c zeigen diesen Vorgang in der App von Legrand.

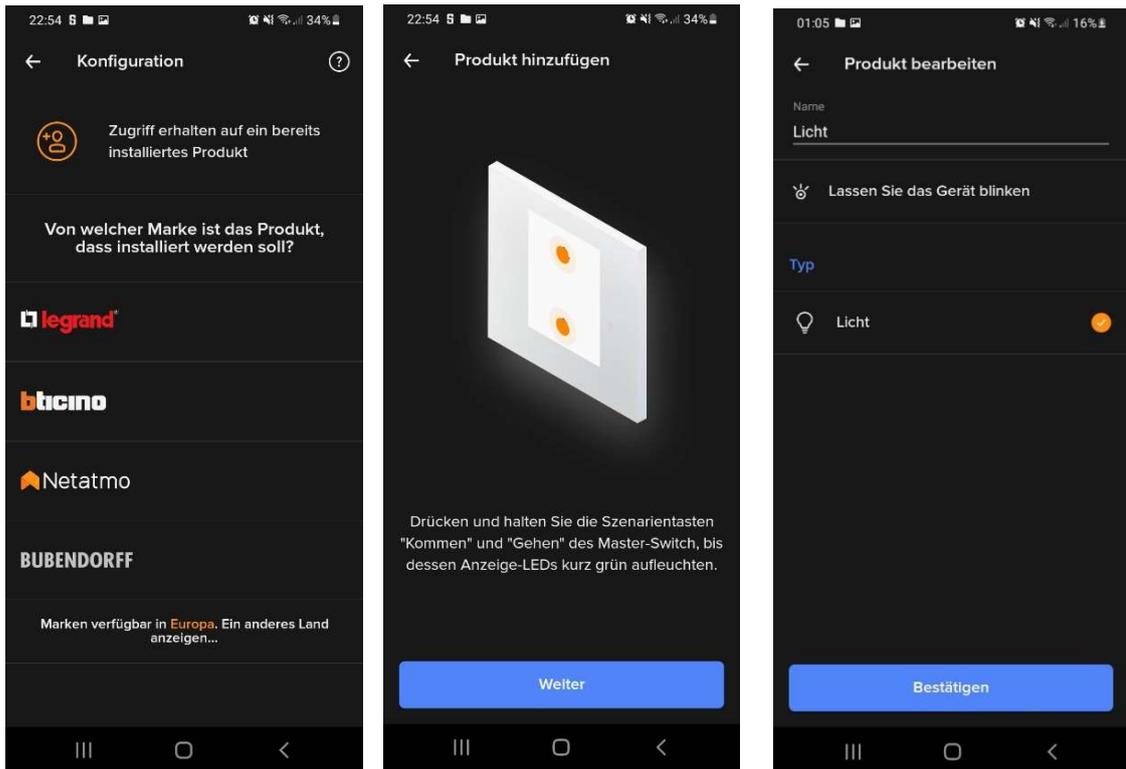


Abbildung 48a-c Inbetriebnahmeschritte in der Legrand App

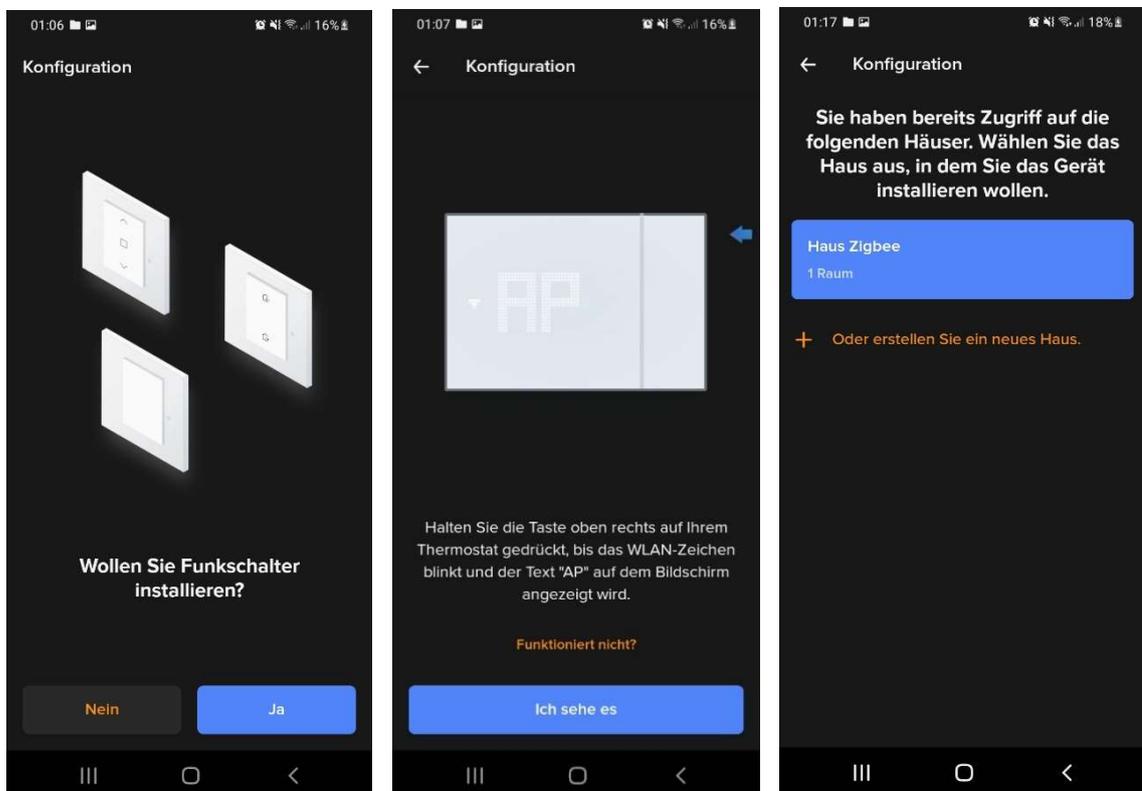


Abbildung 49a-c Inbetriebnahmeschritte in der Legrand App

6.5.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

Wie bereits bei anderen Schulungskoffern besteht auch hier die Möglichkeit ZigBee Leuchten zu integrieren. Hierzu ist keine weitere Komponente notwendig, die sogenannte „Bridge“ ist bereits Bestandteil des Koffers und oben rechts im Gateway eingebaut. Auch eine Erweiterung mit anderen Komponenten wie Bewegungsmelder, Fensterkontakte, Fernbedienungen werden unterstützt. Durch die zukünftige Weiterentwicklung zu „Matter“ ist eine Standardisierung von ZigBee Geräten angedacht. Dies beinhaltet die Verwendung eines gleichen „Standardprotokolls“ mittels dessen verschiedene Geräte diverser Hersteller miteinander kommunizieren können.

Alternativ sind auf beiden im SuK verbauten Gateways auch Apple Homekit Codes aufgeklebt. Somit ist eine nahtlose Integration in die Apple Oberfläche getestet und kann jederzeit genutzt werden.

6.5.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Das Zurücksetzen des Musterkoffers erfolgt über die Appsteuerung. Hierbei ist immer eine Verbindung über die Cloud mit dem System notwendig. Durch Selektieren der einzelnen Geräte in der App können die Funktion „auswählen“ und „löschen“ getätigt werden. Das entsprechende Gerät wird umgehend aus der App und somit auch aus dem System entfernt.

6.5.7 Fehlersuche im System

Eine Fehlersuche mit diesem System ist nicht möglich. Es existiert kein Tool oder ähnliches, um Telegramme aufzuzeichnen und auszuwerten.

6.6 Schulungskoffer BLE



Abbildung 50 Musterkoffer BLE

6.6.1 Funktionsbeschreibung

Die Schaltfunktion wird über einen Schaltkanal des Heizungsaktors visualisiert. Die Bedienung erfolgt über das Display im oberen Bereich des SuK.

Auch bei diesem System wird über die Herstellerapp die ganze Anlage visualisiert.

Um eine Leuchte bei BLE zu schalten und dimmen wird bei diesem System ein „Frog“ verwendet. Dabei handelt es sich um einen multifunktionalen Sensoraktor, welcher über einen Taster-Eingang angesteuert wird. Die angeschlossene Leuchte wird dann je nach Parametrierung geschaltet und gedimmt. Auch diese Funktion wurde zusätzlich am Display im oberen Bereich des Musterkoffers visualisiert. Um eine Jalousie anzusteuern, wird auch hier ein „Frog“ eingesetzt. Der mechanische Jalousietaster wird an dem „Frog“ anschlossen, genauso wie dazugehörigen LEDs welchen den Motor darstellen. Zusätzlich zu den Tastern kann auch über ein Display gesteuert werden. Die Temperaturerfassung

erfolgt über den kleinen batteriebetriebenen weißen Sensor rechts oben über dem Gateway. Über das Display kann nun der Sollwert für die Heizungsregelung angepasst werden. Der Aktor in der „Heatbox“ unten rechts steuert die entsprechenden Ventile für die Heizung. Dies wird über kleine rote LED-Leuchten im Koffer visuell dargestellt. Das Display im oberen Bereich wird über Wifi verbunden und ermöglicht einen Fernzugriff über die App. Zusätzlich kann über den USB Stick die Anlagen parametrieren und geschaltet werden.

Das System im SuK hat einen Energieverbrauch von 3,6 Watt. Daraus resultiert ein Jahresverbrauch von 31,6 kWh.

6.6.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
 frogRelay2-2	Frog Relay2-2	Multifunktionaler 1 x Jalousie- /Rollladensteuerung 2 x Eingängen Versorgung 230 V	1.7.3.33–1.6 < 190 mW	108,00 €
 frogDim1-1	frogDim1-1	Multifunktionaler 1-Kanal Dimm-Aktor mit 1 Ausgang 300 W zum Dimmen/Schalten von Licht und mit 1 Eingang Versorgung 230 V	1.7.3.33-1.14 < 220 mW	98,00 €
 frogRoomSense	frogRoomSense	Multifunktionaler Sensor mit wechselbarer mit Sensoren für Temperatur, Luftfeuchte und Helligkeit. Batterie CR2450R	1.7.3.0-1.12	68,00 €
 frogDisplay	Frog Display	3,5“ Touchscreen Bedieninterface zur Steuerung von z.B. Licht, Beschattung Heizung und Szenarien. Mit 2 Eingängen. Das frogblue „Smartphone“ mit Touchscreen-Steuerung und WLAN-Gateway für die UP- Dose (230 V). Mit integriertem Annäherungssensor, Helligkeitssensor, Mikrofon, Lautsprecher,	1.7.3.2-1.5 3 Watt	498,00 €

<p>frogBoxHeat</p> 	<p>frogBox Heat</p>	<p>Smarter Heizungsregler für bis zu 11 Heizkreise/Räume zum Anschluss von Fußbodenheizung, klassischen und elektrischen Heizkörpern. An die frogBoxHeat können 5 Heizkreise direkt angeschlossen und 6 weitere mittels frogs über das frogblue Bluetooth®-Mesh-Netzwerk integriert werden.</p>	<p>1.7.3.33-1.12 < 200 mW</p>	<p>354,62 €</p>
<p>frogLink</p> 	<p>frogLink</p>	<p>Bluetooth LE USB-Stick zur Konfiguration</p>		<p>57,12 €</p>
			<p>MwSt.:</p>	<p>164,92 €</p>
			<p>Summe</p>	<p>1032,92 €</p>

Tabelle 17 Komponenten BLE

(frogblue_Data_DE_R2-2-1200.01)
 (hochhauser) D1-1
 (hochhauser) Room Sense
 (hochhauser) Display
 (hochhauser) Heatbox
 (frogblue_Datenblatt_frogLink_DE-1)

6.6.3 Schaltplan und Blockschaltbild

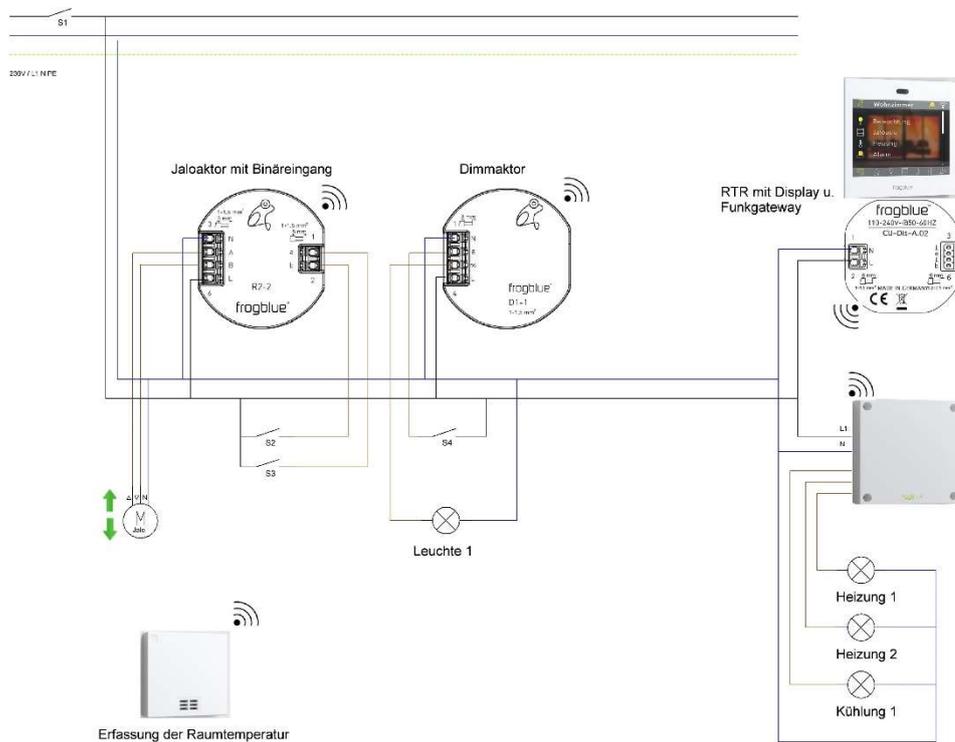


Abbildung 51 Schaltplan FrogBlue

Blockschaltbild FrogBlue Koffer



Abbildung 52 Blockschaltbild FrogBlue

6.6.4 Inbetriebnahme des Schulkoffers

Für die Inbetriebnahme der Komponenten im Schulkoffer wird die PC-Software FrogblueProject verwendet. Dieses kostenfreie Programm des Herstellers dient zur

Programmierung über den USB-Stick. Nach Start der Software wird hier ein neues Projekt angelegt. Bei diesem Vorgang ist zwingend erforderlich ein projektspezifisches Passwort zu vergeben. Dieses wird in jeder Komponente dieses Projekts hinterlegt und ohne dessen Kenntnis ist ein Zugriff auf die Parametrierung nicht möglich.

Mit Hilfe der Suchfunktion werden die einzelnen Komponenten angezeigt und in das Projekt eingefügt. Allerdings funktioniert das Prinzip nur, wenn dem „Frog“ noch keine Anlage zugeordnet ist. Andernfalls ist eine gezielte Suche über die aufgedruckte Seriennummer möglich. Siehe hierzu Abbildung 54

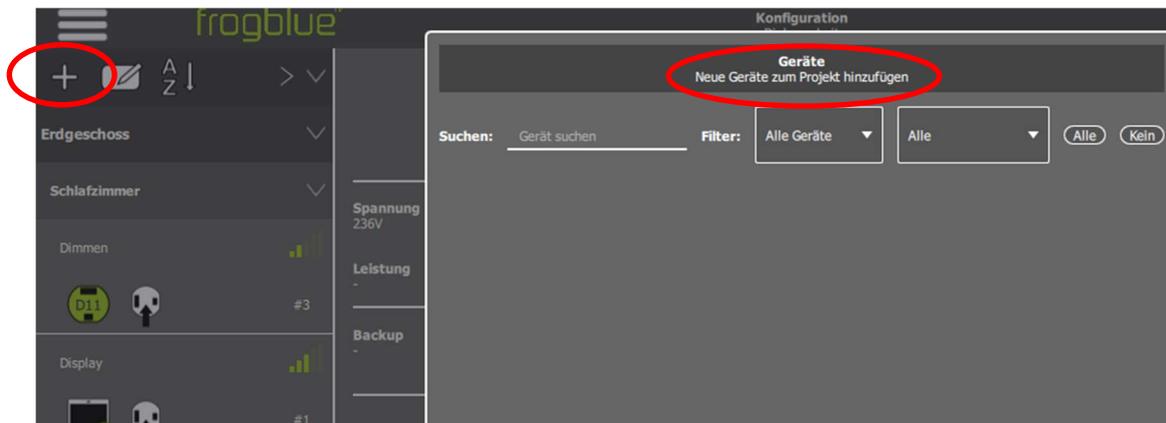


Abbildung 53 FrogblueProject Gerät neu hinzufügen

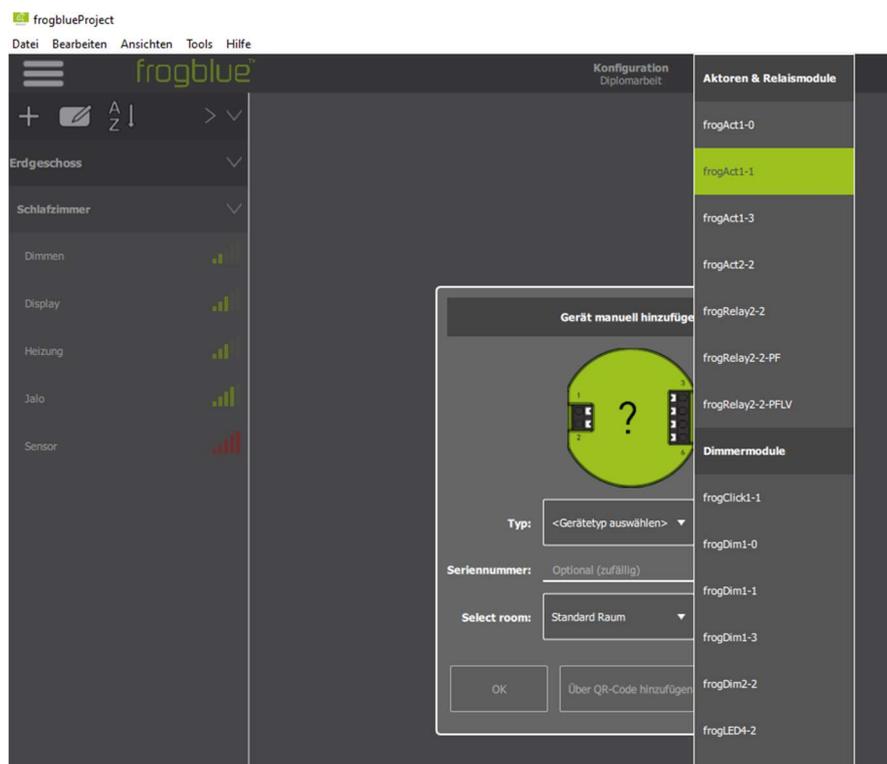


Abbildung 54 FrogblueProject Gerät mit Seriennummer hinzufügen

Durch Auswahl der entsprechenden „Frogs“ in der linken Spalte ist es möglich, die Eingänge und Ausgänge entsprechend der Kundenwünsche zu parametrieren. Die Einstellmöglichkeiten des „Frogs“ sind in der rechten Spalte dargestellt. So kann

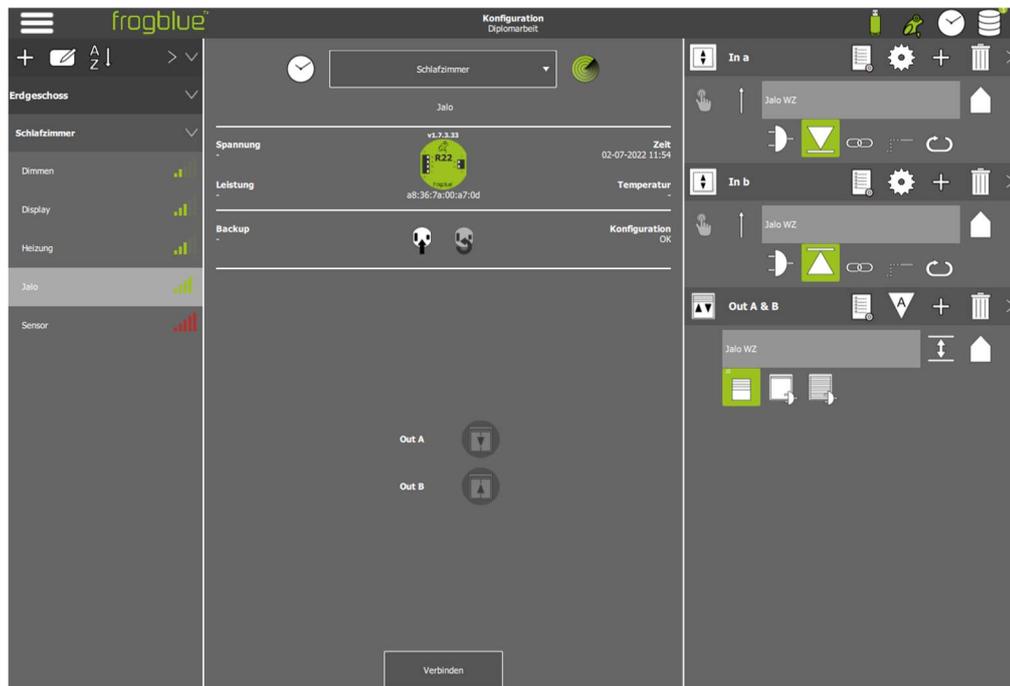


Abbildung 55 FrogblueProject Übersicht der Geräte

beispielsweise bei der Jalousiesteuerung dem Eingang A eine definierte Auf- bzw. Abfunktion im Raum zugewiesen werden. Der Text, in diesem Beispiel „Jalo WZ“ kann hier individuell vergeben werden, ähnlich der Bezeichnung einer Gruppenadresse im KNX System. Durch Vergabe des gleichen Namens sowohl im Ausgang als auch im Eingang erfolgt eine eindeutige Zuweisung. Mit Drücken des „Überspielungszeichens“  wird der Vorgang abgeschlossen.

6.6.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

Die Erweiterung dieses SuK's kann einerseits durch hauseigene Geräte der Firma „frogblue“ erfolgen, wie zum Beispiel Bewegungsmelder oder der Einsatz von Codelocks. Eine andere Möglichkeit besteht über den Einsatz von Gateways, welche Verbindungen zu KNX oder anderen Systemen bereitstellen können.

6.6.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Ohne Passwort:

Über die Software können die einzelnen Geräte über ihre aufgedruckte ID Nummer eingelesen werden. Für den Werks-Reset wird der 6-stellige Rückstellcode aktiviert. Hierdurch werden alle bisher getätigten Parametrierungen gelöscht und das Gerät auf Werkseinstellungen zurückgesetzt.

Mit Passwort:

Eine Verbindung mit den Komponenten wird aufgebaut und über die Reiter „Experte“ auf Werkseinstellungen zurückgesetzt werden.

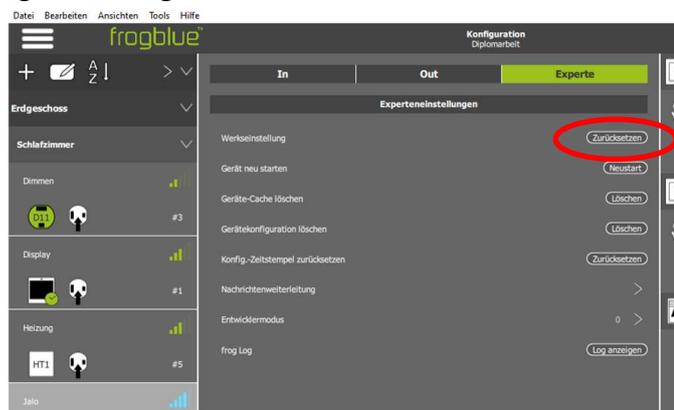


Abbildung 56 FrogblueProject Werkseinstellung

6.6.7 Fehlersuche im System

Die Firma „frogblue“ hat in ihrer Software eine Funktion um die Funktelegramme im System in Klartext darzustellen. Um dieses Tool zu nutzen ist es zwingend erforderlich das Passwort des entsprechenden Projekts zu kennen. Andernfalls ist kein Zugriff auf diese Information möglich. Dies ist wichtig, um bei einer Fehlersuche zu erkennen, ob ein Problem im Sender oder im Aktor vorliegt.



Abbildung 57 FrogblueProject Telegramm Aufzeichnung

6.7 Schulungskoffer Wifi



Abbildung 58 Musterkoffer Wifi

6.7.1 Funktionsbeschreibung

Die Produkte der Firma Shelly sind ausschließlich Mikromodule oder REG's. So wurde für die Funktion „Licht schalten“ ein Shelly Modul 2PM genutzt. An der Klemme für den Tastereingang wird ein mechanischer Taster angeschlossen, welcher ein 230 V Eingangssignal an das Modul gibt.

Das Relais im Inneren schaltet dann die dazugehörige Leuchte an bzw. aus.

Um eine dimmbare Leuchte zu betreiben, wird im SuK das Shelly Modul Dimm2 verwendet. Auch dieses Funkmodul verfügt über einen Eingang und einen dazugehörigen Dimmausgang.

Um eine Jalousie zu steuern, wird ebenfalls ein Doseneinbaumodul verwendet. Hierbei werden die beiden verschiedenen Richtungen über 2 getrennte Tastereingänge realisiert.

Auch die beiden Fahrrichtungen des Motors werden über 2 getrennte Relaiskontakte geschaltet. Die Anzeige wird über die beiden grünen Pfeil-LEDs symbolhaft dargestellt. Das Aufwendigste ist eine Temperaturregelung, da hierbei zwei Bauteile benötigt werden. Das erste ist ein kugelförmiger batteriebetriebener Sensor, welcher die Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit im Raum misst und die Information weiterleitet. Das Zweite ist ein Mikromodul, welches anschließend die Temperatur auswertet und gegebenenfalls den integrierten Heizungsaktor schaltet. Dieser Vorgang wird über die LED „Heizung“ dargestellt.

Wie bereits erwähnt muss hierzu kein zusätzliches Bauteil verwendet werden um die einzelnen Funktionen per App zu bedienen. Alle Bauteile haben eine integrierte Weboberfläche und können so direkt mit dem Smartphone oder PC geschaltet werden.

6.7.2 Übersicht der einzelnen Komponenten

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
 Shelly Plus 2PM	Shelly Plus 2PM	Multifunktionaler 1 x Jalousie-/Rolladensteuerung mit Energiemessung 2 x Eingängen Versorgung 230 V	1.11.8 nicht angegeben	27.25 €
 Shelly Plus 2PM	Shelly Plus 2PM	Multifunktionaler 2 x Schaltausgänge mit Energiemessung 2 x Eingängen Versorgung 230 V	1.11.8 nicht angegeben	27.25 €
 Shelly Dimmer2	Shelly Dimmer2	Multifunktionaler 1 x Dimmer mit Energiemessung bis max. 200 W 1 x Eingängen Versorgung 230 V	1.11.8 nicht angegeben	29.63 €
 Shelly 1PM	Shelly 1PM	Multifunktionaler 1 x Heizungsaktor mit Energiemessung bis max. 16 A 1 x Eingängen Versorgung 230 V	1.11.8 nicht angegeben	15.35 €

	Shelly H&T	Temperatur und Luftfeuchte Sensor Versorgung mit CR123A Batterie	1.11.8 nicht angegeben	23.79 €
			MwSt.	19.68 €
			Summe	123.27 €

Tabelle 18 Komponenten Wifi

(Shelly Plus 2PM 2022)
 (Shelly Dimmer2 2022)
 (Shelly 1PM 2022)
 (Shelly H&T 2022)

6.7.3 Schaltplan und Blockschaltbild

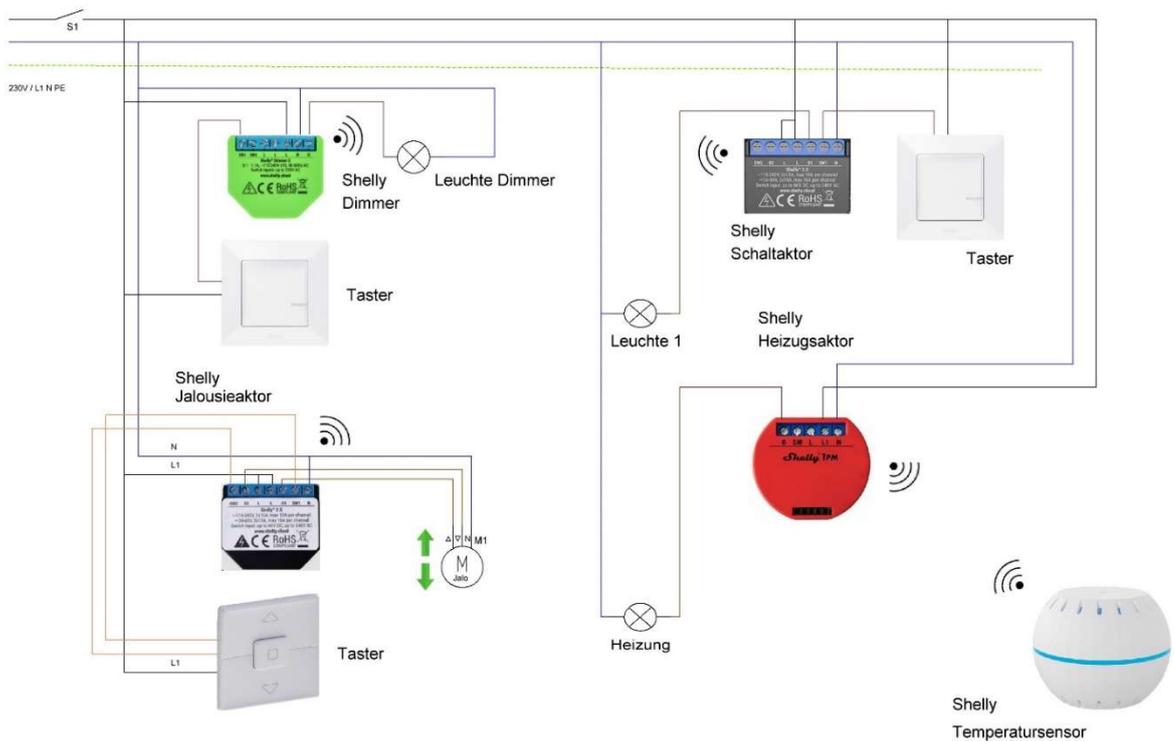


Abbildung 59 Schaltplan Wifi



Abbildung 60 Blockschaltbild Wifi

6.7.4 Inbetriebnahme des Schulungskoffers

Für die Inbetriebnahme des SuK gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten. Zum einen ist dies über die App realisierbar, zum anderen über die Browseroberfläche.

Inbetriebnahme über die App:

Nach Registrierung mit Benutzername und Passwort, werden einzelne Funktionen, wie z.B.: Licht schalten, ausgewählt. Entsprechend der gewünschten Funktion werden in der App die damit nutzbaren Mikromodule angezeigt. Je nach Bedarf können diese ausgewählt und parametrierbar werden. Der erste Schritt in diesem Prozess ist die Einbindung des Moduls in das WLAN-Netzwerk des Kunden. Nach erfolgreichem Verbinden werden vollautomatisch die neuesten Firmware Versionen heruntergeladen und der Shelly aktualisiert. Danach kann mit der App den Ein- bzw. Ausgängen die jeweiligen Funktionen zugeordnet werden.

Inbetriebnahme über den Browser:

Nach Einschalten des SuK's generieren die einzelnen Geräte eigene WLAN-Netze siehe dazu das folgende Beispiel:

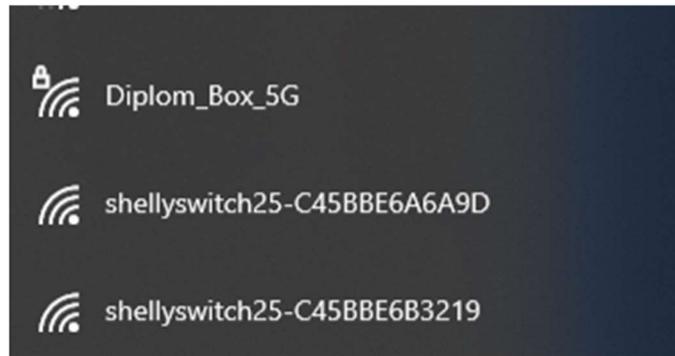


Abbildung 61 Wifi-Suche unter Windows 10

Mit Hilfe eines PCs kann der Nutzer sich nun mit einem der Shellys verbinden. Durch die individuelle IP-Adresse wird die Weboberfläche des Mikromoduls geöffnet.

Auch hier können nun individuelle Einstellungen vorgenommen werden, sowie die Bedienung der Ausgänge erfolgen. Wie oben bei der Inbetriebnahme über die App beschrieben, muss auch hier die Einbindung des Moduls in das WLAN des Kunden erfolgen.

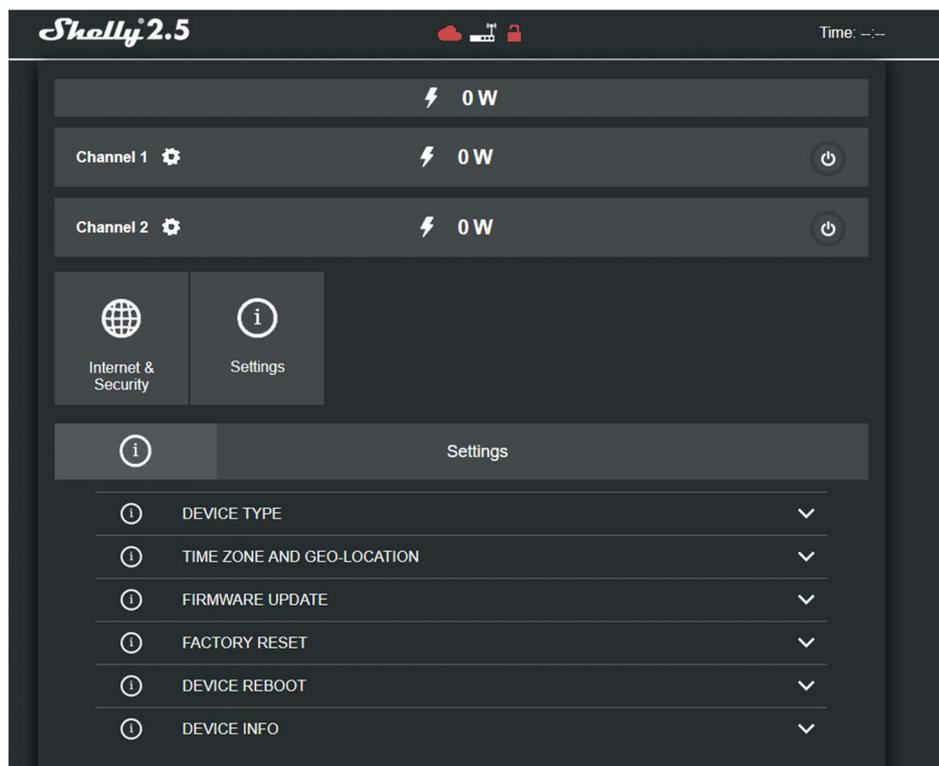


Abbildung 62 Web-Oberfläche Shelly 2.5

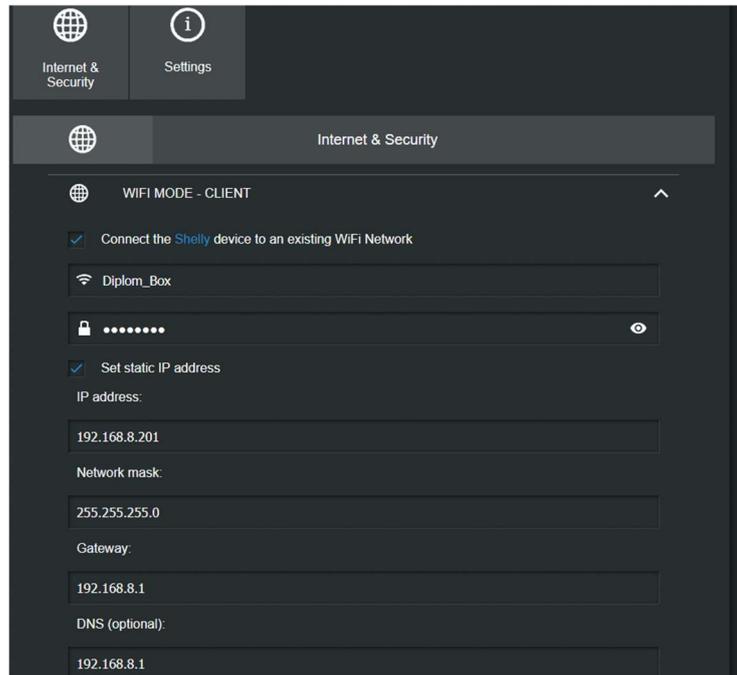


Abbildung 63 Einstellungen Shelly 2.5

Wichtiger Hinweis: Generell werden durch DHCP die IP-Adressen von der Fritzbox selbstständig verwaltet und vergeben. Für die Einbindung im „Eisbär“ ist es von Vorteil den Geräten durch den Integrator feste IP Adressen zuzuweisen. Diese sollten idealerweise außerhalb des DHCP Bereiches liegen, um einen Adressenkonflikt zu vermeiden.

6.7.5 Ausblick der jeweiligen Erweiterungsmöglichkeiten

Die Shelly Geräte unterstützen die Funktion des MQTT. Mit deren Hilfe wichtige Informationen kurz und prägnant an den Eisbären übermittelt werden können. Dieses System arbeitet nach dem „Client and Broker“ Prinzip, was in diesem Fall bedeutet, dass alle Informationen an eine Sammelstelle (Eisbär) geleitet werden. Siehe hierzu Kapitel 7.7.

6.7.6 Zurücksetzen des Schulungskoffers

Auch in diesem System ist die Möglichkeit der „Werkseinstellung zurücksetzen“ etabliert. Dies kann zum einen über die Software/App realisiert werden. Zum anderen über eine Taste auf der Rückseite der einzelnen Geräte.

Werkseinstellung über das Gerät:

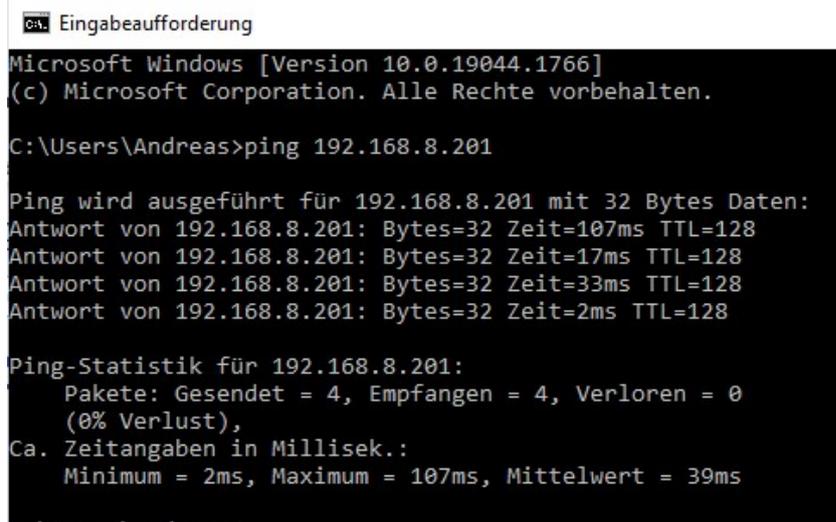
Durch langen Tastendruck des kleinen Mikrotasters auf der Rückseite werden die Systeme auf Auslieferungszustand zurückgesetzt.

Werkseinstellung über Software/App:

Wie in der Abbildung 62 zu sehen, gibt es in den Einstellungen eine separate Schaltfläche mit dem Titel „Factory Reset“ über die alle Parameter zurückgesetzt werden können.

6.7.7 Fehlersuche im System

Durch die Microsoft Eingabeaufforderung können über den Befehl „Ping“ die einzelnen Komponenten auf Netzwerkverbindung abgefragt werden. Siehe hierzu folgende Abbildung.



```
ca. Eingabeaufforderung
Microsoft Windows [Version 10.0.19044.1766]
(c) Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

C:\Users\Andreas>ping 192.168.8.201

Ping wird ausgeführt für 192.168.8.201 mit 32 Bytes Daten:
Antwort von 192.168.8.201: Bytes=32 Zeit=107ms TTL=128
Antwort von 192.168.8.201: Bytes=32 Zeit=17ms TTL=128
Antwort von 192.168.8.201: Bytes=32 Zeit=33ms TTL=128
Antwort von 192.168.8.201: Bytes=32 Zeit=2ms TTL=128

Ping-Statistik für 192.168.8.201:
    Pakete: Gesendet = 4, Empfangen = 4, Verloren = 0
    (0% Verlust),
    Ca. Zeitangaben in Millisek.:
        Minimum = 2ms, Maximum = 107ms, Mittelwert = 39ms
```

Abbildung 64 Eingabeaufforderung unter Windows

Eine Möglichkeit Telegramme der Shelly Komponenten sichtbar zu machen, ist das kostenlose Tool „Wireshark“. Hiermit werden alle Informationen der Bauteile in einer Baumstruktur angezeigt und ggf. eine Fehlerquelle sichtbar gemacht werden.

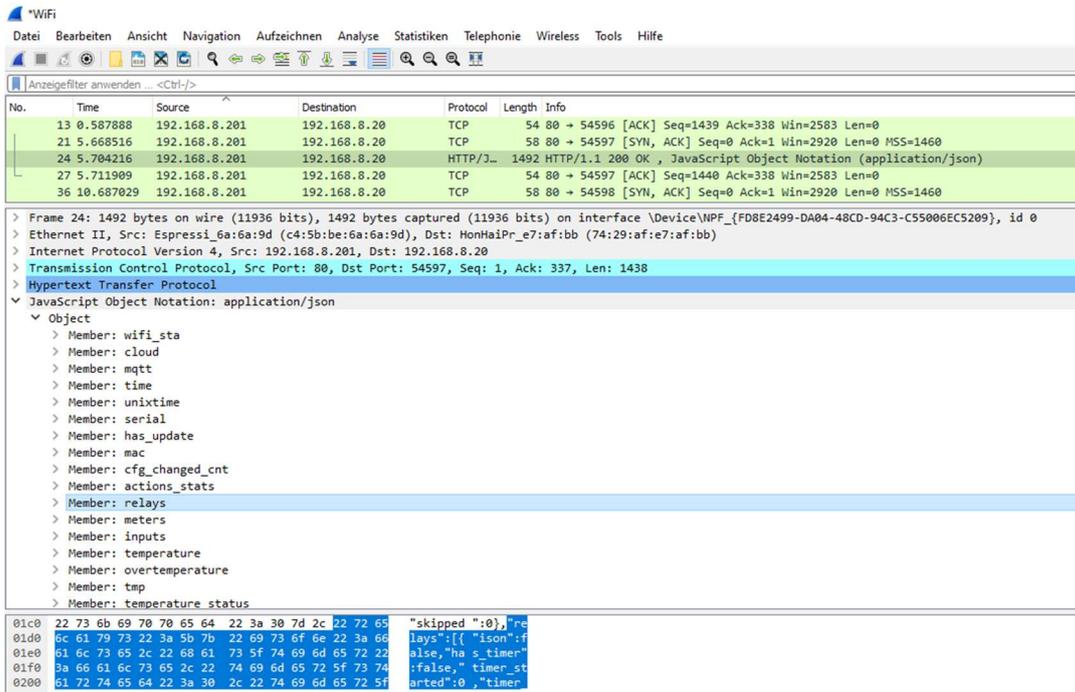


Abbildung 65 Software Wireshark

7 Anbindung Eisbär

Nachdem jeder dieser Koffer autark funktionsfähig ist, stellt sich nun die Herausforderung alle zusammen in ein übergeordnetes System zu integrieren. Dies gehört zu einer typischen Aufgabe des neuen Berufs des Systemintegrators.

Um alle Systeme miteinander zu verbinden, gibt es verschiedene Produkte auf dem Markt. Führende Hersteller in diesem Segment sind unter anderem die Alexander Meier GmbH, Mediola, OpenHub, ioBroker, FHEM, myGEKKO, Rednoods und wibutler. Da nicht alle Firmen beschrieben werden können, habe ich mich auf das Produkt Eisbär der Firma Alexander Meier GmbH festgelegt. (EisBär SCADA Schnellübersicht 2022)

Die Firma Alexander Meier GmbH in Eberbach hat sich mit ihrem Produkt Eisbär von einer Visualisierungssoftware zu einem Multiprotokollgateway gewandelt. Dieses visualisiert über 50 verschiedene Standards, indem es die einzelnen Daten miteinander kombiniert. Der große Vorteil dieser Software ist die lizenzfreie Nutzung von 60 Minuten pro Tag, welches für dieses Vorhaben ideal ist. Auch ist die Kenntnis einer Programmiersprache wie beispielsweise C, C+ oder Python nicht notwendig. Ein Elektroniker für Gebäudesystemintegration, der mit solchen Projekten in der Visualisierung startet, kann hier einen kurzen Einblick bekommen und die Funktionen testen, ohne gleich das Produkt kaufen zu müssen. (EisBär SCADA Schnellübersicht 2022)

Der Eisbär untergliedert sich in Editor, Konsole und Client. Jedes Softwarepaket erfüllt seine spezifischen Aufgaben.

Im Editor wird die Visualisierung der einzelnen Komponenten und die Anbindung an die einzelnen Systeme konfiguriert.

In der Konsole werden die Servereinstellungen vorgenommen, da normalerweise der Eisbär auf einem externen Server ausgelagert ist.

Der Client erfüllt den Zweck als Bedienoberfläche für die einzelnen Visualisierungsseiten. Dieser kann beliebig auf PC oder Tablet bzw. Smartphone installiert und genutzt werden. (EisBär SCADA Schnellübersicht 2022)

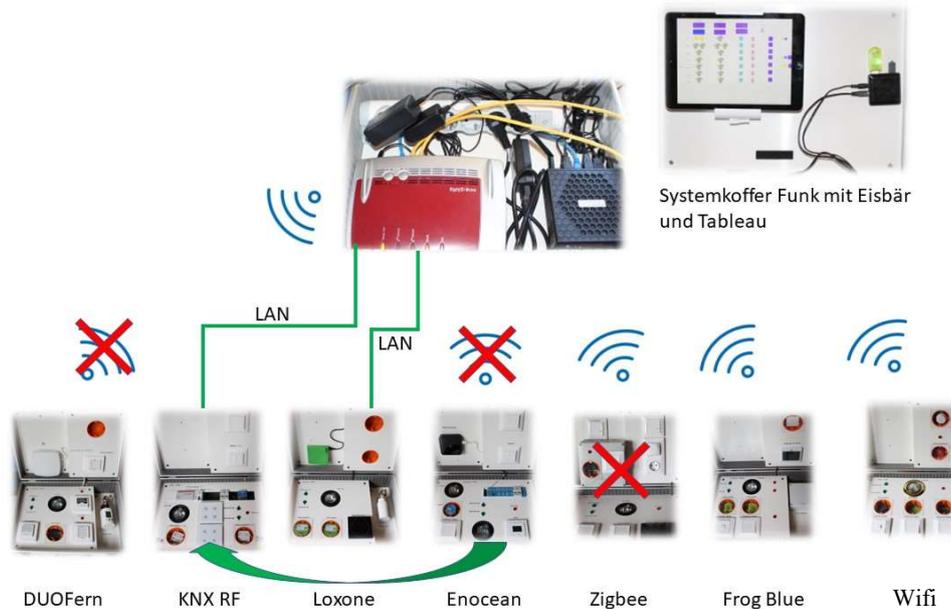


Abbildung 66 Systemüberblick der Gesamtanbindung

7.1 Einbindung Duo Fern

Nach diversen Versuchen dieses System in den Eisbär zu integrieren wurde festgestellt, dass dies nicht möglich ist. Als Grund stellt sich heraus, dass die verwendeten Datenpunkte nicht im Eisbär abrufbar sind, da die Firma Rademacher diese Information nicht als API zur Verfügung stellt. Ein weiterer Versuch die Daten zu integrieren, erfolgte über den USB-Stick von ZigBee. Der Homepilot besitzt die Möglichkeit ZigBee Leuchten zu integrieren, kann aber die Schaltzustände im „DuoFern“ nicht über diese Schnittstelle weitergeben. Somit ist eine Verbindung mit dem Eisbär generell nicht möglich.

7.2 Einbindung KNX

Die KNX Schnittstelle kann problemlos in den Eisbär Server integriert werden. Dies ist vor allem dadurch möglich, dass die Anbindung von KNX von Anfang an eine Hauptkompetenz der Alexander Meier GmbH ist. Der KNX Treiber wurde über Jahre hinweg immer weiter perfektioniert und ist mittlerweile auf dem aktuellen Stand der Technik. Wie in der Abbildung 67 zu sehen, wird dieser Treiber aus dem linken Komponentenfenster per „drag“ and „drop“ auf die Hauptseite gezogen. Abschließend können auf der rechten Seite die Einstellungen wie IP-Adresse usw. eingetragen werden.

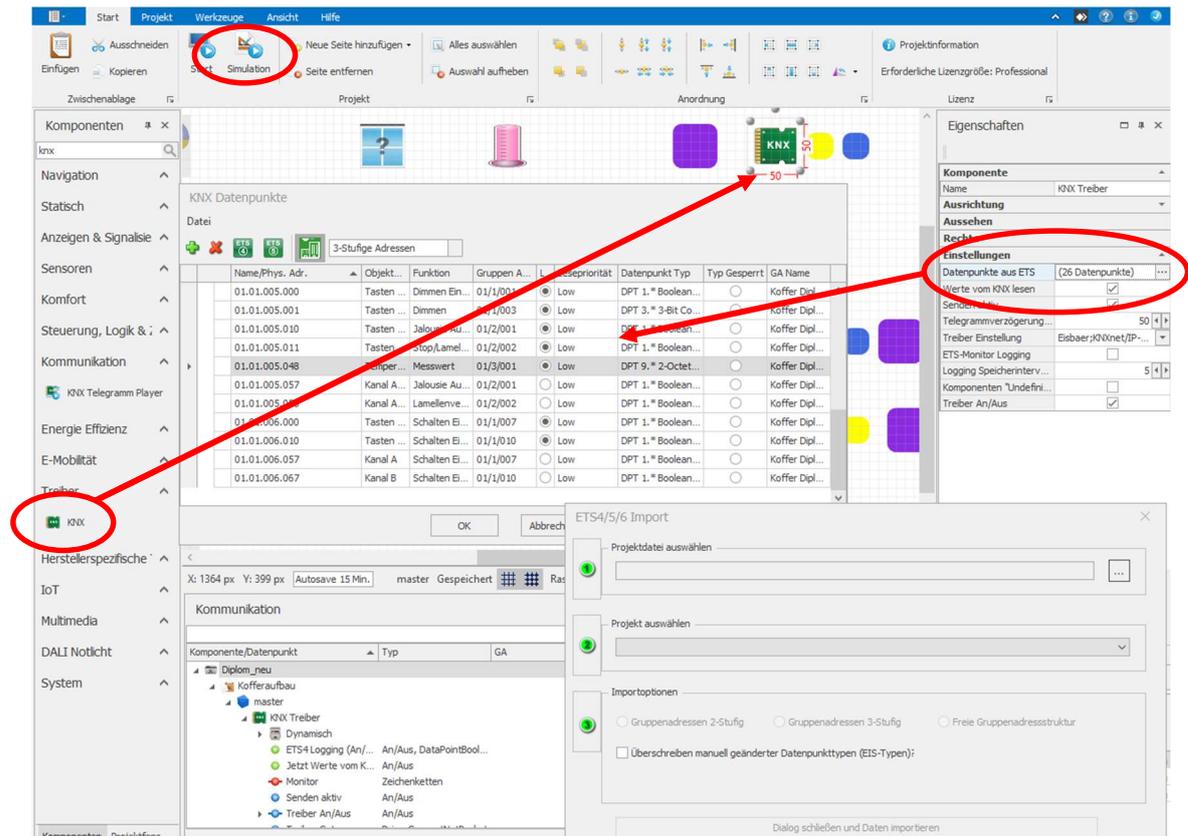


Abbildung 67 Eisbär KNX Schnittstelle

Über die Datenpunkte ist das ETS Projekt einlesbar. Somit sind alle vergebenen Gruppenadressen im Eisbär hinterlegt. Auch hier ist mittels Drag and drop die Zuteilung dieser Adressen auf die entsprechenden Schaltflächen oder Regler möglich. Hier können nun weitere Funktionen wie Schalten oder Statusanzeige zugeteilt werden. Für Testzwecke des Treibers ist ein Funktionstest der bisher programmierten Parameter über das Feld „Simulation“ oben links in der Menüleiste möglich.

7.3 Einbindung Loxone

Die Einbindung von Loxone in den Eisbär war durch gewisse Schwierigkeiten geprägt. Prinzipiell wird die Einbindung über das Einfügen des Loxone Treibers begonnen. Analog zu KNX werden im rechten Auswahlmeneü in den Einstellungen die Anmeldedaten wie IP-Adresse, Benutzername und Passwort eingetragen. Nun sollten die Geräte und deren Funktionen ausgelesen und im Eisbär angezeigt werden. Nach Rücksprache mit Dirk Hofer der Alexander Meier GmbH ist dies nur dann möglich, wenn der Server zuvor nicht bei Loxone registriert wurde und keine Appverbindung über die Loxonecloud besteht. Der Grund hierfür ist die Abschaltung der lokalen Kommunikation

von Loxone. Durch Deaktivierung dieses Fernzugriffes sollte die Datenkommunikation prinzipiell wieder funktionieren. Bei der Inbetriebnahme des SuK für meine Diplomarbeit wurde allerdings die in der Abbildung 68 dargestellte Fehlermeldung angezeigt. Den Softwareherstellern ist dieses Fehlerbild bekannt. Aktuell wird an einer Lösung dieses Problems gearbeitet.

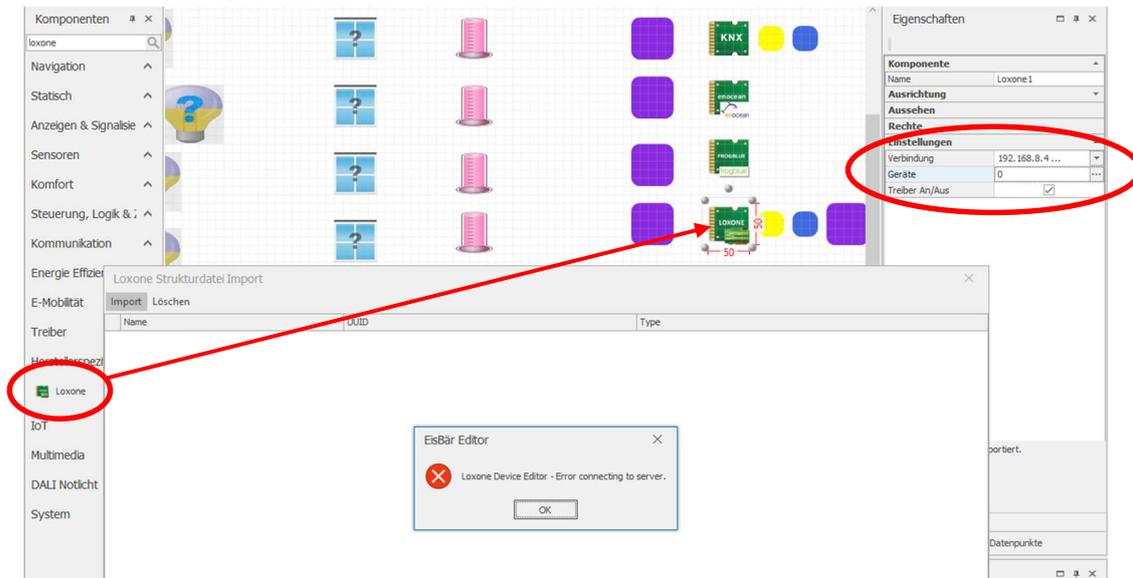


Abbildung 68 Fehlermeldung Loxone / Eisbär

7.4 Einbindung EnOcean

Der Mediolaserver im Schulungskoffer ist nicht in der Lage die vorhandenen Datenpunkte von EnOcean an den Eisbär zu übermitteln. Der Server kann die Daten verarbeiten aber nicht weitergeben. Dadurch ist keine Kommunikation mit dem Eisbär möglich. Alternativ gibt es einen weiteren Weg EnOcean Datenpunkte in den Eisbär zu integrieren. Über ein EnOcean-KNX-Gateway der Firma Weinzierl können die EnOcean Funkkomponenten mit der KNX-Anlage verbunden werden. Somit ist eine Teilintegration möglich.

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
KNX ENO Gateway 610 	KNX ENO Gateway 610	Gateway zwischen KNX und EnOcean 32 Kanäle	4.0 0,03 W	300,00 €

Tabelle 19 Zusatzgateway KNX / EnOcean

Mit dem in Tabelle 19 beschriebenen Gateway wurde über den Umweg EnOcean → KNX → Eisbär eine Anbindung realisiert. Allerdings lassen sich hier nur die Funkkomponenten und nicht die Reiheneinbaugeräte integrieren.

7.5 Einbindung ZigBee

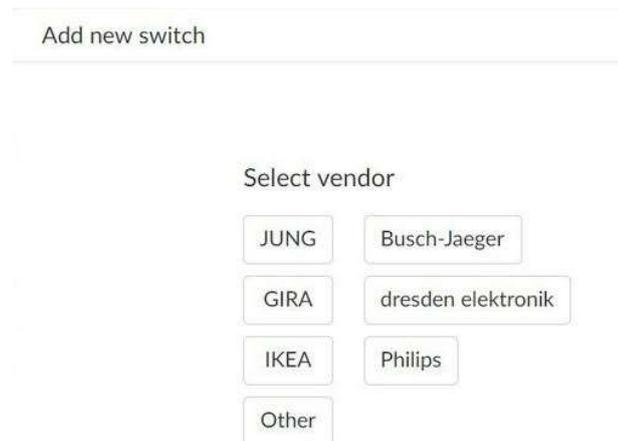


Abbildung 69 Möglichkeiten des Phoscon Gateway's

Der Eisbär Server unterstützt bislang nur das Phoscon Gateway der Firma Dresden Elektronik. Der Versuch das System über eine solche Schnittstelle einzubinden ist leider fehlgeschlagen.

Bauteil	Artikelnummer	Beschreibung	Versionsstand Energieverbrauch	Kosten
Phoscon Gateway 	BN-600101	Intelligente Steuerzentrale für Zigbee-Funk Beleuchtungssteuerungen	2.04.02 10 W	179,95 €

Tabelle 20 Zusatzgateway Zigbee

Das Produkt der Firma Legrand interagiert nicht mit der Schnittstelle von Dresdner Elektronik. Wie in der Abbildung 69 zu erkennen ist, lassen sich nur bestimmte Hersteller mit diesem Tool in den Eisbär integrieren. Die verbaute Schnittstelle von Legrand ist leider nicht über das Phoscon Gateway mit dem Eisbär kompatibel. Das verbaute Bauteil von Legrand kann die Daten nur an die eigene Cloud senden und kann somit auch nicht mit dem Eisbär interagieren.

7.6 Einbindung BLE

Analog der vorherigen Beschreibungen ist auch hier das Standardvorgehen den Treiber mittels „drag“ and „drop“ auf die Hauptseite der Eisbär Software zu ziehen. Um eine Verbindung zu dem SuK herstellen zu können ist es zwingend erforderlich die Herstellersoftware frogblueProject sowohl auf dem Rechner als auch auf dem Eisbär Server zu installieren. Hierdurch wird sichergestellt, dass alle nötigen Treiber auf dem Server vorhanden sind. Eine Projektdatei aus der frogblueProject Software wird eingespielt, um die einzelnen Datenpunkte im Eisbär verwenden zu können. Analog der KNX Vorgehensweise können theoretisch die einzelnen Datenpunkte nun Schaltflächen oder Reglern zugewiesen werden. Leider wurde im praktischen Test mit dem Koffer ein solches Vorgehen nicht unterstützt. Bei der Inbetriebnahme konnte keine Verbindung zwischen dem dem Frogblue link (USB) und dem Eisbärserver hergestellt werden.

Aus anderen Projekten ist bereits bekannt das eine solche Verbindung dauerhaft interagiert. Eine Aktualisierung des Treibers durch die Firma Alexander Meier GmbH ist in Arbeit und wird zeitnah gelöst.

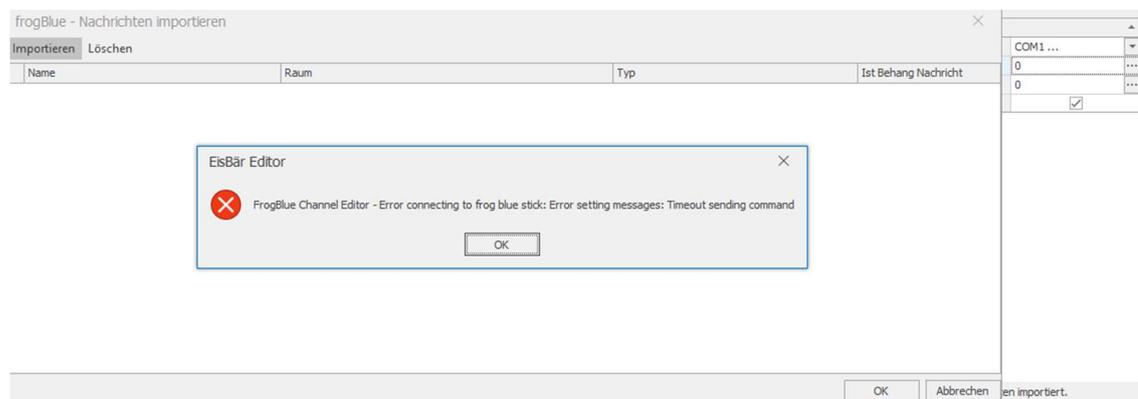


Abbildung 70 Fehlermeldung Frogblue / Eisbär

7.7 Einbindung Wifi

Um die einzelnen Komponenten von Shelly an den Eisbär anzubinden müssen zuerst feste IP-Adressen an die einzelnen Geräte vergeben werden. In den Komponenten ist die MQTT Funktion zu aktivieren.

Diese MQTT-Funktion sendet Telemetriedaten in Form von kurzen Nachrichten als offenes Netzwerkprotokoll von Gerät zu Gerät. Dies funktioniert im Einzelnen wie folgt: Der Sensor sendet sein Kurzprotokoll zum Broker. Dieser verwaltet die Daten und gibt

diese auf Anforderung an die Endgeräte weiter. Wie in der Abbildung zu sehen, wird die Information „Wohnzimmer/24 °C“ vom Sensor im Klartext übermittelt.

In meiner Diplomarbeit ist die Visualisierungssoftware Eisbär Broker und Client in einem.

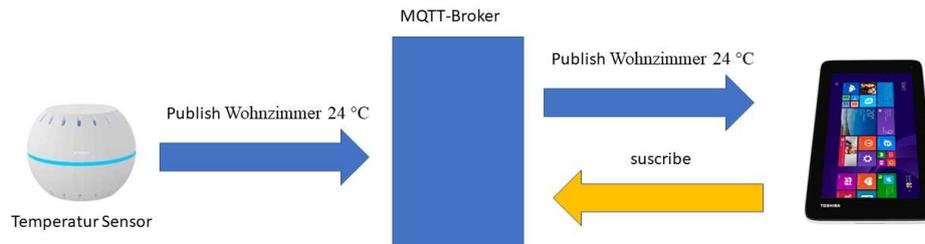
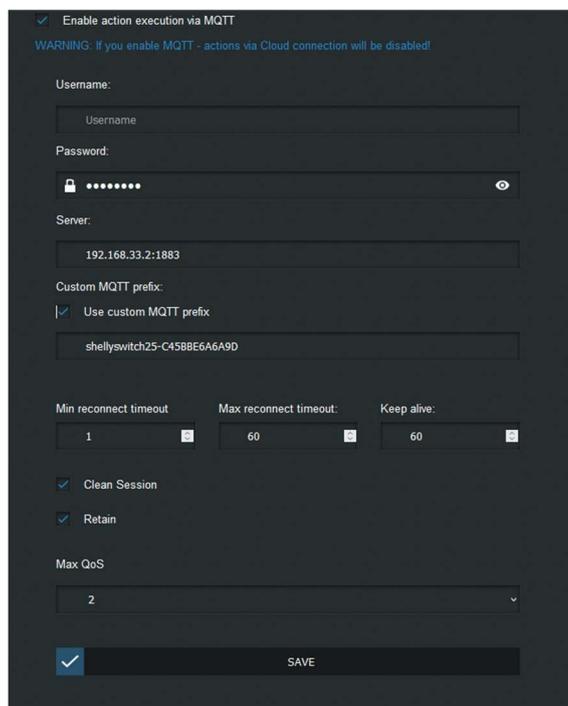
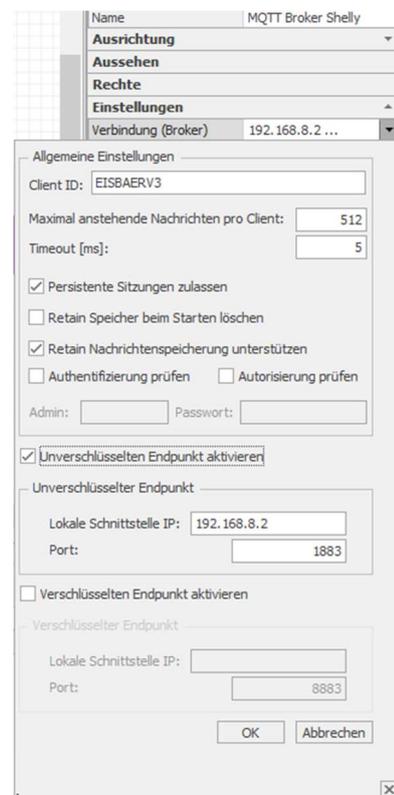


Abbildung 71 Funktionsprinzip MQTT

Anschließend wird auf dem Eisbärserver der Broker eingerichtet. Siehe hierzu folgende Abbildungen 72 und 73: In dieser Abbildung sind links die Einstellungen für MQTT eines Shelly's zu sehen und rechts im Eisbär. Abschließend müssen händisch noch die einzelnen Kanäle (Schalten/Temperatur/usw.) angelegt werden.



**Abbildung 73
MQTT Einstellungen am Gerät**



**Abbildung 72 MQTT
Einstellungen im Eisbär**

8 Zusammenfassung

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit einer Zusammenfassung der einzelnen Aspekte meiner Diplomarbeit. Besonderes Augenmerk liegt hier auf dem Vergleich der Systeme untereinander in den Bereichen Preis, Funktion und Bedienbarkeit auch im Hinblick auf die Ausbildung des neuen Berufes des Gebäudesystemintegrators. Darüber hinaus liegt ein weiteres Augenmerk auf dem technischen Support der einzelnen Systeme.

8.1 Preisvergleich:

In der folgenden Tabelle ist eine Zusammenfassung der Kosten der einzelnen Komponenten im Schulungskoffer:

Systemname	Kosten für Koffer
DUO Fern	837,75 €
KNX RF	2.357,95 €
Loxone AIR	1.045,07 €
EnOcean	1.296,52 €
ZigBee	495,04 €
BLE	1.032,92 €
WiFi	123,27 €
Systemkoffer	ca. 1.200,00 €

Tabelle 21 Kostenübersicht der Schulungskoffer

Für die Preisbewertung wurde in dieser Diplomarbeit nicht ausschließlich der Einzelpreis der Komponenten, sondern auch die Zeit für Planung, Programmierung und Inbetriebnahme, sowie auch die Fehlerbetrachtung mit einbezogen.

Duo Fern ist mit das kostengünstigste System, allerdings ist es proprietär. Damit ist der günstige Preis nur für kleine nicht ausbaufähige Objekte kostengünstig. KNX RF ist das scheinbar teuerste System. Durch den Einsatz einer weltweit gleichen Software mit verschiedenen Diagnosetools und einer hohen Interoperabilität ist es besonders für größere Zweckbauten ideal und kostengünstig.

Loxone Air, EnOcean, ZigBee und BLE bilden eine solide Mitte mit einem guten Preis-/Leistungsverhältnis.

Das mit Abstand günstigste System von Wifi ist eher für den versierten Heimwerker geeignet und nicht im Profibereich angesiedelt.

8.2 Vergleich der verschiedenen Funktionen und deren Möglichkeiten

Duo Fern, EnOcean, ZigBee, BLE und Wifi bilden die kompletten Standardfunktionen von Wohngebäuden ab. Diese lassen sich relativ leicht parametrieren und in Betrieb setzen. Komplexe Funktionen wie Logikmodule, Auswerteeinheiten für z. B. Ladesäulen, sind standardmäßig nicht vorhanden.

Bei Loxone kommt hinzu, dass solche logischen Funktionen (Basis, codesys) bereits im Server integriert sind. Somit ist hier eine klare Steigerung zu den bereits genannten Systemen vorhanden.

Für große und komplexe Anlagen, wie beispielsweise ein Krankenhaus, ist eine Steuerung über KNX empfehlenswert. Dieses System unterstützt eine große Anzahl von Teilnehmern (über 50.000) und verfügt über eine Vielzahl von Gateways wie EnOcean und MOD-Bus. Durch die Vielzahl der Hersteller, welche der KNX Association angeschlossen sind, gibt es eine ganze Reihe von Nischenlösungen wie z. B. ein Pyranometer, welches das System weltweit auf Platz 1 setzt.

8.3 Bedienbarkeit der Parametriermöglichkeit

Systeme wie Duo Fern, EnOcean und ZigBee werden über eine App programmiert, welche mehr oder minder intuitiv bedient werden kann. Ein ausgeprägtes Fachwissen ist für diese Produkte nicht notwendig.

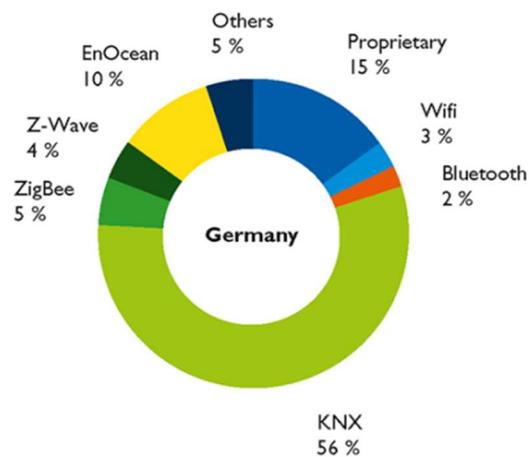
Wifi, BLE und Loxone brauchen hier schon tiefere Fachkenntnisse von Netzwerkstrukturen. Ohne dieses Wissen ist eine Inbetriebnahme nicht möglich.

Für die Programmierung einer KNX RF Anlage ist ein umfangreiches Wissen Voraussetzung, welches sich autodidaktisch nur sehr schwer aneignen lässt. Ab einer gewissen Komplexität der Anlage ist der Systemintegrator unabdingbar.

8.4 Eignung der Systeme für die Ausbildung des Elektrikers für Gebäudesystemintegration.

Bei der Ausbildung sind die Marktanteile der verschiedenen Systeme ein wichtiger Aspekt. Hier ist der Marktführer KNX RF, gefolgt von EnOcean, ZigBee und Z-Wave.

Smart Home / Gewerblicher Zweckbau
Weltweite Marktstudie



© BSRIA Limited, UK

Abbildung 74 Verteilung der Marktanteile von Smart Home in Deutschland

Die Abbildung 74 zeigt die Verteilung der Marktanteile von „Smart-Home“-Anlagen in Deutschland. Der Marktführer im Zweckbau ist eindeutig der KNX mit über der Hälfte aller Anlagen. Aus meiner Erfahrung spiegelt sich diese Verteilung in ähnlicher Weise im Wohnungsbau wieder. (KNX ist das führende Smart Home System im europäischen und chinesischen Markt 2022)

Prinzipiell steht in einer dualen Ausbildung in Deutschland auch immer der Systemgedanke im Vordergrund und ist der Regel eine Grundlagenausbildung.

Dies heißt konkret, Standards vor proprietären Systemen. Somit ergibt sich folgende Reihenfolge:

- KNX RF
- EnOcean
- ZigBee.

Loxone hat eine Sonderstellung, da hier der Grundgedanke eine „Speicherprogrammierbare Steuerung“ (SPS) ist, mit welcher Smart Home realisiert wird.

Ein pädagogischer Grundsatz in der Ausbildung ist das Erfolgserlebnis. Das Ziel einer Parametrierung ist, am Ende ein verwertbares Ergebnis zu erreichen. Diagnosetools und Checklisten für Trouble Shootings sind in der Ausbildung ein unverzichtbares Werkzeug. Mit diesen können kleine Parametrierungsfehler in der Anlage einfach selektiert, erkannt und behoben werden.

8.5 Technischer Support

Auch hier ist der Marktführer KNX, da zum einen Tickets bei der KNX selbst gestellt werden können, welche direkt von Ihren Sub Software Häusern unterstützt werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit mit den Helplines der Hersteller der Produkte Kontakt aufzunehmen.

Bei den anderen Systemen besteht einzig der Support über den Kontakt der Firmen und deren Vertriebsmannschaft.

8.6 Übersicht der Systeme

In der nachfolgenden Tabelle 22 wird ein Gesamtüberblick über alle betrachteten Systeme gegeben. Hierbei wurden die Informationen aus den einzelnen Kapiteln zusammengefasst und gegenübergestellt.

	Duo Fern	KNX RF	Free@home	Loxone Air	Enocean	Homatic	Zigbee	BLE	Wifi	Z-Wave
Programmierenwerkzeug	App / Weboberfläche im Homepilot / Pushbutton	ETS Vers. 5/6	App / Weboberfläche	Loxone Config	PCT14 (Hersteller spezifisch) / Pushbutton	App / Weboberfläche	App (Hersteller spezifisch) / Pushbutton	Software FrogblueProject	App / Weboberfläche	App / Weboberfläche
Anzahl der Teilnehmer	100	ca. 57000	abhängig vom System zwischen 128 und 150	125 je Extension	100	120	100 pro Gateway	55800 (62 Bereiche mit 30 Räume mit 30 Frogs)	255	232
Reichweite	Ca. 30m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)	ca. 30 m im Gebäude (abhängig von Bausubstanz)
Mesh-fähig	ja	nein	ja	ja	nein	Ja / Advance Routing bei speziellen Geräten	ja	ja	nein	ja
Sendeleistung	10 mW	4 mW	10 mW	15,1 mW	0,5 mW	10 mW	10 mW	2,5 mW	1 mW	3,2 mW
Frequenzband	434,5 MHz	868,3 MHz	2,4 GHz	868 MHz	868 MHz	868 MHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	868 MHz
Sicherheit / Verschlüsselung	Ja / AES 128 Rolling Code	ja / KNX secure	ja / ASE-128	ja / IP Sec	üblicherweise nein / über spezielle Wippe rollierende Codes möglich	ja / AES-128 + CCM	ja / ASE-128	ja / ASE-128	ja / WPA 2	ja / AES 128
Stromversorgung	230 V / Batterie CR2450	<10 mA	230 V / Batterie CR 2	230 V / Batterie AAA / 24 V	230 V / Batterie / Piezo	Batterie AAA	230 V / Batterie CR2024	230 V / Batterie	230 V / 24 V DC	230 V / 24 V DC
Standardisiertes Protokoll	nein	ja / KNX DPT	nein	nein	ja / EnOcean Standard (EEP)	Ja, nur API der Geräte	nein	ja / Bluetooth 4.2	ja / Wifi Protokoll 802.11	ja
Tool für Fehlersuche	nein	ja / Busmonitor ETS	nein	ja / Loxone Config	ja / DolphinView	nein	nein	ja / frogblueProject	ja Wiresark / CMD	Zenzys Z-Wave Tool
Schalten (Ein/Aus)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Dimmen (Rampe)	ja / Lasterkennung	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja
Wert setzen (Licht)	nein über Szene	ja	nein Szene	ja	nein Szene	ja	nein	ja	ja	ja
Jalousie (Auf/Ab/Stopp)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Wert setzen (Jalousie)	nein über Szene	ja	nein Szene	ja	nein Szene	ja	nein	ja	ja	ja
Heizung (Ein/Aus)	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Heizung PWM	nicht möglich	ja	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja
Heizung stetig	ja	ja	ja	ja	nein	ja	nein	ja	ja	ja
Cloudanbindung notwendig	nein	nein	nein	nein	nein	ja	ja	nein	ja	nein

Tabelle 22 Gegenüberstellung der Systeme

9 Ausblick

Mein persönlicher Eindruck war im Abschluss sehr ernüchternd, da man feststellen muss, dass bei vielen Systemen Kleinigkeiten nicht ausgereift sind und daher zu Kompatibilitätsproblemen führen. Es ist wesentlich mehr Fachwissen notwendig als in der Ausbildung vermittelt werden kann. In dieser Diplomarbeit wurden ausschließlich Funksysteme bewertet. In der Gesamtfeldbetrachtung ist dies nur ein kleines Segment der kompletten Ausbildung. Hier sind weitere Bereiche wie drahtgebundene Lösungen, Speichersysteme, E-Mobilität, Sektorkopplung und Smartgrid Thema. Um eine erfolgreiche Anbindung zu gewährleisten sind zusätzlich fundierte Kenntnisse im Bereich Heizung, Klima, Lüftung und Verschattungstechnik notwendig. Ein weiteres wichtiges Gebiet ist die IT-Infrastruktur / Sicherheit.

Energieoptimierte Gebäude sind nur mit einer intelligenten Steuerung und hohem Automatisierungsgrad möglich. Der Beruf des Elektroniklers für Gebäudesystemintegration soll diese Aufgabe in Zukunft übernehmen.

In Deutschland werden wohl zukünftig nur noch Niedrigenergiehäuser mit generell mehreren Parteien gebaut. Auch im Zweckbau und im altersgerechten Wohnen wird diese Bauweise Einzug halten.

Somit müssen die Energieflüsse gemessen, visualisiert und an Dritte bereitgestellt werden. Dies ist notwendig, um in Zukunft die verbrauchte Energie zu erfassen und das Einsparpotential zu erhöhen.

10 Summary

This diploma thesis generally deals with a comparison of different wireless smart home systems. In addition, this work should also serve as a basis for the new apprenticeship, the electronics technician for building system integration in Germany.

After the basics are explained in the first chapter, the most common smart home solutions in Germany follow. These systems are DuoFern, KNX-RF, Free@home, Loxone Air, EnOcean, Homatic, ZigBee, Bluetooth, WIFI and Z-Wave.

A sample case was then built for a selection of different standards, which was previously designed by myself. The more detailed description of this and the individual standards are explained in more detail in Chapter 6.

In order to network the individual standards in a higher-level system, the connection to the „Eisbär“ (visualization software) is then listed in detail.

At the end of this thesis there is a summary and comparison of the various radio standards. Also an outlook on the training of electronics technicians for building system integration and the future in the field of smart home automation.

Literaturverzeichnis

© EnOcean Alliance: EnOcean Equipment Profiles EEP. Online verfügbar unter https://www.enocean-alliance.org/wp-content/uploads/2017/05/EnOcean_Equipment_Profiles_EEP_v2.6.7_public.pdf, zuletzt geprüft am 02.07.2022.

AAL Active Assisted Living im Smart Home: Komfort und Lebensqualität. GGT Deutsche Gesellschaft für Gerontotechnik mbh (2022). Online verfügbar unter <https://docplayer.org/62622544-Aal-active-assisted-living-im-smart-home-komfort-und-lebensqualitaet-ggt-deutsche-gesellschaft-fuer-gerontotechnik-mbh.html>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

Admin (2022): Works with mediola - mediola - connected living AG. Online verfügbar unter <https://www.mediola.com/works-with-mediola>, zuletzt aktualisiert am 21.06.2022, zuletzt geprüft am 02.07.2022.

Almesberger, Sabine: Datasheet_MiniserverGo_100336. Online verfügbar unter https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_MiniserverGo_100336.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Almesberger, Sabine: Datasheet_Nano-Dimmer-Air_100212. Online verfügbar unter https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_Nano-Dimmer-Air_100212.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Almesberger, Sabine: Datasheet_NanoIOAir_100153. Online verfügbar unter https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_NanoIOAir_100153.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Almesberger, Sabine: Datasheet_Stellantrieb_Air. Online verfügbar unter https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets//Datasheet_Stellantrieb_Air.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Almesberger, Sabine: Datasheet_TouchPureAir_reduced. Online verfügbar unter https://www.loxone.com/wp-content/uploads/datasheets/Datasheet_TouchPureAir_reduced.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

arentzen, maris: Microsoft Word - 2CKA000001A1632_BJE_BA-DinA4_DE_2020-08-05.docx. Online verfügbar unter https://www.busch-jaeger.de/media/download/Broschueren/de/bje/Systemhandbuch_Busch-free%40home_R___Busch-free%40home_R_manual__1_.pdf, zuletzt geprüft am 12.06.2022.

ATMO MIKROMODUL EIN/AUS 300W (2022). Online verfügbar unter <https://ekatalog.legrand.at/produkt/064888>, zuletzt aktualisiert am 22.05.2022, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

Bedienungsanleitung 5615 DE. Online verfügbar unter <https://medium.rademacher.de/static/e8/d8/0c/15ac356c9f36b54a83684b654829366935/Bedienungsanleitung%205615%20DE.pdf>, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Bedienungsanleitung 9470-1 DE. Online verfügbar unter <https://medium.rademacher.de/static/99/21/db/a02a26f0bbffc5726af042ab35b9cf0714/Bedienungsanleitung%209470-1%20DE.pdf>, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Bedienungsanleitung 9494-1 DE. Online verfügbar unter <https://medium.rademacher.de/static/0a/c5/b0/660714943a8db0e2d30b94ddd739b68be2/Bedienungsanleitung%209494-1%20DE%20.pdf>, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Bedienungsanleitung DuoFern Heizkörperstellantrieb 2 9433-1 DE. Online verfügbar unter <https://medium.rademacher.de/static/f3/1f/f5/6110e25464d83d2fa8b3a88af605855f1b/Bedienungsanleitung%20DuoFern%20Heizk%C3%B6rperstellantrieb%202%209433-1%20DE.pdf>, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

Bedienungsanleitung DuoFern Raumthermostat 9485-1 DE. Online verfügbar unter <https://medium.rademacher.de/static/a5/f0/c3/d45bf4bdfd4bc5d9f6619167c473fa47a2/Bedienungsanleitung%20DuoFern%20Raumthermostat%209485-1%20DE.pdf>, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

bedienungsanleitung-2338453-34200819-rademacher-homepilot-smart-home-zentrale-rademacher-duofern-funk-zentrale. Online verfügbar unter <https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/gl/002338453ML00/bedienungsanleitung-2338453-34200819-rademacher-homepilot-smart-home-zentrale-rademacher-duofern-funk-zentrale.pdf>, zuletzt geprüft am 16.06.2022.

CSA (2022): Matter | Smart Home Device Solution. Online verfügbar unter <https://csaiot.org/all-solutions/matter/>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

datenblatt_v6-mini-e. Online verfügbar unter https://shop.mediola.com/media/pdf/9c/7b/00/datenblatt_v6-mini-e.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

DEDE Loxone (2022): Eigenheim. Online verfügbar unter <https://www.loxone.com/dede/smart-home/eigenheim/>, zuletzt aktualisiert am 13.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

DIN 18015-2 - 2021-10 - Beuth.de (2022). Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-18015-2/342893816>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2022, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

DIN 18015-4 - 2022-08 - Beuth.de (2022). Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/norm/din-18015-4/355589734>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2022, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

DIN EN 50090-9-1 VDE 0829-9-1:2004-11 - Normen - VDE VERLAG (2022). Online verfügbar unter <https://www.vde-verlag.de/normen/0829014/din-en-50090-9-1-vde-0829-9-1-2004-11.html>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2022, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

DIN V 18599-11 - 2018-09 - Beuth.de (2022). Online verfügbar unter <https://www.beuth.de/de/vornorm/din-v-18599-11/293729237>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2022, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

DuoFern-Funksystem | RADEMACHER (2022). Online verfügbar unter <https://www.rademacher.de/smart-home/wissen/duofern>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

EisBär SCADA Schnellübersicht (2022). Online verfügbar unter <https://www.busbaer.de/de/eisbaer/schnelluebersicht>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration (2022a). Online verfügbar unter <https://www.e-zubis.de/ausbildungsberufe-ausbildung-zum-elektroniker/elektroniker/-in-fuer-gebaeudesystemintegration>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

Elektroniker/-in für Gebäudesystemintegration (2022b). Online verfügbar unter <https://www.e-zubis.de/ausbildungsberufe-ausbildung-zum-elektroniker/elektroniker/-in-fuer-gebaeudesystemintegration>, zuletzt aktualisiert am 16.06.2022, zuletzt geprüft am 16.06.2022.

EnOcean (2022): EnOcean – Self-powered IoT Solutions. Online verfügbar unter <https://www.enocean.com/de/>, zuletzt aktualisiert am 20.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

FAM-USB 30000385-2 dt. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/_bedienung/FAM-USB_30000385-2_dtsch.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

frogblue Smart Home Systems (2021): Smart Home & Building Technologie | frogblue. Online verfügbar unter <https://www.frogblue.com/de/>, zuletzt aktualisiert am 17.12.2021, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

frogblue_Data_DE_R2-2-1200.01. Online verfügbar unter https://www.frogblue.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2021/02/frogblue_Data_DE_R2-2-1200.01.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

frogblue_Datenblatt_frogLink_DE-1. Online verfügbar unter https://www.frogblue.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2021/02/frogblue_Datenblatt_frogLink_DE-1.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

FTE210_FTE215_FTE215BLE_30999004-1 dt. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/_bedienung/FTE210_FTE215_FTE215BLE_30999004-1_dtsch.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

Hauner, Peter: MECrf. Online verfügbar unter https://www.apricum.com/fileadmin/user_upload/downloads/MECrf/Apricum_BMA_MECrf_R1-6.pdf, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

hochhauser, anna: frogblue_Data_DE_CU-Dis-A.01 Kopie. Online verfügbar unter https://www.frogblue.com/wp-content/uploads/2021/10/frogDisplay02_102021.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

hochhauser, anna: frogBoxHeat.pages. Online verfügbar unter https://www.frogblue.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2021/05/frogBoxHeat_03_2021-1.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

hochhauser, anna: frogDim1-1_10/2021. Online verfügbar unter https://www.frogblue.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2021/10/frogDim1-1_102021.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

hochhauser, anna: frogRoomSense_04/2021.pages. Online verfügbar unter https://www.frogblue.com/wp-content/uploads/dlm_uploads/2021/05/frogRoomSense_04_2021.pdf, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

homematic-ip-anwenderhandbuch. Online verfügbar unter <https://homematic-ip.com/sites/default/files/downloads/homematic-ip-anwenderhandbuch.pdf>, zuletzt geprüft am 12.06.2022.

Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU) (2022): Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Sanierungsrate. Online verfügbar unter <https://www.iwu.de/forschung/gebaeudebestand/sanierungsrate/>, zuletzt aktualisiert am 05.05.2022, zuletzt geprüft am 05.05.2022.

KNX ist das führende Smart Home System im europäischen und chinesischen Markt (2022). Online verfügbar unter <https://www.inpactmedia.com/lifestyle/das-intelligente-haus/knx-ist-das-fuehrende-smart-home-system-im-europaeischen-und>, zuletzt aktualisiert am 03.07.2022, zuletzt geprüft am 03.07.2022.

KNX Produkte und Zubehör - ZF Schalter & Sensoren Deutschland (2022). Online verfügbar unter <https://switches-sensors.zf.com/de/produkt/energieautarkes-tastmodul/>, zuletzt aktualisiert am 27.05.2022, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

MDT_DB_RF_Glastaster. Online verfügbar unter https://www.mdt.de/fileadmin/user_upload/user_upload/MDT_DB_Datenblaetter/MDT_DB_RF_Glastaster.pdf, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

Mehr Komfort durch Smart-Home-Lösungen (2022). Online verfügbar unter <https://www.verivox.de/smarthome/themen/komfort/>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

Michael: Datenblatt_FAM14.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_FAM14.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

morhardt, michael: Datenblatt_EUD61NPN-230V.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_EUD61NPN-230V.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

morhardt, michael: Datenblatt_FUD14.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_FUD14.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

ohmenhaeuser, anja: Datenblatt_FHK14.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_FHK14.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

ohmenhaeuser, anja: Datenblatt_FSB14.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_FSB14.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

ohmenhaeuser, anja: Datenblatt_FSR14-2x.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_FSR14-2x.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

ohmenhaeuser, anja: Datenblatt_FUTH55D-230V-.indd. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/datenblatt/Datenblatt_FUTH55D-230V-.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

PATZ, CHRISTIAN (2017): Z-WAVE. 3. stark überarbeitete Auflage. [Place of publication not identified]: Books ON DEMAND.

Probare 10 30000370-1 dt. Online verfügbar unter https://www.eltako.com/fileadmin/downloads/de/_bedienung/P10_30000370-1_dt.pdf, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

purpix, Werbeagentur (2022): KNX IP Interface 731 - Weinzierl Engineering GmbH. Online verfügbar unter <https://weinzierl.de/de/produkte/knx-ip-interface-731/>, zuletzt aktualisiert am 26.04.2022, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

Shelly 1PM (2022). Online verfügbar unter <https://shop.shelly.cloud/shelly-1pm-wifi-smart-home-automation-1#51>, zuletzt aktualisiert am 26.05.2022, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

Shelly Cloud (2022): Home - Shelly Cloud. Online verfügbar unter <https://shelly.cloud/>, zuletzt aktualisiert am 18.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

Shelly Dimmer2 (2022). Online verfügbar unter <https://shop.shelly.cloud/shelly-dimmer-2-wifi-smart-home-automation#136>, zuletzt aktualisiert am 26.05.2022, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

Shelly H&T (2022). Online verfügbar unter <https://shop.shelly.cloud/shelly-h-t-wifi-smart-home-automation-1?search=H%26T&description=true#61>, zuletzt aktualisiert am 26.05.2022, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

Shelly Plus 2PM (2022). Online verfügbar unter <https://shop.shelly.cloud/shelly-plus-2pm-wifi-smart-home-automation?search=2.5&description=true>, zuletzt aktualisiert am 26.05.2022, zuletzt geprüft am 26.05.2022.

Smarter Thermostat UP Black (2022). Online verfügbar unter <https://ekatalog.legrand.at/produkt/XG8002>, zuletzt aktualisiert am 22.05.2022, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

SmartLinks (2022): SV/S 30.640.3.1 | ABB. Online verfügbar unter <https://new.abb.com/products/de/2CDG110167R0011/sv-s-30-640-3-1>, zuletzt aktualisiert am 27.05.2022, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

Stark, Harold (2017): The Ultimate Guide To Building Your Own Smart Home In 2017. In: *Forbes*, 22.05.2017. Online verfügbar unter <https://www.forbes.com/sites/haroldstark/2017/05/22/the-ultimate-guide-to-building-your-own-smart-home-in-2017/#37992e4c3afb>, zuletzt geprüft am 08.06.2022.

Strutzke: (Microsoft Word - Elektroniker für Gebäudesystemintegration.docx). Online verfügbar unter https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Elektroniker_Gebaeudesystemintegration-20-12-18-mEL.pdf, zuletzt geprüft am 17.06.2022.

Theben AG (2022a): DU 1 RF KNX. Online verfügbar unter <https://www.theben.de/de/du-1-rf-knx-4941670#navbar-techdata>, zuletzt aktualisiert am 27.05.2022, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

Theben AG (2022b): HU 1 RF KNX. Online verfügbar unter <https://www.theben.de/de/hu-1-rf-knx-4941640>, zuletzt aktualisiert am 27.05.2022, zuletzt geprüft am 27.05.2022.

Unterweisungspläne (2022). Online verfügbar unter <https://hpi-hannover.de/gewerbefoerderung/unterweisungsplaene.php>, zuletzt aktualisiert am 01.07.2022, zuletzt geprüft am 01.07.2022.

VBD_662-1-1-(2017.08)-DF-Mehrfachwandtaster-9494-2-DE_Freigabe.indd. Online verfügbar unter <https://medium.rademacher.de/static/a3/ed/96/521ee53385bd24ec46a16bb3a458f27134/Bedienungsanleitung%209494-2%20DE.pdf>, zuletzt geprüft am 21.05.2022.

VLIFE ATMO GATEWAY-KIT UW (2022). Online verfügbar unter <https://ekatalog.legrand.at/produkt/752196>, zuletzt aktualisiert am 22.05.2022, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

VLIFE ATMO ROLLADENAKTOR UW (2022). Online verfügbar unter <https://ekatalog.legrand.at/produkt/752190>, zuletzt aktualisiert am 22.05.2022, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

VLIFE ATMO SCHALTER/DIMMER UW (2022). Online verfügbar unter <https://ekatalog.legrand.at/produkt/752184>, zuletzt aktualisiert am 22.05.2022, zuletzt geprüft am 22.05.2022.

Völkel, Frank (2011): Smart Home mit KNX. Selbst planen und installieren ; [Schritt-für-Schritt-Anleitung vom Rohbau zum Smart Home ; Sparen Sie Kosten durch Eigenleistung und klugen Komponenteneinkauf ; Programmieren Sie Komfort- und Energiefunktionen per ETS-Software]. [Nachdr.]. Poing: Franzis (Franzis Energietechnik).

Vorteile KNX Association [Official website] (2022). Online verfügbar unter <https://www.knx.org/knx-de/fuer-dein-heim/vorteile/>, zuletzt aktualisiert am 29.01.2022, zuletzt geprüft am 29.01.2022.

Z-Wave Alliance (2020): About Z-Wave Technology - Z-Wave Alliance. Online verfügbar unter https://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/, zuletzt aktualisiert am 04.12.2020, zuletzt geprüft am 08.06.2022.

Anlage II

Datenpunkttypen KNX

Funktion	EIS Typen	DPT (Datenpunkttyp)	Typische Funktion	Typische Werte	Daten	Bezeichner
Switch	EIS 1	DPT 1.yyy	Schalten	[0] = Aus UNWAHR / [1] = Ein WAHR	1 Bit	1-bit
Relative dimming	EIS 2	DPT 3.yyy	Relatives Dimmen	„Stufen Dimmen“: [[0],[2...7]] Dunkler [2, 4, 8, 16, 32, 64] -Stufen und [[1],[2...7]] Heller [2, 4, 8, 16, 32, 64]-Stufen / „Start/Stop Dimmen“: [0,8] Stopp; [1] Dunkler und [9] Heller	4 Bit	4-bit
Time	EIS 3	DPT 10.yyy	Uhrzeit	hh:mm:ss	3 Byte	Time
Date	EIS 4	DPT 11.yyy	Datum	dd:mm:yyyy	3 Byte	Date
Float value short	EIS 5	DPT 9.yyy	Gleitkommazahl (kurz)	-671 088,64 ... 670 433,28	2 Byte	2-byte float value
Relative value	EIS 6	DPT 5.yyy	Prozent, Position, Helligkeit, ...	0 ... 100%	1 Byte	8-bit unsigned value
Drive control	EIS 7	DPT 1.yyy	Jalousie fahren / verstellen	[0] = hoch; [1] = herunter / Bei Fahrt [0,1] = stoppen	1 Bit	1-bit
Priority control	EIS 8	DPT 2.yyy	Priorität	[0], [1] Schalten ein/aus / [3] = zwangsweise aus / [4] = zwangsweise ein	2 Bit	1-bit controlled
Float value long	EIS 9	DPT 14.yyy	IEEE; Gleitkommazahl (lang)	4-Octet float value; IEEE 754	32 Bit	4-byte float value
Counter 16bit	EIS 10u	DPT 7.yyy	Zähler 16 Bit ohne Vorzeichen	0 ... 65.535	16 Bit	2-byte unsigned value
Counter 16bit	EIS 10	DPT 8.yyy	Zähler 16 Bit mit Vorzeichen	-32.768 ... 32.767	16 Bit	2-byte signed value
Counter 32bit	EIS 11u	DPT 12.yyy	Zähler 32 Bit ohne Vorzeichen	0 ... 4.294.967.295	32 Bit	4-byte unsigned value
Counter 32bit	EIS 11	DPT 13.yyy	Zähler 32 Bit mit Vorzeichen	-2.147.483.648 ... 2.147.483.647	32 Bit	4-byte signed value
Access data	EIS 12	DPT 15.yyy	Zutrittskontrollen	Zutrittsdaten	4 Byte	Entrance access
Character set	EIS 13	DPT 4.yyy	ASCII Zeichen	Char (Buchstabe)	1 Byte	Character
Counter 8bit	EIS 14u	DPT 5.yyy	Zähler 8 Bit ohne Vorzeichen	0 ... 255	8 Bit	8-bit unsigned value
Counter 8bit	EIS 14	DPT 6.yyy	Zähler 8 Bit mit Vorzeichen	-128 ... 127	8 Bit	8-bit signed value
String	EIS 15	DPT 16.yyy	Zeichenkette	14 Zeichen	14 Byte	Character string

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Großrinderfeld, den 03.Juli.2022

Andreas Scherg