

BACHELOR THESIS

Möglichkeiten der Gebäudeautomation mit COMEXIO

Am Beispiel eines Objektgebäudes
Simon Tack

2015

Erstprüfer:

Aschendorf, Prof. Dr.
Bernd

Zweitprüfer:

Stahlberg, Dipl.-Ing.
Sandra

FH DORTMUND

Simon Tack
Hinterstraße 16
48653 Coesfeld
02541 9379921
Simon.Tack001@stud.fh-dortmund.de
Matrikelnummer: 7084138

1 Vorwort	5
2 Planung	6
2.1 Erläuterung des Vorhabens.....	6
2.2 Vorstellung des Testobjektes	6
2.3 Vorteile einer Automation mit Comexio	7
3 Empirischer Teil	10
3.1 Comexio – Firma und Bussystem.....	10
3.1.1 Funktionsweise und Aufbau	11
3.1.2 Programmierung des Systems.....	12
3.2 Vorstellung der Funktionen	13
3.2.1 Licht.....	13
3.2.2 Heizung und Kühlung	14
3.2.3 Jalousie	14
3.2.4 Zentrale Funktionen.....	15
3.3 Umsetzung.....	16
3.3.1 Verwendete Komponenten	16
3.3.2 Programmierung	21
3.3.3 Bedienung durch den Nutzer	23
3.4 Resümee des empirischen Teils	25
3.4.1 Zusammenfassung Comexio	25
3.4.2 Daraus resultierende Herausforderungen	26
3.4.3 Lösungskonzept.....	27
4 Alternative Lösungsentwürfe.....	28
4.1 KNX, die Ergänzung zu Comexio	28
4.1.1 Was ist KNX?	28
4.1.2 KNX ohne Comexio	29
4.1.3 Lösungskonzept.....	33
4.1.4 Einbinden von KNX in Comexio	34
4.1.5 Kommunikation zwischen KNX und Comexio	34
4.2 Comexio, die Ergänzung zu KNX	36
4.2.1 Comexio als KNX Teilnehmer	36
4.2.2 Gateways mit Comexio	36
4.2.3 Visualisierung vor Ort.....	37
4.2.4 Integrierte Strommessung.....	38
4.3 Zentrale Administration über IP-Symcon	39
4.3.1 Was ist iP-Symcon.....	39
4.3.2 Was kann IP-Symcon	39
4.3.3 Programmierung und Inbetriebnahme von iP-Symcon	40

4.3.4 Erweitertes Lösungskonzept.....	40
5 Comexio - der Vergleich mit anderen Systemen	42
5.1 Der Vergleich mit dem WAGO flexROOM Office Verteiler	42
5.1.1 Funktionen und Module	42
5.1.2 Kommunikation	45
5.1.3 Kompatibilität und Gateways	46
5.1.4 Gegenüberstellung von Comexio und Wago flexROOM Verteiler	46
5.2 Der Vergleich mit dem EIBPORT Version 3	47
5.2.1 Funktionen und Module	47
5.2.2 Kommunikation	48
5.2.3 Kompatibilität und Gateways	49
5.2.4 Gegenüberstellung von COMEXIO und dem EIBPORT Version 3	50
5.3 Vergleich mit Rutenbeck	51
5.3.1 Funktionen und Module	51
5.3.2 Kommunikation	54
5.3.3 Kompatibilität und Gateways	54
5.3.4 Gegenüberstellung von COMEXIO und Rutenbeck	55
6 Fazit	56
6.1 Planung	56
6.2 Empirischer Teil	56
6.3 Alternative Lösungsentwürfe	57
6.4 COMEXIO im Vergleich mit anderen Systemen	58
Literaturverzeichnis	59
Abbildungsverzeichnis	63
Selbständigkeitserklärung.....	64

1 Vorwort

Ein Objektgebäude zu planen ist ein sehr aufwendiger Prozess, bei dem viele verschiedene Faktoren berücksichtigt werden müssen. Wenn die Planung des entkernten Rohbaus erst einmal auf Papier gebracht wurde, fängt die Arbeit der Planer an, die dem Gebäude zu Komfort, Funktionalität und Sicherheit verhelfen. Hierbei müssen Sachen wie Heizung, Klima, Lüftung, Sanitär, sowie Elektroleitungen und diverse andere elektrische Geräte eingeplant werden. Diese Facharbeit wird sich ausschließlich auf den elektrotechnischen Abschnitt der Gebäudeplanung beschränken und sich auf Funktionen wie Licht, Jalousie, Heizung und diverse andere Funktionen die sich unter Punkt 3.2 Vorstellung der Funktionen nachlesen lassen.

Im Rahmen der Bachelorthesis im Studiengang Elektrotechnik, in der Vertiefung Gebäudesystemtechnik und Energieeffizienz, an der FH Dortmund, wird im Folgenden die Ausstattung eines Objektgebäudes beziehungsweise eines Bürogebäudes mit einem Bussystem geplant. Hierfür wird das Gebäudebussystem Comexio, der gleichnamigen Firma COMEXIO GmbH ausgewählt. Um einen gewissen Eindruck des Bussystems, bezüglich Leistung, Nutzen und Kapazität gewinnen zu können, wird ein zusätzlicher praktischer Teil hinzu kommen. Dieser praktische Teil soll einen Büroraum darstellen, der mit allen typischen Funktionen ausgestattet werden soll. Mehr dazu ist unter Punkt 3 Empirischer Teil zu finden. So lassen sich zudem die benötigten Komponenten für die gewünschten Funktionen ermitteln und gegebenenfalls für mehrere Räume, Etagen oder sogar Gebäude hochrechnen. Nachdem das Gebäudebussystem auf Funktion und Tauglichkeit geprüft wurde, lässt sich nun eine Gebäudestruktur aufbauen, mit der unter anderem die Grenzen des Gebäudebussystems getestet werden können. Zudem soll entschieden werden, ob das Bussystem der Firma COMEXIO GmbH tauglich für den Einsatz in Objektgebäuden ist. Bei auftretenden Schwierigkeiten bezüglich der Planung werden alternative Lösungswege mit Produkten anderer Hersteller dargelegt, sodass das Gebäudebussystem dem Firma COMEXIO GmbH die gewünschten Funktionen erfüllen kann.

Der letzte Teil der Bachelor Thesis zeigt das Bussystem Comexio im Vergleich mit ähnlichen Produkten anderer Hersteller, um eine Vorstellung der Fähigkeiten des Bussystems gewinnen zu können. Ein abschließendes Fazit soll die erlangten Erkenntnisse und Ergebnisse präsentieren sowie das Bussystem Comexio bewerten.

2 Planung

Die Planung ist einer der wichtigsten Punkte, bei der Entstehung eines Gebäudes. Mit Hilfe der Planung lassen sich Fehler vermeiden und Kosten einsparen. Zudem kann zusätzlich eine Kosteneinschätzung vorgenommen werden. Im Folgenden wird ausschließlich die Planung der elektrotechnischen Komponenten für das Objektgebäude erläutert.

2.1 Erläuterung des Vorhabens

Ein Objektgebäude soll mittels des Gebäudebussystems Comexio automatisiert werden. Hierfür soll die Planungsarbeit, eine Hochrechnung für eine Leichtere Kosteneinschätzung und abschließend eine Aufzählung der Vorteile des Bussystems stattfinden. Um das Bussystem im Fazit bewerten zu können, werden zwei Büroräume in der Praxis simuliert und automatisiert. So kann ein genauerer Eindruck über den Umgang mit Comexio gewonnen werden. Die Kommunikation zwischen den einzelnen Räumen und Etagen lässt sich leichter simulieren, indem zwei Büroräume, statt nur einem, automatisiert werden. So lässt sich einerseits das Gebäudebussystem Comexio testen und andererseits die Anzahl der Teilnehmer für einen Raum ermitteln, um so eine angemessene Kostenkalkulation aufstellen zu können. Desweiteren lassen sich mit Hilfe des Testobjektes die Möglichkeiten der Automation, sowie die programmiertechnischen Grenzen und die physikalischen Belastungsgrenzen ermitteln. Diese Testphase wird unter Punkt 2.2 Vorstellung des Testobjektes weiter erläutert.

2.2 Vorstellung des Testobjektes

Um die Funktionalität und die Handhabung des Gebäudebussystems der COMEXIO GmbH genauer untersuchen zu können, wird das Bussystem mit diversen Aktoren und Sensoren bestückt und auf einen Laborträger installiert. Die Visualisierung geschieht über zwei verschiedene Wege: Zum einen wird eine LED-Tafel integriert, die die zwei Büroräume darstellen soll und so sämtliche Aktoren wie Licht, Innen- und Außenjalousien, Heizung, Kühlung und Vorlauf. Zum anderen wird ein sogenanntes Dashboard über das Comexio Interface angelegt. Das Dashboard ist die Benutzeroberfläche von Comexio und kann sowohl zum Visualisieren, als auch zum Schalten und Steuern des Systems benutzt werden, siehe Punkt 3.1.2 Programmierung des Systems. Das Bussystem mit allen einzelnen Komponenten wird auf eine Hutschiene montiert und ebenfalls auf den Laborträger montiert. Über und unter den Modulen wird ein Verdrahtungskanal befestigt, um ein sicheres und sauberes Verdrahten des Bussystems gewährleisten zu können. Desweiteren befindet sich ein Klemmblock auf der Hutschiene, der mit einer 34-poligen Steckverbindung für Flachbandkabel bestückt ist. Über diese Schnittstelle werden die Signale an die LED-Tafel übermittelt, die auch mit einer

34-polige Steckverbindung versehen ist. Unter Anderem werden Sensoren auf den Laborträger montiert und an die Comexio Module angeschlossen. Zu den Sensoren werden vier Doppeltaster und zwei PT100 Thermofühler gezählt. Zudem wird ein WLAN Router der Marke Netgear in das Testobjekt integriert und an den IO-Server über ein Internetkabel angeschlossen. Abschließend wird ein 230 Volt Anschluss mit integriertem Schalter auf dem Laborträger befestigt und an den 230V/24V Transformator angeschlossen, um das Testobjekt mit Spannung zu versorgen.

2.3 Vorteile einer Automation mit Comexio

Bei der Verdrahtung einer einfachen Funktion, beispielsweise einer einfachen Licht Einschalt und Ausschalt Funktion, muss der Sensor, der in diesem Fall den Schalter darstellt mit dem Aktor welcher an hier das Leuchtmittel darstellt, verbunden werden. Zudem muss eine Spannungsversorgung in den Stromkreis integriert werden. Bei einfachen Funktionen ist das Prinzip simpel und bewährt. Steigt nun aber die Anzahl, sowie die Komplexität der Funktionen, so wird eine große Menge an Kabeln benötigt und der Preis für die Verdrahtung würde linear ansteigen.

An diesem Punkt setzt das Bussystem an, um Kosten zu sparen. Alle Teilnehmer, sprich alle Aktoren und Sensoren werden an das Bussystem angeschlossen und werden dort miteinander verknüpft. Mit dieser Methode können leichter komplexe Verdrahtungen umgesetzt werden, da nun die Funktionen softwaretechnisch bestimmt werden können und nicht mehr auf dementsprechende Hardwarekomponenten angewiesen sind. So steigen die Kosten für eine elektrotechnische Ausstattung eines Objektes mittels eines Bussystems ab einer gewissen Komplexität nicht mehr so schnell an, wie mit einer konventionellen Verkabelung, wie in folgender Abbildung 1 gut veranschaulicht wird. Sie zeigt, wie die konventionelle Installation bei einer zunehmenden Funktionalität der Funktionen irgendwann von der Installation mit einem Bussystem überholt wird, was die Kosten angeht.

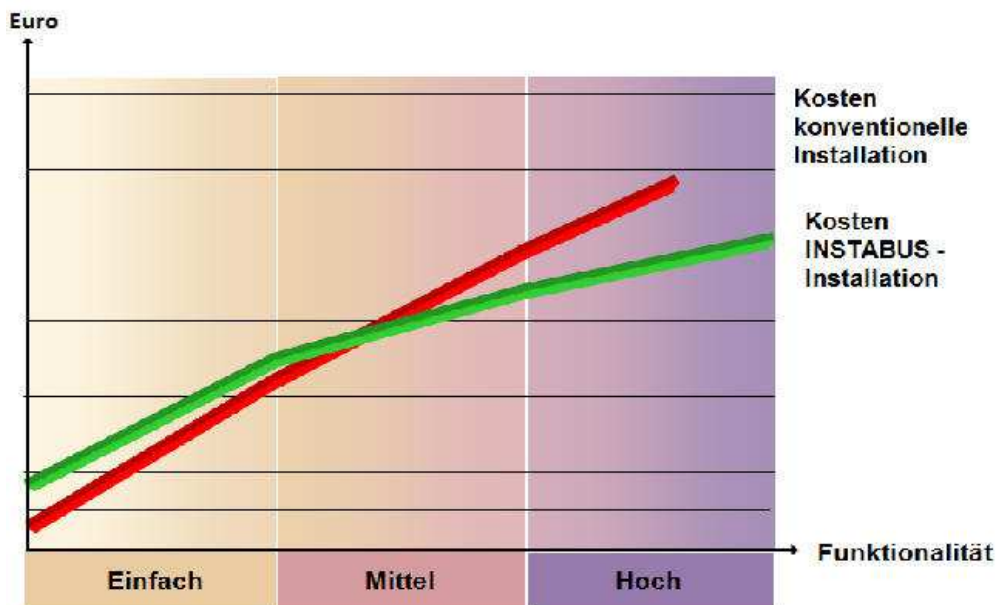


Abbildung 1: Kosten und Funktionalität im Vergleich (Webdesign & Entwicklung Alexander Kirpal, 2013)

Es gibt eine Vielzahl an unterschiedlichen Bussystemen die von verschiedenen Herstellern angeboten werden. Da nicht alle Bussysteme gleich aufgebaut sind, was die Kommunikation, Funktionalität und Arbeitsweise betrifft, sind der Variation der Bussysteme untereinander keine Grenzen gesetzt. Dies bedeutet, dass jedes System unterschiedliche Funktionen und Eigenschaften besitzt und in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden kann. Die größte charakteristische Eigenschaft von Comexio ist, dass das System webbasiert arbeitet. Webbasiert bedeutet, dass das Bussystem direkt an den Router angeschlossen wird. Die Programmierung und der Zugriff auf die Module geschehen dementsprechend webbasiert. Daraus ergibt sich, dass die Steuerung des Bussystems über IP-fähige Geräte leichter durchzuführen ist, da kein zusätzliches IP-Gateway benötigt wird. Die Module der Firma COMEXIO GmbH werden mit einer 24 Volt Spannungsversorgung gespeist. Dies bringt den Vorteil, dass Sensoren wie zum Beispiel Taster und Schalter nicht mehr auf 230 Volt arbeiten müssten, sprich keine Lasten mehr schalten müssen, sodass eine größere Sicherheit gegenüber dem Nutzer geschaffen werden kann. Desweiteren verfügen die Comexio Module gleich über mehrere Funktionen und beschränken sich nicht nur auf ein Aufgabengebiet, dies wird unter Punkt 3.3.1 Verwendete Komponenten detaillierter dargestellt. Ein großer Vorteil der einzelnen Bausteine ist das integrierte Messen des Stromes an jedem Ausgang. Hierbei werden präzise die elektrotechnischen Daten, wie beispielsweise Strom und Spannung, überwacht und dokumentiert. So lassen sich Benutzerprofile ermitteln, die im Späteren dazu beitragen können unser Stromnetz zu entlasten. Sämtliche Module von Comexio verfügen über Anschlussklemmen der Firma PHOENIX CONTACT und besitzen sowohl einen Sockel,

als auch einen passenden Stecker. Mit dieser Zusammenarbeit können die Module bei Defekt oder Erneuerung leichter ausgetauscht werden, da die Stecker einfach von den Modulen angezogen werden können ohne jedes Kabel einzeln vom Modul abzuschrauben. Nach Austausch des Modules werden die Stecker auf das neue Modul aufgesteckt und das System ist wieder einsatzbereit.

3 Empirischer Teil

Dieser Abschnitt handelt über das Versuchsobjekt und über die Funktionsweise des Bussystems Comexio. Im Einzelnen wird auf das Arbeitsmedium, der Aufbau des Bussystems, sowie die Programmiermöglichkeiten eingegangen. Der letzte Abschnitt beschreibt die einzelnen Funktionen der beiden simulierten Büroräume und deren Umsetzung.

3.1 Comexio – Firma und Bussystem

Das Unternehmen COMEXIO GmbH hat seinen Hauptsitz in Kerzenheim, Eisenberger Str.56a und gehört mit zu der Greiner Gruppe, welche in die einzelne Unternehmensbereiche GREINER Schaltanlagen GmbH, GREINER Elektrotechnik und Systembau GmbH, sowie COMEXIO GmbH aufgeteilt ist. COMEXIO GmbH wurde 2013 gegründet und beschäftigt sich mit Entwicklung und Vermarktung von Produkten rund um Smart Home und Smart Metering für das Eigenheim und Gewerbe. Im gleichen Jahr brachte die Firma COMEXIO GmbH das gleichnamige Bussystem Comexio auf den Markt.

(COMEXIO GmbH, 2015)

Das Bussystem Comexio wurde speziell für den Einsatz in Eigenheim und Gewerbe entwickelt und sticht somit aus der Masse der Mitstreiter hervor, die sich größtenteils mit Objektgebäuden und Industriegebäuden beschäftigen. Zudem wurde das Bussystem auf dem Ethernet Bus Standard aufgebaut und wird darüber gesteuert, was viele Vorteile mit sich bringt. COMEXIO GmbH wirbt hierbei mit einem herstellerübergreifend System, welches benutzerfreundlich und gleichzeitig flexibel ist, bezüglich des Anschlusses an andere Bussysteme und der Erweiterungsmodule. Der Hauptserver verfügt über integrierte Gateways für KNX/EIB und 1-Wire und kann mittels einer Erweiterung mit dem EnOcean Funkbussystem kommunizieren. Desweiteren lassen sich andere Bussysteme mit etwas Geschick über die Ethernet einbinden. Die Module werden über ein Internetkabel mit RJ45 Steckern direkt an den Router angeschlossen und können darüber programmiert und angesteuert werden und werden in einen handelsüblichen Anschlusskasten auf einer Hutschiene montiert.

3.1.1 Funktionsweise und Aufbau

Der Aufbau sowie die Inbetriebnahme des Systems werden in Abbildung 2 veranschaulicht und im Folgenden beschrieben. Wenn die einzelnen Module und Erweiterungen erstmal nebeneinander auf der Hutschiene montiert wurden, erfolgt die Verdrahtung untereinander. Dies kann über zwei verschiedene Möglichkeiten geschehen: Zum einen bietet Comexio kleine Flachbandkabel mit vierpoligen EXT Steckverbindern an, die die Module ohne große Verdrahtungsarbeiten miteinander verbinden können. Zum anderen ist die herkömmliche Anschluss Methode der Module über vier einzelne Adern möglich, die über vierpolige Klemmen der Firma PHOENIX CONTACT auf den Modulen, die die Kommunikation der Module untereinander ermöglicht. Wenn diese Verbindung steht, können die Sensoren wie Taster, Schalter, Thermofühler, Windsensoren und viele andere, an die Module angeschlossen werden. Der Anschluss dafür befindet sich oben an den Modulen. Der Anschluss für die Aktoren befindet sich auf der unteren Seite der Module. Hier können diverse Leuchtmittel auf 12 Volt 24 Volt oder 230 Volt über potentialfreie Relaiskontakte angeschlossen werden, sowie Jalousie- und Rollladenmotoren und Stellantriebe für dezentrale Heizungsanlagen angesteuert werden. Der Anschluss des Hauptmoduls, des IO-Servers, an den Router geschieht über ein Internetkabel mit RJ45 Steckverbindern. Nun können sämtliche IP-fähige Geräte über den Router auf das Bussystem über eine IP-Adresse zugreifen.

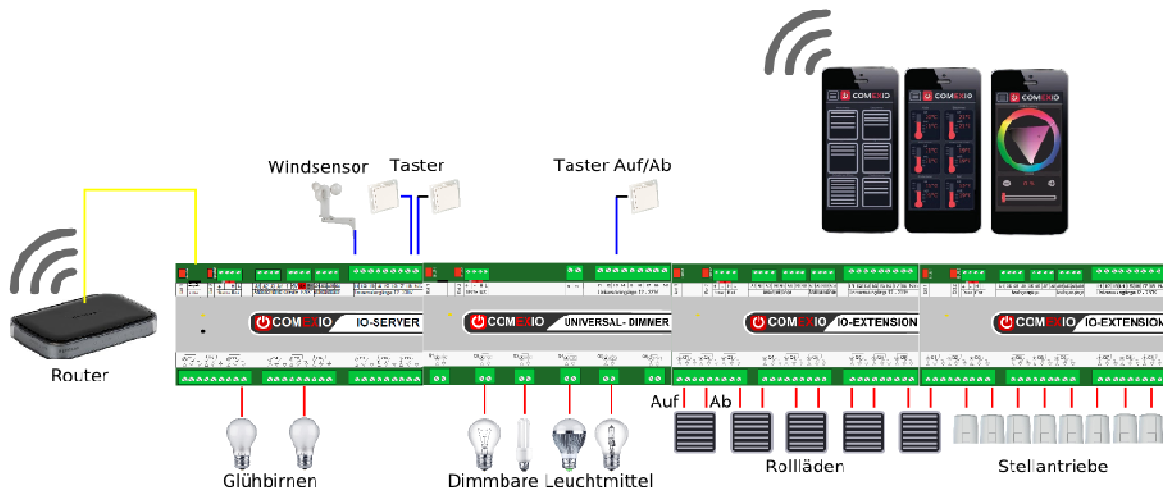


Abbildung 2: Das Grundprinzip der Verdrahtungstopologie (COMEXIO GmbH, 2013)

3.1.2 Programmierung des Systems

Die Programmierung oder auch Parametrierung ist ein sehr bedeutsamer Schritt in der Gebäudeautomation. Hier werden dem System die eigentlichen Funktionen gegeben. Es werden Aktoren und Sensoren verknüpft und Beziehungen hergestellt. Comexio setzt hierbei auf verschiedene Alternativen, im Bezug auf die Programmiermöglichkeiten. Hierbei werden drei verschiedene Programmieroptionen zur Auswahl gestellt.

Zum einen wird die **Grafische Programmierung** angeboten. Es können Eingänge und Ausgänge sowie Logikbausteine und Zeitglieder per „Drag and Drop“ auf die Arbeitsfläche gezogen und miteinander verbunden werden. Diese Methode ist einfach nachzuvollziehen und schnell umsetzbar. Desweiteren besteht die Möglichkeit eigene Bausteine zu definieren und zu verwenden. Bei diesem Programmierstil gibt es keine grafische Animation oder Ausgabe an den Nutzer.

Zum anderen lässt sich über **Comexio AWL** (COMEXIO GmbH, 2013) programmieren. Die eigens von COMEXIO GmbH entwickelte Programmiersprache Comexio AWL, sieht der normalen Programmiersprache AWL, oder auch Anweisungsliste der IEC 61131-3 sehr ähnlich, unterscheidet sich aber in kleinen Details und Umformulierung der Befehle von ihrem Namensfetter. Es können ebenso wie bei der grafischen Programmierung Verknüpfungen und Beziehungen zwischen den einzelnen Eingängen und Ausgängen hergestellt werden. Die Einbindung von If-Schleifen ist möglich, sowie das Überwachen von Zeitgliedern und Merkern. Auch bei dieser Programmiermethode wird dem Nutzer keinerlei grafische Ausgabe, Animation oder Information mitgeteilt.

Eine Weitere Möglichkeit ist die Programmierung über das **Dashboard**. Das Dashboard ist die Benutzeroberfläche des Bussystems und gibt mit diversen Animationen dem Nutzer Informationen über den aktuellen Status des Bussystems. Die Programmierung des Dashboards erfolgt über vorgefertigt Bausteine, die per „Drag and Drop“ auf die Benutzeroberfläche gezogen werden. Anschließend können die einzelnen Bausteine umbenannt, programmiert und parametrieren werden und bekommen so ihre Funktionen. Komplexere Funktionen wie beispielsweise eine Außenjalousie, lassen sich mit dem Dashboard nicht so leicht programmieren und können leichter mit der grafischen Programmierung hergestellt werden.

Zusätzlich zu den Programmiersprachen gibt es diverse andere Möglichkeiten, um die Programmierung zu erleichtern und zu unterstützen. Die Eingänge und Ausgänge sämtlicher Komponenten lassen sich benennen und parametrieren und können über den Bereich Ein-Ausgänge angewählt werden. Sogenannte Merker sind Variablen, die sich in der Programmierumgebung von Comexio erstellen, benennen, parametrieren und verändern lassen. Merker können in allen Programmiersprachen verwendet werden und erleichtern die Benutzung aller Programmiersprachen gleichzeitig, da mit ihnen Werte und Daten übergeben wer-

den können. Unter anderem lassen sich Zeitglieder erstellen, die verschiedene Funktionen wie etwa abfallverzögert, einschaltverzögert und bestimmte Impulse erhalten können. Zudem lassen sich Meldungen erstellen, die durch bestimmte Ereignisse ausgelöst werden und eine Nachricht auf der Benutzeroberfläche ausgeben können. Die Einbindung andere Bussysteme ist über das Gateway am IO-Server möglich sowie über das EnOcean Modul. Die Programmierung und Parametrierung dieser Komponenten erfolgt ebenso in der Comexio Programmierumgebung. Die Einbindung von anderen IP-fähigen Geräten ist über den speziell angelegten Bereich Web IO umsetzbar. So lassen sich IP-Kameras und andere Bausteine einbinden.

3.2 Vorstellung der Funktionen

Bei Bussystemen werden Verknüpfungen von verschiedenen Komponenten mit speziellen Eigenschaften als Funktionen bezeichnet. Funktionen werden bei Comexio über die verschiedenen Programmierarten erstellt und erfüllen nach Fertigstellung beim laufenden System ihre Aufgabenbereiche. Speziell beim Testobjekt werden alle Funktionen in vier verschiedene Bereiche unterteilt, die im Anschluss erläutert werden. Es wird zwischen Licht, Heizung/Kühlung, Innen- und Außenjalousie und zentrale Funktionen unterschieden.

3.2.1 Licht

Die Funktion Licht ist die am meisten benutzte Funktion, da jeder Raum eine Beleuchtung benötigt. Die Idee bei einem Bussystem ist, dass sich das Licht eigenständig und intelligent an die äußeren Einwirkungen anpasst, ohne dass der Nutzer sich damit beschäftigen muss. So werden Helligkeitssensoren, Bewegungsmelder und Anwesenheitssensoren benötigt, um äußere Faktoren aufzunehmen, die dann in den einzelnen Funktionen ausgewertet und bearbeitet werden. So kann eine Funktion nach eigenem Ermessen das Licht einschalten und ausschalten und nach Bedarf dimmen.

Das Testobjekt stellt zwei Büroräume und einen Flurabschnitt da, die eine angemessene Beleuchtung erhalten müssen weshalb jeder Büroraum für sich zwei individuelle Lichtstromkreise erhält. Der Flurabschnitt von jedem einzelnen Büroraum wird ebenfalls mit einem Lichtstromkreis ausgestattet. Alle soeben aufgezählten Licht Elemente können zusätzlich zu ihrer Licht Ein- und Aus-Funktion, in Prozentschritten gedimmt werden. Die Bedienung der einzelnen Lichtstromkreise geschieht über das Dashboard oder über die Doppeltaster, die dank der Logikbausteine sowohl dimmen als auch schalten können.

3.2.2 Heizung und Kühlung

Jedes Gebäude benötigt eine Heizung, welche die Raumtemperatur konstant hält, wenn die Außentemperatur unter einen bestimmten Wert sinkt. Hierfür benötigt ein Heizungskreislauf noch diverse andere Temperatursensoren zu dem Außensensor. Es ist sinnvoll die Temperatur für den Vorlauf zu ermitteln, so wie die momentane Raumtemperatur. Objektgebäude erhalten neben der Heizungsanlage oftmals eine Kühlanlage, um die Nutzer des Gebäudes vor einer Überhitzung bei hoher Sonneneinstrahlung und hoher Außentemperatur zu schützen. Aus energietechnischen Gründen ist es sinnvoll, beide Anlagen nicht gleichzeitig zu betreiben.

Beim Testobjekt werden Heizung und Kühlung in jedem Raum dezentral gesteuert, sodass die Temperatur von Raum zu Raum, individuell nach Bedarf, verändert werden kann. Wenn die Raumtemperatur unter einen bestimmten Wert sinkt, wird zuerst der Vorlauf erhitzt und nach kurzer Zeit fängt die Heizung an effektiv zu heizen und behält die gewünschte Raumtemperatur bei. Bei einer Überhitzung des Raumes durch Fremdeinwirkungen, wie solare oder interne Gewinne, wird die Kühlung eingeschaltet, die den Raum auf eine vom Nutzer gewünschte Temperatur herunter kühlt. Mit diesen beiden Anlagen kann die Temperatur frei von äußeren Einflüssen konstant bei einem gewünschten Wert gehalten werden.

3.2.3 Jalousie

Jalousien werden in zwei unterschiedliche Bauformen unterteilt, die verschiedene Eigenschaften besitzen. Es wird zwischen Innenjalousien und Außenjalousien unterschieden. Die Innenjalousien haben die Funktion der Verschattung und sollen den Nutzer, mittels Lamellen vor Blendung schützen, hinzukommend haben die Innenjalousien einen dekorativen Aspekt, der nicht weiter erläutert wird. Außenjalousien hingegen können einen Raum komplett verdunkeln und schützen zusätzlich vor Überhitzung. Letzteres entlastet die Kühlanlage, die dann nicht mehr gegen die solaren Gewinne arbeiten muss. Zudem bieten Außenjalousien zusätzlich Schutz vor Einbruch und isolieren das Gebäude zusätzlich gegen Schall und Lärm.

Sowohl Innenjalousien als Außenjalousien werden in die zwei Büroräumen des Testobjektes installiert. Mit Hilfe von Motoren können die Innen- und Außenjalousien herunter und nach oben gefahren werden, zusätzlich gibt es die Möglichkeit bei den Innenjalousien die Lamellenstellung einzustellen. Durch diverse Sensoren werden die beiden Jalousien automatisch in dementsprechende Stellungen gefahren. Die Steuerung der Motoren erfolgt über einen EnOcean Funktaster, dessen Funktionsweise genauer in Punkt 3.3.1 Verwendete Komponenten bei der EnOcean Unit beschrieben wird.

3.2.4 Zentrale Funktionen

Zentrale Funktionen sind Befehle und Anweisungen die raumübergreifend Entscheidungen fällen und Aufgaben bewältigen sollen. Zentrale Lüftungsanlagen und Personen- oder Anwesenheitszähler werden zum Beispiel zu den zentralen Funktionen gezählt.

Folgende Funktionen in Versuchsaufbau werden zu den zentralen Funktionen gezählt: Brandmeldeanlage, Hochfahren der Außenjalousien bei zu hoher Windgeschwindigkeit, um vor Beschädigung zu schützen, Verriegelung der Heizungsanlage bei zu hoher Außentemperatur sowie Überwachung der Lichtstromkreise bezüglich der Anwesenheit. Im Modell wird auf die Darstellung dieser Funktionen verzichtet, da eine Menge an Sensoren benötigt werden würde, die aus platztechnischen Gründen keinen Einzug in das Testobjekt gefunden haben.

3.3 Umsetzung



Abbildung 3: Testobjekt mit allen Bauelementen (Eigene Darstellung 2015)

In den nachfolgenden Abschnitten wird die Umsetzung des Testobjektes beschrieben, welches in Abbildung 3 dargestellt wird. Hierbei wird explizit beschrieben, welche Komponenten verwendet werden, die Inbetriebnahme und die umgesetzte Programmierung, sowie die spätere Benutzung des Objektes.

3.3.1 Verwendete Komponenten

Im Folgenden Abschnitt werden alle Module der Firma COMEXIO GmbH aufgelistet, die in dem Testobjekt verwendet wurden. Unter anderem werden diese Module mit Abbildungen dargestellt und Funktionen, sowie Eigenschaften aufgelistet und genauer beschrieben.

Der **IO-Server** ist das Hauptstück einer jeden Automation mit Comexio. Der Server verbindet den Bus mit dem Router über eine Ethernet Schnittstelle und kommuniziert mit den anderen Busteilnehmern über flachband EXT-Verbinder oder über die Datenklemme an der oberen Seite. Zudem befindet sich das KNX/EIB und das 1-Wire Gateway am IO-Server Modul. An der oberen Seite befinden sich acht Universaleingänge die sich von 12 Volt bis 230 Volt mit Wechselspannung und Gleichspannung betreiben lassen. Diese Eingänge können benutzt werden, um Taster und Schalter in den Bus zu implementieren. Zusätzlich befinden sich an der gleichen Seite insgesamt vier Analogeingänge und vier Analogausgänge, die mit einer Gleichspannung von null bis zehn Volt betrieben werden können. In der Einstellung des IO-Servers ist es möglich, die Analogeingänge und Analogausgänge auf digital umzustellen,



Abbildung 4: Hutschiene-Modul IO-Server
(COMEXIO GmbH, 2013)

hierbei wird 12-24 Volt Gleichspannung benötigt. Auf der unteren Seite befinden sich neun potentialfreie Schaltkontakte, die mit insgesamt 16 Ampere belastet werden können, zum Schalten diverser Aktoren. Jeder Leistungsausgang besitzt eine integrierte Strommessung mit der es möglich ist, eine Energiemessung durchzuführen. Der IO-Server ist als Hutschiene-Modul erhältlich und wird mit einer Versorgungsspannung von 24 Volt Gleichspannung betrieben. Es ist möglich insgesamt 25 Erweiterungen an den IO-Server zu koppeln.

Die **IO-Extension** ist eine Erweiterung zum IO-Server mit annähernd identischen Eingängen und Ausgängen. Auch hier wird das Modul auf einer Hutschiene montiert und mit einer 24 Volt Gleichspannung angesteuert. Es befinden sich zwei EXT-Verbinder Anschlüsse, oder optional die vierpolige Datenklemme, um die Verbindung der Module untereinander und so den Datenaustausch zu gewährleisten sowie die Versorgungsspannung an das Modul zu bringen. Die IO-Extension verfügt über acht Universaleingänge die mit einer Wechselspannung oder Gleichspannung von 12 Volt bis 230 Volt einsteuern lassen, um Signale von Taster und Schalter aufzunehmen. Desweiteren befinden sich acht Eingänge und Ausgänge an dem Modul, die analog mit null bis zehn Volt, oder digital mit 12 bis 24 Volt Gleichspannung betrieben werden können.



Abbildung 5: Hutschiene-Modul IO-Extension
(COMEXIO GmbH, 2013)

Die neun potentialfreien Schaltkontakte an der IO-Extension können mit 16 Ampere belastet werden und verfügen über eine integrierte Strommessung. Anstelle der Gateways zu KNX/EIB und 1-Wire verfügt die IO-Extension zusätzlich über zwei Einbringungsmöglichkeiten für Thermokontakte. Im Testobjekt werden zwei PT100 Thermokontakte angeschlossen, um die Raumtemperatur einzubinden.

Die neun potentialfreien Schaltkontakte an der IO-Extension können mit 16 Ampere belastet werden und verfügen über eine integrierte Strommessung. Anstelle der Gateways zu KNX/EIB und 1-Wire verfügt die IO-Extension zusätzlich über zwei Einbringungsmöglichkeiten für Thermokontakte. Im Testobjekt werden zwei PT100 Thermokontakte angeschlossen, um die Raumtemperatur einzubinden.

Die **EnOcean Unit** ist ein zusätzliches Gateway für das Funkbussystem der Firma EnOcean und soll so zusätzlich Funktechnologie in den Comexio Bus implementieren. Dieses Hutschienenmodul besitzt ebenso die Möglichkeit über Flachband EXT-Verbinder oder über die vierpolige Datenklemme, die 24 Volt Gleichspannung und die Kommunikation der Module untereinander zu gewährleisten. Desweiteren befindet sich ein Anschluss für eine SMA Antenne am Modul, um die Signale in 868 MHz Bereich besser empfangen zu können. Die Reichweite des Moduls wird mit 25 Metern auf der Comexio Service-Webseite beschrieben. Jede EnOcean Unit kann bis zu 128 Aktoren oder 265 Sensoren verwalten.



Abbildung 6: Hutschienenmodul EnOcean-Unit (COMEXIO GmbH, 2013)

So können beispielsweise batterie-lose Funktaster der Firma EnOcean verwendet werden, die keinen kabelgebundenen Anschluss an das Bussystem oder das gebäudeinterne Spannungsnetz benötigen. Zudem werden Fensterkontakte angeboten, die ein Signal an den Bus senden wenn das Fenster geöffnet ist. So lässt sich die Heizung und Kühlung effektiver nutzen.

Der **LED Dimmer** ist eines der Erweiterungsmodul des IO-Servers. Dieses Hutschienen-



Abbildung 7: Hutschienenmodul LED-Dimmer (COMEXIO GmbH, 2013)

modul wird, wie der Name schon sagt benötigt, um Leuchtmittel zu dimmen. Es lassen sich nicht alle Leuchtmittel mit diesem Baustein dimmen, sondern nur LEDs, die mit einer Spannung von 12 Volt oder 24 Volt. Dabei ist auf die Leitungslänge der zusammenhängenden Leuchtmittel zu achten, die bei 12 Volt 12 Meter und bei 24 Volt 24 Meter betragen darf. Der LED-Dimmer wird mit einer Versorgungsspannung von 24 Volt angesteuert und verfügt über zwei EXT-Anschlüsse und einer vierpoligen Datenklemme. Die neun Ausgänge für die LED Leuchtmittel befinden sich auf

der unteren Seite und lassen sich prozentual dimmen. Zudem lassen sich die unterschiedli-

chen Spannungen von 12 und 24 Volt, mit Hilfe der zweipoligen Neutraleiterklemme vermischen, die in der Abbildung 7 mit GND, X1.1 und X.12 bezeichnet wird.

Der **Universal Dimmer** ist die Alternative zum LED Dimmer. Bei Verwendung diverser



Abbildung 8: Hutschiene-Modul Universal Dimmer (COMEXIO GmbH, 2013)

Leuchtmittel wie Glüh-, Halogen-, Energiesparleuchtmittel, aber auch bei LED Leuchtmitteln bietet sich der Universal Dimmer an. Dieses Erweiterungsmodul besitzt ebenso wie die anderen Hutschiene-Module der Firma COMEXIO GmbH über zwei EXT Anschlüsse wie auch eine vierpolige Datenklemme, mit denen die Kommunikation der Module untereinander und die Spannungsversorgung von 24 Volt an das Modul zu gewährleisten. Die acht Universaleingänge zum Einbinden von

Tastern und Schaltern befinden sich auf der oberen Seite des Moduls und können mit 12 Volt bis 230 Volt Gleich- und Wechselspannung verwendet werden. Der Universal Dimmer verfügt über sechs Ausgänge, die getrennt voneinander prozentual gedimmt werden können und eine integrierte Strommessung besitzen. Jeder der sechs Kanäle kann mit 175 VA belastet werden, so ergibt sich eine Gesamtleistung von 1050 Watt mit der das Modul belastet werden darf.

Der in Abbildung 9 zu sehende **WLAN Router** der Marke Netgear, ist auf der Comexio Serviceseite im Onlineshop erhältlich und wird von Comexio empfohlen. Der Router wird benötigt, um nach erfolgreichem Anschluss des IO-Servers an den Router, den Zugriff auf den Comexio Bus zu gewährleisten. Der Zugriff mit diesem Router ist über LAN und WLAN mit IP-fähigen Geräten möglich. Mit insgesamt vier Ethernet Anschlüssen und einem Internetport lassen sich mehrere IO-Server über einen Router ansteuern, indem die IP-Adressen der IO-Server manuell geändert werden.



Abbildung 9: Netgear WLAN Router WNR1000 (COMEXIO GmbH, 2013)

Ein 230/24 Volt **Transformator** wird benötigt, um die Module mit der Betriebsspannung von 24 Volt anzusteuern. Dieser Transformator

wird ebenfalls auf einer Hutschiene montiert und verfügt über einen 100 bis 240 Volt Wechselstromanschluss und zwei 24 Volt Gleichstrom-Anschlussklemmen. Die maximale Gesamtbelastung des Moduls liegt bei 30 Watt bei einem Strom von 1,3 Amperen. Abhängig von der Anzahl sowie dem Typ der Erweiterungen können an den Transformator nur bedingt Erweiterungen und Server gehängt werden. Daher muss die Leistungsaufnahme der Module vorher



Abbildung 10: Hutschienenmodul Transformator 230V/24V (COMEXIO GmbH, 2013)

geprüft werden und gegebenenfalls das leistungsstärkere 100 Watt Netzteil benutzt werden, welches ebenso im Comexio Onlineshop erhältlich ist. Die Benutzung eines Transformators bedeutet, dass einerseits mehr Leistung verbraucht wird, auf der anderen Seite werden die Komponenten galvanisch vom Netz getrennt.

3.3.2 Programmierung

Mittels der Programmierung werden den Modulen die speziellen Funktionen und Aufgaben zugeteilt. Hier wird festgelegt wer welche Aufgaben übernimmt und welche Parameter berücksichtigt werden sollen. Um mit der eigentlichen Programmierarbeit anfangen zu können, werden bestimmte Arbeitsschritte vorausgesetzt.

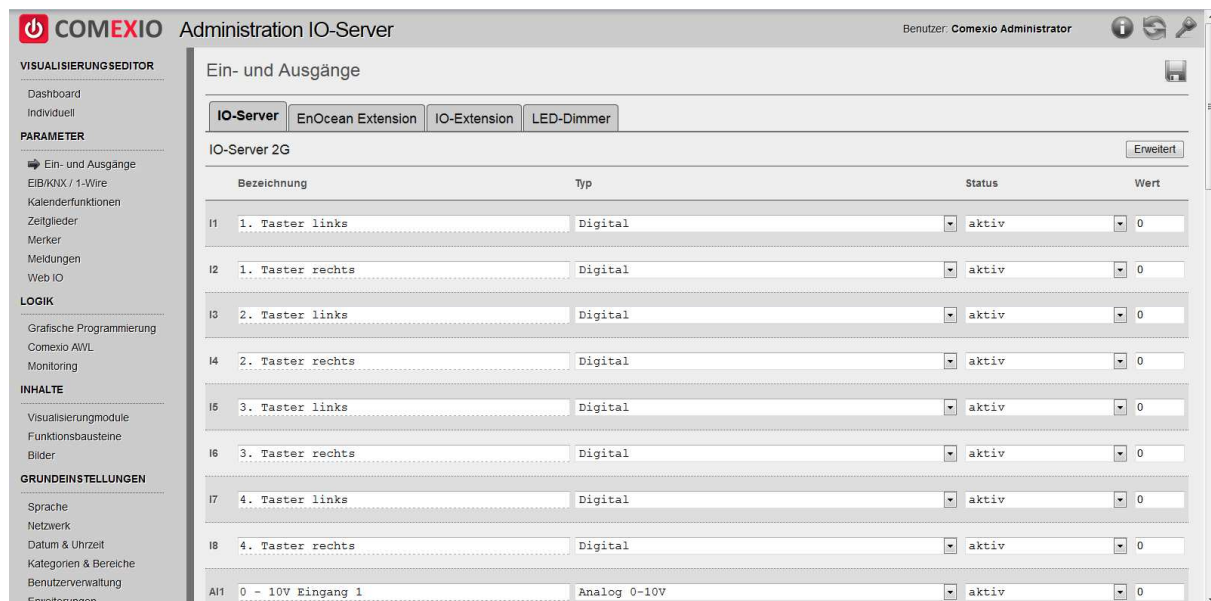


Abbildung 11: Ein- und Ausgänge der Module benennen (Eigene Darstellung, 2015)

Nach erfolgreichem Zugriff auf den IO-Server über den Router mittels einer IP-Adresse, müssen die Erweiterungen und Extension eingelesen und benannt werden. Hierbei hilft eine Seriennummer, die seitlich an den Modulen angebracht wird. Für das Einbinden mehrerer IO Server in ein Netzwerk müssen die IP-Adressen manuell geändert werden, damit es nicht zu einem IP-Adressenkonflikt kommt. Die Kommunikation der IO-Server untereinander wird im Punkt 3.4 Die Zusammenfassung des Praktischen Teils weiter erklärt. Nachdem die Module in die Programmierungsumgebung eingebunden wurden, wie in der oberen Abbildung 11 zu erkennen ist, können die einzelnen Ein- und Ausgänge bezeichnet und parametrisiert werden. Durch die Bezeichnung wird das Programmieren vereinfacht und leichter nachzuvollziehen, da die Aus- und Eingänge zum Beispiel den Namen der auszuführenden Funktion erhalten können.

Die Programmierung der EnOcean Unit verläuft hierbei etwas anders: Zuerst müssen die Aktoren und Sensoren in die EnOcean Unit eingelesen werden. Dies geschieht über die Aktivierung des Lernmodus in der Programmieroberfläche. Nachdem der Lernmodus aktiv ist, können diverse Aktoren und Sensoren mit einem Knopfdruck oder einem Magnetkontakt ein Telegramm senden, welches von der EnOcean Unit empfangen wird. Jeder sendende Teil-

nehmer taucht in einer Liste mit einer Status LED auf, die aktiv wird, wenn der Teilnehmer sendet. So lassen sich sämtliche Aktoren und Sensoren einbinden und können abschließend, genau wie andere Eingänge und Ausgänge bezeichnet werden.

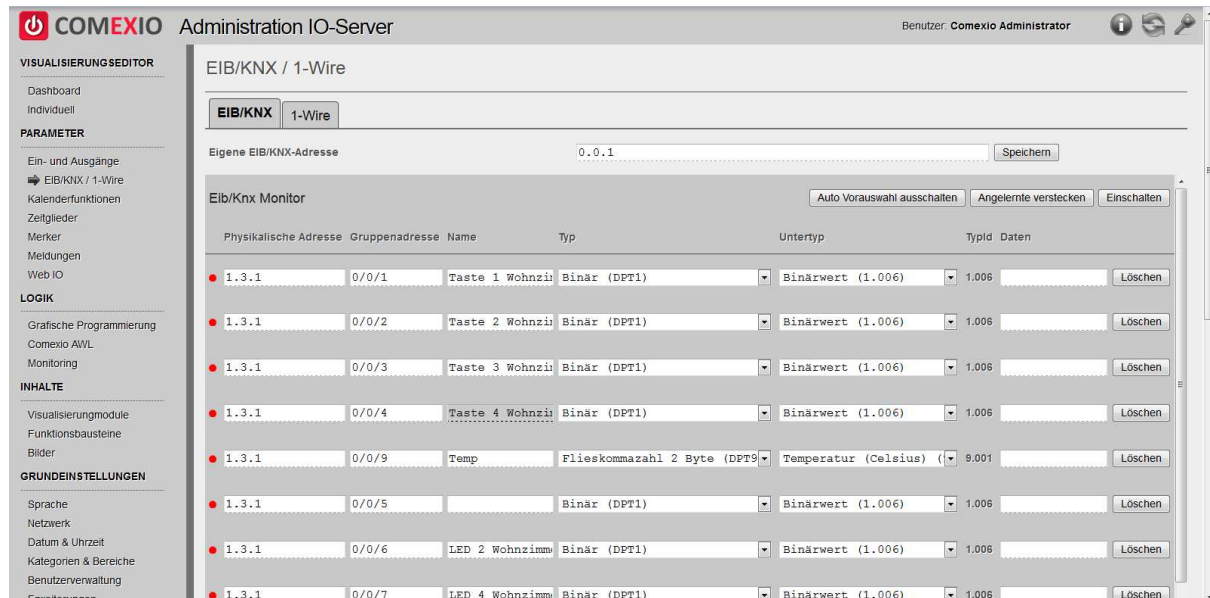


Abbildung 12: Einbindung von EIB/KNX (Eigene Darstellung, 2015)

Die Einbringung anderer Bussysteme über Gateways wie KNX/EIB und 1-Wire laufen ähnlich ab. Bei KNX/EIB beispielsweise werden die zweistufigen oder dreistufigen Gruppenadressen den Teilnehmern zugewiesen und parametrisiert sowie bezeichnet. Dies lässt sich durch die Abbildung 12 gut veranschaulichen. Anschließend können die Komponenten genauso in den Programmiererebenen verwendet werden, wie die Ein- und Ausgänge der Comexio Module. Die Einbindung anderer Bussysteme, mit Ausnahme von EnOcean, in den Comexio Bus wurde ausgelassen, da versucht werden soll alle benötigten Funktionen mit dem Bussystem Comexio zu erstellen. Die Verwendung von EnOcean soll die Modulanzahl verkleinern und den Energieverbrauch des Objektgebäudes minimieren.

Die Programmierung der Module geschieht über die grafische Programmierung, Comexio AWL und über das Dashboard. Eine effektive Programmierung entsteht wenn grafische Programmierung, Comexio AWL und das Dashboard zusammen verwendet werden, da sich manche Funktionen einfacher und benutzerfreundlicher in den unterschiedlichen Programmiermöglichkeiten erstellen lassen. Es können verschiedenen Funktionen aufgeteilt und in Gruppen zusammen gestellt werden, um eine übersichtliche und nutzerfreundliche Programmierung zu erstellen. Hierfür können zusätzliche Tabs hinzugefügt und benannt werden. In Abbildung 13 wird dies deutlich mittels der grünen Reiter: Licht Trennwand, Jalousie und Heizung dargelegt. Dieser Vorgang kann für alle Programmierstile in der Programmieroberfläche von Comexio geschehen. Zusätzlich lässt sich in der Abbildung 13 die Programmie-

lung der Innenjalousie und Außenjalousie erkennen, die mittels Funktionsbausteinen erleichtert wurde. Diese Programmierung kann sowohl über die eingebundenen Taster, als auch über das Dashboard mit Merkern gesteuert werden

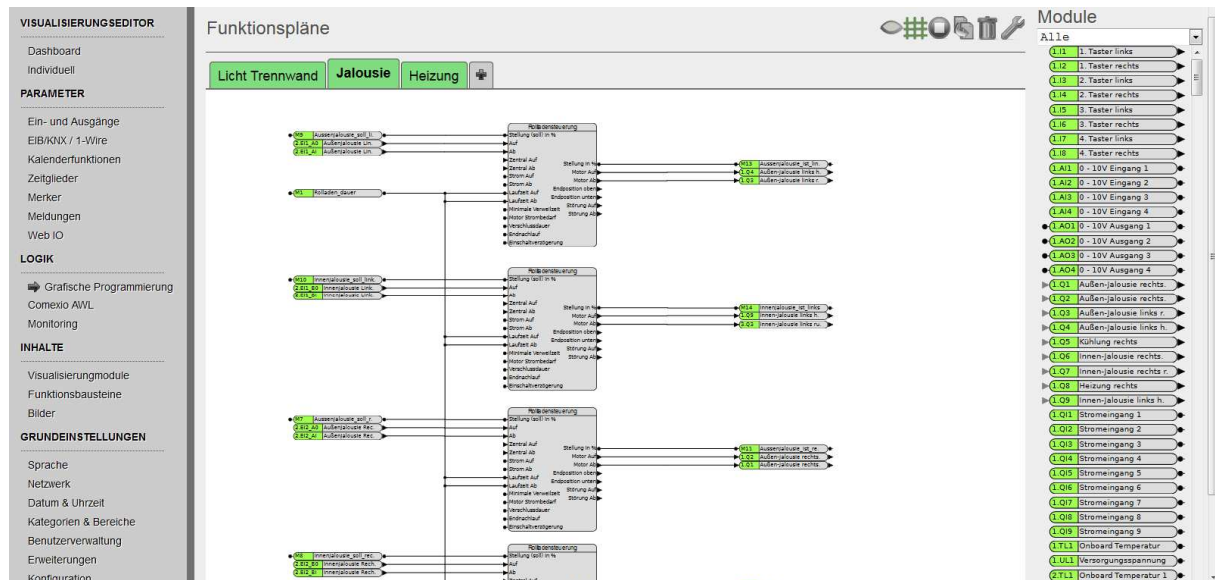


Abbildung 13: Programmierung über Funktionspläne (Eigene Darstellung, 2015)

Alternativ lässt diese Programmierung auch über die Comexio AWL erstellen.

3.3.3 Bedienung durch den Nutzer

Die Bedienung eines Bussystems durch spätere Nutzer ist ein kompliziertes Unterfangen, da der Nutzer nicht zwingend das Wissen über das Bussystem mitbringen muss, aber dennoch alle Komponenten richtig bedienen und verwenden sollte. Für diese Gegebenheiten hat Comexio das Dashboard entwickelt, mit dem der Nutzer über Piktogramme bestimmte Abläufe visualisiert bekommt und selber Abläufe durch Benutzung der Piktogramme steuern kann. Die Abbildung 14 veranschaulicht eine mögliche Benutzeroberfläche für das Testobjekt.

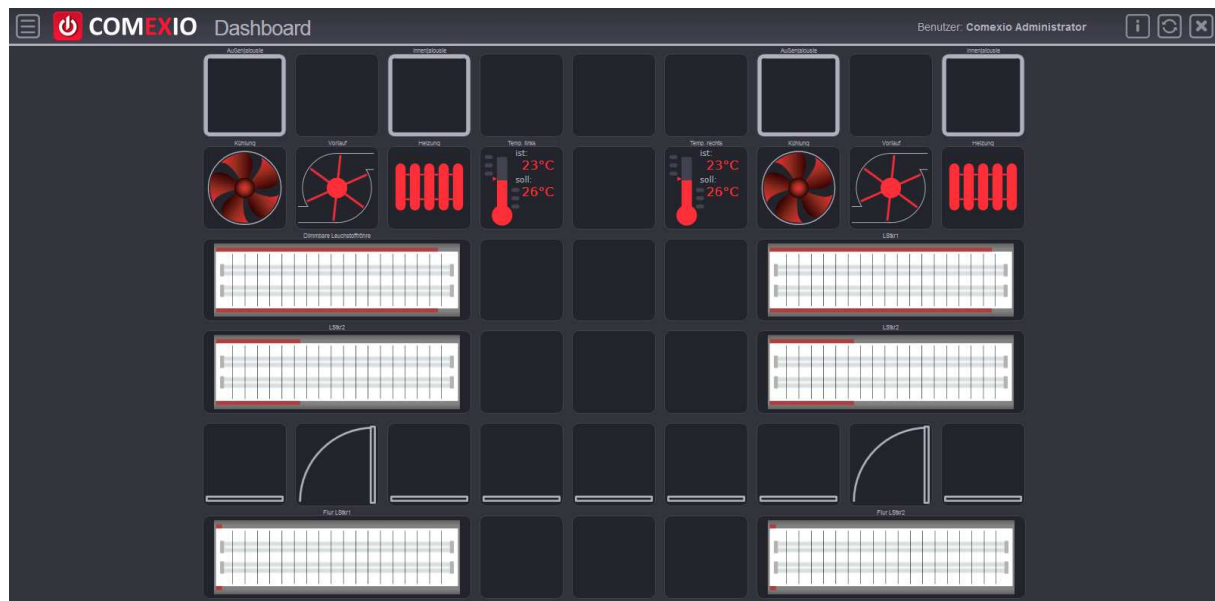


Abbildung 14: Benutzeroberfläche (Eigene Darstellung, 2015)

Der Aufbau und die Funktionsweise des Dashboards wird die folgend definiert: Die oberste Zeile beinhaltet die Steuerung für Innen- und Außenjalousie und die Visualisierung. Die Stellung der Jalousie kann per Knopfdruck oder über die entsprechende Position auf dem Dashboard verstellt werden. In der zweiten Zeile, direkt unter den Jalousiemodulen, werden die Heizungssteuerung und die Kühlanlage abgebildet. Mittels der grafischen Darstellung der Istwert-Temperatur und der Sollwert-Temperatur kann der Benutzer sofort sehen, ob der Raum zu warm oder zu kalt ist. Wenn Ist- und Sollwert übereinstimmen, beziehungsweise geringfügig abweichen, sind Heizung und Kühlung in der Ruhephase. Ist die Temperatur zu niedrig, wird erst der Vorlauf eingeschaltet und kurz darauf wird veranschaulicht, dass die Heizung läuft. Der Vorlauf und die Heizung werden durch eine Pumpe und einen Heizkörper dargestellt. Wenn sich der Büroraum durch äußere Faktoren aufheizen sollte, wird die Kühlung eingeschaltet, die durch den Ventilator visualisiert wird. Die restlichen Bauteile sollen die dimmbaren Leuchtmittel darstellen, die je nach Helligkeit der Leuchtmittel den Farbanteil prozentual von Weiß in Gelb wechseln. Die Türen und Wände in der zweitletzten Zeile dienen nur der grafischen Trennung von Büroraum zum Flur.

3.4 Resümee des empirischen Teils

Oftmals werden erst bei Benutzung des Systems, Stärken und Schwächen der Komponenten deutlich. Aus diesem Grund wird im Nachfolgenden, der empirische Teil analysiert und Lösungen für mögliche Problematiken vorgestellt.

3.4.1 Zusammenfassung Comexio

Die Hutschienenmodule der Firma COMEXIO GmbH verfügen über deutlich mehr Funktionen als Konkurrenten und liegen im Preis niedriger. Der IO-Server lässt sich, falls die Kapazitäten erschöpft sind, mittels fünf verschiedener Extension erweitern. So lassen sich insgesamt bis zu 25 Extension an jeden IO-Server anbinden. Diesbezüglich sollten Spannungsversorgung und Leistungsverbrauch überprüft werden und gegeben falls angeglichen werden. Der Bus wird über ein Internetkabel direkt an einen Router angeschlossen und wird über diesen programmiert und parametrier. Die Ausgänge der Module sind mit einer integrierten Strommessung bestückt, was beim Erstellen einer Leistungskurve für ein Objekt von Vorteil sein kann. Dabei kann weder von Smart Metern, noch vom Metering gesprochen werden, da sich die Module, statt einer Spannung von 230 Volt, mit einer Spannung von 24 Volt ansteuern lassen. Die Erweiterungen beinhalten zudem zwei verschiedene Dimmer-Typen, mit denen sich Leuchtmittel prozentual dimmen lassen. So können Glühlampen, Halogenlampen, LED-Leuchtmittel und Energiespar Leuchtmittel auf unterschiedlichen Spannungsebenen gedimmt werden. Mittels des Dashboard lassen sich Funktionen visualisieren und nutzerfreundlich auf einer Benutzeroberfläche darstellen. Diese kann über IP-fähige Geräte abgerufen werden, um so Funktionen des Comexio Bussystems zu bedienen. Die Programmierung kann über drei verschiedene Wege erfolgen: Über das Dashboard, über die grafische Programmierung und über die eigens von Comexio entwickelte Programmiersprache Comexio AWL. Comexio ist kompatibel mit EnOcean durch die EnOcean Extension und kann so sämtliche Aktoren und Sensoren der Firma EnOcean in den Bus einbinden. Zudem verfügt der IO-Server über Gateways zu KNX und 1-Wire. Über die nicht KNX-lizenzierte Schnittstelle lassen sich unbegrenzt Teilnehmer der KNX-Busses in Comexio integrieren und es können sowohl Befehle geschickt als auch empfangen werden. Die Kommunikation zwischen mehreren IO-Servern ist nicht möglich, da die Programmierung nur den IO-Server und die Extension betrifft. Obwohl das Bussystem webbasiert ist, ist die Kommunikation, sprich senden und empfangen, über IP derzeit nicht möglich.

3.4.2 Daraus resultierende Herausforderungen

Aufgrund der mangelnden Kommunikation der IO-Server untereinander sowie die fehlende IP-Schnittstelle lassen sich nur begrenzt Funktionen für ein zusammenhängendes Bussystem erstellen. So lassen sich beispielsweise insgesamt 15 Büroräume über einen IO-Server mittels Extensions automatisieren. Abbildung 15 veranschaulicht die Aufteilung der einzelnen Module für die Büroräume.

1. Raum	2. Raum	3. Raum	4. Raum	5. Raum	6. Raum	7. Raum
IO-Server	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension
LED-Dimmer			LED-Dimmer			LED-
EnOcean-Unit			EnOcean-Unit			EnOcean-
8. Raum	9. Raum	10. Raum	11. Raum	12. Raum	13. Raum	14. Raum
IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension	IO-Extension
Dimmer		LED-Dimmer			LED-	
Unit		EnOcean-Unit			EnOcean-	
15. Raum						
IO-Extension						
Dimmer						
Unit						

Abbildung 15: Verteilung der Module pro Büroraum (Eigene Darstellung)

Es wird ein IO-Server benötigt, um den Anschluss an den Router zu gewährleisten und die Programmierung der Funktionen erstellen zu können. Zudem ist der IO-Server das Zentrum der Automation mit Comexio. Für jeden Raum wird eine Extension beziehungsweise der IO-Server eingeplant, um so sämtliche Sensoren sowie Aktoren mit Ausnahme der Lights für jeden Raum einzubinden. Je drei Räume teilen sich einen LED-Dimmer, da dieser über neun dimmbare Ausgänge verfügt und für einen Büroraum nur drei Lichtstromkreise benötigt werden. In allen drei Räumen wird eine EnOcean-Unit platziert, da die Funkreichweite der Module vom Hersteller bis auf 25 Meter begrenzt angegeben wird. Die maximale Modulanzahl von 25 Erweiterungen pro Server, ist mit diesem Beispiel erreicht.

Es lassen sich damit zwar Objektgebäude automatisieren, aber leider fehlen bestimmte Funktionen, die in einem Objektgebäude zwingend nötig sind, aufgrund der fehlenden Kommunikation der Server untereinander. Zentrale Funktionen sowie raumübergreifende Funktionen sind hier nur sehr schwer möglich darzustellen und teilweise gar nicht umsetzbar.

Daraus folgt die Erkenntnis, dass das Gebäudebussystem der COMEXIO GmbH, ohne fremde Hilfe, nicht tauglich für größere Bauten und Objektgebäude ist.

3.4.3 Lösungskonzept

Aufgrund der mangelnden Kommunikation der IO-Server untereinander lassen sich nur Linien von bis zu 26 Teilnehmern zusammenschalten, sprich ein IO-Server und 25 Erweiterungsmodule. Jede Linie kann autark Befehle und Telegramme bearbeiten und den Abschnitt bedienen, für die sie eingeteilt ist. Zentrale Funktionen, die linienübergreifend handeln sollen, sind so nicht möglich.

Um zentrale Funktionen trotzdem in ein solches Konzept einbinden zu können, wird ein Modul der 26 Module pro Linie für die zentrale Kommunikation reserviert. Es wird also eine IO-Extension zusätzlich benötigt, deren Ein- und Ausgänge zum Steuern und Regeln raumübergreifender Funktionen. Demnach muss ein Modul der 25 Erweiterungen durch die IO-Extension für zentrale Funktionen, ersetzt werden. Hierbei lässt sich entweder ein kompletter Büroraum weiger automatisieren pro Linie, oder eine EnOcean-Unit wird entnommen, sodass jede EnOcean Unit für vier Büroräume zuständig ist. Dies kann aufgrund der Reichweite der Module, von 25 Metern, abhängig von der Größe der Räume, zum Problem werden. Aufgrund der begrenzten Anzahl der Eingänge und Ausgänge der IO-Extension, die die Kommunikation zwischen den Linien vortäuschen soll, werden diese zentralen Funktionen begrenzt.

Dieses Lösungskonzept kann für kleinere Objekte umgesetzt werden, große Objektgebäude hingegen haben eine Vielzahl von zentralen Funktionen, zudem ist das Messen der Leistung und die Auswertung des Bussystems mit dem Konzept immer noch nicht umsetzbar. Hierfür wird die Hilfestellung von anderen Systemen benötigt.

4 Alternative Lösungsentwürfe

Durch die erlangten Erkenntnisse könnte der Verdacht aufkommen, dass das Gebäudebussystem der Firma COMEXIO GmbH nicht für Objektgebäude gedacht ist, da Linien von insgesamt 26 Teilnehmern untereinander gar nicht, oder nur sehr schwer, kommunizieren können. Aufgrund der Vielfältigkeit des Bussystems Comexio und den Kompatibilität zu Systemen anderer Hersteller, können mit anderen Vorgehensweisen beziehungsweise anderen Lösungsansätzen neue Möglichkeiten in Betracht gezogen werden. Dies wird in den nächsten Abschnitten verdeutlicht.

4.1 KNX, die Ergänzung zu Comexio

Zu dem bereits bestehenden System von Comexio soll eine KNX Struktur eingebunden werden, um Comexio dort zu unterstützen, wo es sinnvoll ist. Die Topologie von den Comexio Modulen sieht bei diesem Konzept in etwa wie in Abbildung 15 aus. Also ein IO-Server und 25 Erweiterungen.

4.1.1 Was ist KNX?

Um verstehen zu können, wie KNX dabei helfen kann Comexio zu unterstützen, muss zunächst geklärt werden, was KNX überhaupt ist und wie funktioniert.

KNX ist ein Gebäudebussystem, das im Jahre 1999 im Rahmen der EIBA und später der KNX Association, entwickelt wurde. Derzeit befinden sich mehr als 300 Firmen und Unternehmen in diesem Zusammenschluss und entwickeln Software und Hardware für KNX. Der Grundgedanke hierbei war, ein Bussystem auf den Markt zu bringen, welches einen einheitlichen Standard besitzt und kompatibel zu Geräten diverser Hersteller ist. Folgende Normen und Standards werden von dem Bussystem KNX erfüllt und wurden anerkannt:

- Internationaler Standard (ISO/IEC14543-3)
- Europäischer Standard (CENELEC EN50090 und CEN EN 13321-1 und 13321-2)
- Chinesischer Standard (GB/T 20965)
- ANSI/ASHRAE Standard (ANSI/ASHRAE 135)

(KNX Association, 2013)

Derzeit wird KNX in Objekt- und Bürogebäuden, in Wohngebäuden, Kliniken, sowie in Infrastrukturbauten verwendet. KNX kann für verschiedene Funktionen in einem Gebäude eingesetzt werden, beispielsweise Beleuchtung, Heizung und Kühlung, Belüftung, Jalousien, sowie die Sicherheitstechnik.

(ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. , 2013)

4.1.2 KNX ohne Comexio

Die Funktionsweise des Bussystems sieht dabei wie folgend aus: Sensoren und Aktoren werden zusammen in ein System implementiert, damit eine Kommunikation stattfinden kann. Die Kommunikation der Teilnehmer kann über verschiedene KNX lizenzierte Medien ablaufen. Die wohl verbreitetste Variante ist die Zweidrahtleitung, die auch unter dem Namen „Twisted Pair“ bekannt ist und deshalb unter KNX die Abkürzung **KNX TP** erhalten hat. Zudem ist eine Übertragung über das bereits vorhandene Stromnetz möglich. Das bedeutet die Daten und Telegramme werden über die 230 Volt Leitung übertragen. Hierbei wird die Abkürzung **KNX PL** verwendet was sich aus den englischen Wörtern „Power Line“ abkürzen lässt. Die Übertragung ist auch über Funktechnologie möglich und wird mit „KNX Radio Frequency“ oder auch **KNX RF** bezeichnet. Über ein spezielles Gateway ist die Kommunikation auch über Ethernet kompatibel und findet unter dem Namen **KNX IP** Verwendung.

KNX TP: Aufgrund des IO-Servers, der für den Anschluss an KNX über KNX TP angesteuert werden muss, wird lediglich die Kommunikation über KNX TP vertieft. Die Nennspannung des Bussystems liegt bei einer Topologie über KNX TP bei 24 Volt und hat einen Toleranzbereich von 21 Volt bis 29 Volt. Die Geschwindigkeit der Datenübertragung liegt hierbei bei 9200 Bits/s, wobei die Daten hierbei asynchron Byteweise übertragen werden. Der Anschluss der einzelnen Busteilnehmer, dies bedeutet sämtliche Aktoren und Sensoren, erfolgt über eine Sammelschiene. Diese Sammelschiene wurde speziell für den Anschluss von KNX TP Leitungen hergestellt und wird in Abbildung 16 genauer dargestellt. Es können bis zu vier Kabelverbindungen pro Klemme eingeführt werden und die Klemmen können auf die KNX Module aufgesteckt werden, sodass eine gute Vernetzung der Komponenten untereinander gewährleistet werden kann. Zudem wird bei Entfernung der Klemme vom Modul nicht zwangsläufig die Kommunikation des restlichen Bussystems unterbrochen und kann fortgeführt werden.



Abbildung 16: KNX Busklemme (RS Components GmbH, 2012)

Mithilfe des CSMA/CA-Verfahren welches eine Abkürzung für „Carrier Sense Multiple Access/ Collision Avoidance“ (Kunbus GmbH, 2015) ist und übersetzt soviel bedeutet, wie „Mehrfachzugriff mit Trägerprüfung und Kollisionsvermeidung“, wird die Kommunikation des KNX Busses unterstützt. So wird das parallele Senden mehrerer Teilnehmer vermieden und die Kommunikation zwischen den Teilnehmern geregelt, indem Prioritäten gesetzt werden.

(KNX Association, 2013)

KNX Topologie: Die einzelnen KNX Module werden nicht einfach irgendwie miteinander verbunden, sondern werden in einer festen Struktur angelegt. Die kleinste Installationseinheit

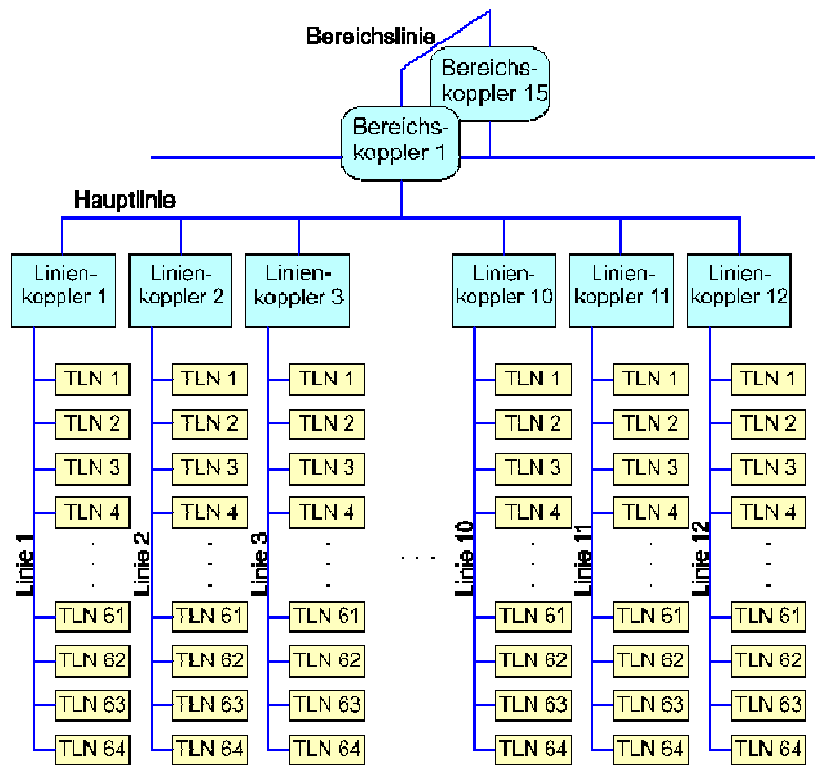


Abbildung 17: Mögliche KNX Topologie (Jäckel Elektrotechnik, 2013)

wird hierbei Linie genannt. Eine Linie kann bis zu 64 Teilnehmer beinhalten und kann mit je drei Linienverstärkern auf bis zu 255 aufgestockt werden. Jede Linie sowie Linienverstärker müssen über eine Spannungsversorgung mit Drossel angesteuert werden, die selber als aktive Teilnehmer zählen und den Bus mit 24 Volt Spannung versorgen. Mehrere Linien lassen sich mittels Linienkopplern zusammenführen, an denen sich 64 zusätzliche Teilnehmer zuschalten

lassen, so können bis zu 15 Linien miteinander kommunizieren. Hierbei ist darauf zu achten, dass wieder eine Spannungsversorgung und eine Drossel einzuplanen ist. Die maximal 15 Linien bilden zusammen einen Bereich. Diese Bereiche wiederum lassen sich mit anderen Bereichen bis zu einem Maximum von 15 Bereichen verbinden, die ebenso mit einer Spannungsversorgung und einer Drossel bestückt werden müssen. Der Bereichskoppler ist eigentlich ein Linienkoppler, der in der Programmierung andere Eigenschaften erhält, in Fachkreisen trägt er auch den Namen „Backbone“ und kann gegebenenfalls zusätzlich 64 Teilnehmer in den Bus einbinden. So lässt sich eine Gesamtstruktur erzeugen, die ca. 58.384 Teilnehmer beinhalten kann (maximal 255 Teilnehmer pro Linie mal 15 Linienverstärkern zuzüglich 64 Teilnehmern mal 15 Bereichskopplern zuzüglich 64 Teilnehmern abzüglich der Bereichskoppler). Die Gesamtlänge einer Leitung in der KNX Topologie darf nicht länger als 1000 Meter sein. Dies bedeutet von Teilnehmer zu Teilnehmer eine Maximallänge von 750 Metern und eine Gesamtlänge von 350 Metern zwischen Spannungsversorgung und Teilnehmern. Alle Bereiche und Linien sind galvanisch voneinander durch den Bereichskoppler und den Linienkoppler getrennt und besitzen eine eigene Spannungsversorgung.

(KNX Association, 2013)

Gerätetypen bei KNX: Es gibt drei verschiedene Arten von Gerätetypen beim Gebäudesystem KNX. Es wird zwischen Aktoren, Sensoren und Systemgeräten unterschieden. Sensoren sind Teilnehmer, die Daten aus der Umgebung aufnehmen und an den Bus weiterleiten wie zum Beispiel Taster, Schalter, Bewegungsmelder, Helligkeitssensoren, Temperaturfühler und viele andere. Aktoren hingegen erhalten Telegramme und Daten vom Bus und wandeln diese in elektrische Größen um, wie beispielsweise Licht an, Jalousie hoch, Heizung an und viele weitere Funktionen. Module die den Bus unterstützen werden als Systemgeräte bezeichnet. Hierbei handelt es sich um Gateways, Koppler, Busspannungsversorgungen oder auch Module zur Energiemessung.

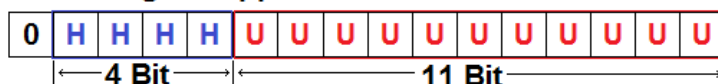
(KNX Association, 2013)

Physikalische Adressen bei KNX: Jeder Teilnehmer in KNX Bus besitzt eine physikalische Adresse. Die physikalische Adresse eines Teilnehmers besteht aus vier Zahlen, die durch Punkte voneinander abgetrennt werden und spiegelt seine exakte Position in der KNX Topologie wieder. Die Adresse des Moduls 2.11.42 sitzt beispielsweise in Bereich 2, Linie 11 und ist der 42. Teilnehmer in der Linie. Die physikalische Adresse wird lediglich für die Programmierung und Parametrierung benötigt und hat keinen Einfluss auf das laufende System und den Datenaustausch.

(KNX Association, 2013)

Gruppenadressen bei KNX: Aktoren und Sensoren werden über eine Gruppenadresse miteinander verknüpft. Das bedeutet die Gruppenadresse stellt so gesehen die Funktion dar. Gruppenadressen können frei gewählt werden und zweistufig sowie dreistufig aufgebaut werden.

Zweistellige Gruppenadresse:



Dreistellige Gruppenadresse:

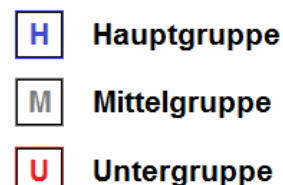
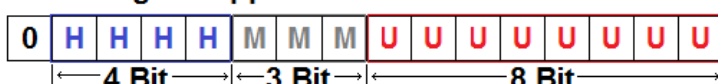


Abbildung 18: Gruppenadressen zwei- und dreistufig (Eigene Darstellung, 2015)

Zweistufige Gruppenadressen enthalten genauso viele Bit wie dreistufige Gruppenadressen sind aber anders zusammengebaut. Insgesamt werden so 15 Bit zu einer Gruppenadresse zusammengeführt sprich die Zahlen von null bis 32.767 können dargestellt werden. Die zweistufigen Gruppenadressen werden in eine Hauptgruppe mit vier Bit und eine Untergruppe mit elf Bit unterteilt. Es lassen sich also Adressen von null bis 15 und von null bis 2047 verwenden. Bei der dreistelligen Gruppenadresse wird in Haupt-, Mittel- und Untergruppe unterteilt. Hierbei sind die Bit Verteilungen bei vier Bit für die Hauptgruppe, drei Bit für die Mittelgruppe und acht Bit für die Untergruppe geordnet. Der Adressraum beträgt also null bis 15, null bis acht und null bis 255. Die einzelnen Gruppen werden mit einem Schrägstrich von einander getrennt.

Die Programmierung der KNX-Teilnehmer: Um die Funktionen der einzelnen Teilnehmer umsetzen zu können, gibt es zwei verschiedene Arten der Programmierung und Parametrierung. Kleine bis mittelgroße Objekte können mit der sogenannten „E Mode“ oder auch „Easy Mode“, programmiert werden. Hierbei wird auf den Gebrauch eines Computers verzichtet Stattdessen werden mittels eines Steuerungsgerätes Verknüpfungen erstellt, oder auch direkt Aktoren und Sensoren eingelernt. Ein Vorteil beim E Mode ist, dass die Elektroinstallateurin nicht zwingend Softwarekenntnisse besitzen muss, um das System zu Programmieren. Der „S Mode“, oder auch „System Mode“, hingegen wird am PC durchgeführt. Hierbei wird die Software „Engineering Tool Software“ oder kurz „ETS“ verwendet, eine spezielle Software, die es möglich macht komplexere Topologie zu erstellen und eine freie Konfiguration der Busteilnehmer anzuwenden.

(KNX Association, 2013)

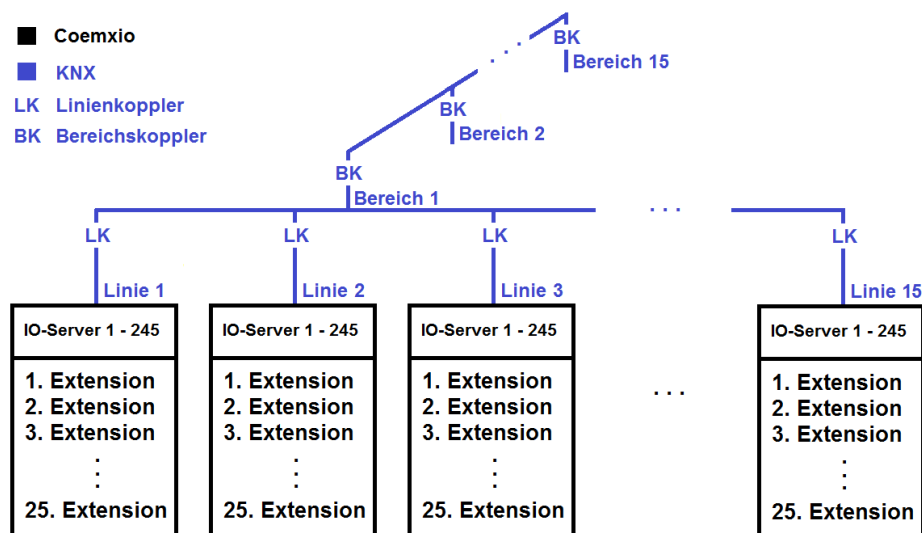
Die Engineering Tool Software: Die ETS wurde ähnlich wie diverse Windows Tools erstellt, um dem Umgang mit der Software benutzerfreundlicher zu machen, da viele Funktionen und Symboliken bereits bekannt oder ähnlich sind. Die Oberfläche der ETS ist in drei verschiedene Bereiche unterteilt. Im Hauptfenster wird das Gebäude veranschaulicht, durch entsprechende Untergruppen, um Verteiler und Räume besser darstellen zu können. Das Gruppenadressenfester zeigt das Objekt mit seinen Funktionen und stellt dar, welche Geräte miteinander verknüpft sind. Die Topologie des Gebäudes wird im dritten Fenster mittels einer Baumstruktur und einer Listenstruktur dargestellt. Vor der Programmierung der einzelnen Funktionen muss die Datenbank mit den verwendeten Bauelementen eingelesen werden, um der ETS die Produktdaten zu übermitteln. Diese Daten werden von den Herstellern der Bauelemente kostenlos beigefügt. Anschließend lassen sich die Module programmieren und parametrieren, indem die Elemente zugeordnet werden und Funktionen erstellt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, für alle durchgeführten Arbeiten mit der ETS zu kommentieren,

so dass späteres Einsehen der Programmierung leichter verständlich ist. Mittels diverser Diagnosetools, beispielsweise des Busmonitors, lassen sich physikalische Adressen von Teilnehmern auslesen, Funktionen erkennen sowie Fehler erkennen und beheben.

(KNX Association, 2013)

4.1.3 Lösungskonzept

Die Lösung des Kommunikationsproblems der IO-Server untereinander sieht wie folgend aus: Die Linien werden, wie in Abbildung 15 bereits vor-



gestellt wurde, **Abbildung 19: Comexio mit einer KNX Verwaltungsstruktur (Eigene Darstellung, 2015)** zusammenge-

setzt, so dass eine Linie einen IO-Server mit maximal 25 Erweiterungen enthalten kann. Jeder IO-Server bekommt hierbei eine physikalische Adresse in der KNX Topologie und zählt als ein Teilnehmer, unabhängig von der Anzahl der Erweiterungen und Extensions. Jede KNX Linie inklusive der Linienverstärker kann 255 Teilnehmer beinhalten. Da Systemgeräte wie Linienkoppler, Linienverstärker, Bereichskoppler, Spannungsversorgungen und Drosseln auch eine physikalische Adresse bekommen und für den Aufbau der KNX Topologie benötigt werden, können nicht exakt die vom Hersteller versprochenen Teilnehmer zusätzlich an den Bus angeschlossen werden. Bei einer maximalen Größe der Struktur entfallen pro Linie elf Teilnehmer für einen Linienkoppler drei Linienverstärker sowie je drei Spannungsversorgungen mit Drossel. Die Hauptlinie muss ebenso mit einer Spannungsversorgung und einer Drossel ausgestattet werden, so dass zwei weitere Teilnehmer pro Hauptlinie wegfallen. Zudem reservieren die 15 Bereichskoppler je eine Adresse und müssen zusätzlich mit einer Spannungsversorgung und einer Drossel ausgerüstet werden. Insgesamt lässt sich eine Anzahl von 56.102 Teilnehmern zusätzlich in eine solche KNX Topologie einbinden. Für dieses Lösungskonzept bedeutet dies, dass insgesamt 56.102 IO-Server über eine KNX Struktur zusammengefasst werden können, wobei jeder IO-Server über 25 zusätzlich Erweiterungen verfügen kann. Eine maximale Modulanzahl von 1.458.652 lässt sich damit errechnen. Ab-

bildung 19 veranschaulicht diese Hochrechnung und die Zusammenfassung der einzelnen Comexio Teilnehmer.

4.1.4 Einbinden von KNX in Comexio

Zunächst muss jeder IO-Server eine physikalische Adresse erhalten, damit es nicht zu einem Adressenkonflikt kommt. Diese physikalische Adresse lässt sich beim IO-Server unter Parameter: Eigene EIB/KNX Adresse finden und frei lässt sich wählen. Anschließend können KNX Geräte sowie andere IO-Server, die eine physikalische Adresse besitzen, eingebunden werden. Dies kann mit zwei verschiedenen Methoden geschehen. Über die manuelle Eingabe der physikalischen Adressen und der Gruppenadressen lassen sich die genauen Teilnehmer in den IO-Server integrieren. Die andere Methode ist das automatische Einlesen der Teilnehmer. Der IO-Server wird dazu in den Lernmodus versetzt, der dann alle Teilnehmer auflistet, die im angeschlossenen KNX Bus aktuell senden. Ein Taster beispielsweise sendet ein Telegramm wenn er betätigt wird. Dies wird vom IO-Server wahrgenommen und der Taster taucht in der Liste des IO-Servers auf. In der ETS lässt sich gleichzeitig mit dem Busmonitor die physikalische Adresse ermitteln, um so Irrtümer und Fehler auszuschließen. Die eingelesenen Teilnehmer lassen sich nun parametrieren und können einen Namen, einen Typ und einen Untertyp erhalten. Comexio erkennt automatisch die Eigenschaften des eingelesenen KNX Teilnehmers und bietet eine Auswahl an möglichen Typen und Untertypen an, die einerseits die mitgelieferten Datentypen der Telegramme sowie die Schaltaktion definieren können. Unterhalb des Bereiches für das Einlernen der KNX Teilnehmer werden die dazugehörigen IO-Server Befehle aufgelistet. Diese Befehle lassen sich ebenso parametrieren und umbenennen. Anschließend tauchen die Teilnehmer, ähnlich wie Ein- und Ausgänge der Comexio Module oder angelegte Merker und Zeitglieder, in der grafischen Programmierung auf und können mit den dazugehörigen Abkürzungen in der Comexio AWL verwendet werden.

4.1.5 Kommunikation zwischen KNX und Comexio

Da nun jeder IO-Server über eine eigene physikalische Adresse verfügt, werden die IO-Server wie vollwertige KNX Teilnehmer behandelt. Dies bedeutet die IO-Server können senden und empfangen über die KNX Topologie. Demnach ist es möglich, dass die einzelnen IO-Server miteinander kommunizieren und zentrale Funktionen an bestimmte IO-Server gesendet werden. Bei diesem Lösungskonzept ist darauf zu achten, dass die KNX TP Kommunikation maximal mit 9200 Bit pro Sekunde übertragen. Diese Übertragungsrate ist viel zu gering, um die Kommunikation, der in Punkt 4.1.3 errechneten 1.458.652 IO-Server, zu ermöglichen. Das Kommunikationsnetz wäre überlastet und es würde zu Verzögerungen in der

Umsetzung mancher Befehle kommen. Demnach empfiehlt es sich nur eine begrenzte Menge an IO-Servern über einen KNX Bus einzubinden.

Rückbezogen auf das Objektgebäude, welches mit Comexio automatisiert werden soll, ist die Umsetzung möglich, wenn die IO-Server mit einer KNX Topologie vernetzt werden. Ein IO-Server ist somit ein Teilnehmer im KNX Bus und kann bei bis zu 25 Extensions, insgesamt 15 Büroräume automatisieren. Für jede KNX Linie sind demnach 256 Teilnehmer möglich abzüglich des Linienkopplers, den drei Linienverstärkern sowie den vier Spannungsversorgungen mit vier Drosseln. Somit bleiben in einer KNX Linie 244 freie Plätze für KNX Teilnehmer. Es können also insgesamt 244 IO-Server in einer Linie platziert werden, demnach sind bis zu 3.660 automatisierte Büroräume für eine Linie möglich. Die KNX Topologie übernimmt hierbei lediglich die Verwaltung der einzelnen IO-Server, also eine dezentrale Automatisierung durch Comexio Module und eine zentrale Verwaltung durch KNX Elemente.

4.2 Comexio, die Ergänzung zu KNX

Im Folgenden werden die Einbindung und die zusätzlichen Funktionen des IO-Servers in einen KNX Busses untersucht. Zudem werden Vorteile und Nachteile einer solchen Vermischung zweier Bussysteme aufgelistet. Sozusagen soll der IO-Server als zusätzliche Modul den KNX Bus unterstützen und gegeben falls neue Möglichkeiten aufzeigen.

4.2.1 Comexio als KNX Teilnehmer

Aufgrund des KNX Gateways ist es möglich dem IO-Server eine physikalische Adresse zuzuordnen und so den IO-Server als vollwertigen Teilnehmer des KNX Busses anzusehen. Es besteht die Möglichkeit dem IO-Server Telegramme zu senden, sowie Telegramme vom IO-Server zu empfangen, demnach eine bidirektionale Kommunikation. Die Anzahl der Teilnehmer, die im IO-Server eingelernt werden können, sind nach Angaben des Herstellers nicht konkret begrenzt. Da die Module der Firma COMEXIO GmbH auf einer 24 Volt Basis angesteuert werden, lässt sich die von KNX zu Verfügung gestellte Versorgungsspannung der Linien, ebenso für die Comexio Module verwenden. Der Datendurchsatz bei der Kommunikation über die KNX Topologie wird zudem verkleinert, wenn die Comexio Module Funktionen zur Automatisierung übernehmen. So werden dezentral mit Comexio, Büroräume automatisiert und Zentral von der KNX Struktur verwaltet.

4.2.2 Gateways mit Comexio

Die Firma COMEXIO GmbH ist sehr offen was die Kommunikation mit Konkurrenten und Mitstreitern angeht. Es werden verschiedene Gateways zu Verfügung gestellt und andere Bussysteme in den Comexio Bus zu integrieren. Hierbei profitiert auch dieses Lösungskonzept, da KNX nun auch alle Funktionen zugreifen kann, die Comexio beinhaltet.

Comexio KNX Gateway: Dieses Gateway ist die Grundvoraussetzung dieses Lösungskonzeptes. Diese Schnittstelle zum KNX Bus macht es möglich, das komplette Comexio System in KNX zu integrieren.

Comexio 1-Wire Gateway: 1-Wire beziehungsweise der Eindraht Bus, ist eine Serielle Schnittstelle die mit einer Spannung von 5 Volt und einer Stromstärke im Mikroampere Bereich auskommt. Dieser effiziente und einfach strukturierte Bus wird für das einbinden von Sensoren, zur Steuerung und Meldung, sowie für diverse Identifikationen mittels der unveränderbaren Seriennummer, die eine Länge von 64 Bit besitzt.

(Elaborated Networks GmbH, 2015)

EnOcean Gateway: Da der Comexio IO-Server mittels einer Erweiterung der EnOcean Unit ein Gateway zu dem Funkbussystem EnOcean erhalten kann, stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoller erscheint ein direktes EnOcean Gateway in den KNX Bus zu implementieren. In den nächsten Abschnitten werden das Comexio und KNX Gateway zu EnOcean verglichen.

Comexio EnOcean Gateway: Die EnOcean Unit von Comexio ist ein Hutschienenmodul und kann bis zu 128 Aktoren und 256 Sensoren in den Bus einbinden. Demnach ist eine bidirektionale Kommunikation der beiden Bussysteme durchführbar. Das Modul wird mit einer Betriebsspannung von 24 Volt angesteuert und verfügt zum verstärken des Signals über einen Anschluss für eine SMA Antenne. Preislich liegt dieses Modul bei 279,00 € Inkl. Steuern und ist über die Comexio Serviceseite verfügbar.

(COMEXIO GmbH, 2013)

KNX ENO 634 Modul: Das KNX ENO 634 Modul kann sowohl in einer 55 Millimeter Unterputzdose, als auch Aufputz montiert werden. Die Kommunikation von KNX und EnOcean ist hierbei ebenso bidirektional. Zudem können 32 Kanäle mit Funktionen versehen werden, was deutlich weniger Freiraum bietet als die EnOcean Unit von Comexio. Zudem belegt das KNX ENO 634 Modul eine zusätzlich physikalische Adresse, die von der EnOcean Unit nicht benötigt wird, falls ein IO-Server schon vorhanden ist. Weiterhin verfügt das EnOcean Gateway von KNX über eine SMA Antenne, um die Reichweite des Funkbusses zu erweitern. Das KNX ENO 634 Modul ist erhältlich über diverse Händler und ist mit einer Preisspanne von circa 300,00€ bis 400,00€ erhältlich.

(Weinzierl Engineering GmbH, 2014)

Die Kosten des KNX ENO 634 Modul Gateways sind deutlich teurer, als das Konkurrenzprodukt von Comexio, es verbraucht eine physikalische Adresse und kann weniger EnOcean Aktoren und Sensoren in den Bus einbinden. Der Zugriff von KNX auf die Funktionen der EnOcean Unit geschieht über den IO-Server und muss dort zuerst parametrisiert werden. Unter dem Strich ist die Investition in ein EnOcean Gateway sogar dann lohnender, wenn der IO-Server nicht im KNX System integriert wird, da mit der EnOcean Unit von Comexio doppelt so viele Aktoren oder viermal so viele Sensoren eingebunden werden können.

4.2.3 Visualisierung vor Ort

Die Firma COMEXIO GmbH bietet mit ihrem IO-Server einige Visualisierungsmöglichkeiten und Funktionen darzustellen und Abläufe benutzerfreundlich zu präsentieren. Das Dashboard ist eine dieser Visualisierungsmethoden. Durch das Einfügen von Icons und Piktog-

rammen können Funktionen dargelegt werden. Diese Icons und Piktogramme können parametrisiert werden und ihren Zustand ändern, wenn sich Variablen in der Programmierung ändern. Beispielsweise kann auch einen Blick erkannt werden ob das Licht an ist, oder in welcher Stellung sich die Außen Jalousien befinden. Dank der Anbindung von Comexio an einen Router ist es zudem möglich diese Benutzeroberfläche mit diversen IP fähigen Geräten abzurufen und so Funktionen aus der Ferne steuern. So lässt sich mit der Einbindung des Bussystems der Firma COMEXIO GmbH eine Visualisierung vor Ort erstellen. Es ist sehr aufwendig diese Visualisierung für einen kompletten KNX Bus vorzunehmen doch denkbar ist dieses Szenario ebenfalls.

4.2.4 Integrierte Strommessung

Mit Hilfe der integrierten Strommessung der Comexio Module ist es Möglich die Stromstärke zu ermitteln, sowie die Leistung zu errechnen. Diese Daten können an Variablen vermittelt werden und über das KNX Gateway am IO-Server an den KNX Bus weiterzuleiten. Desweiteren besteht die Option diese, sich ständig verändernden, Variablen aufzuzeichnen und Diagramme auf der Benutzeroberfläche zu erstellen. So können Energiemessungen für diverse Verbraucher, die an den Comexio Bus angeschlossen sind, erstellt werden und gegeben falls über KNX ausgelesen werden. Demnach verfügt KNX über eine Energiemessung über den Comexio Bus, durch Einbindung eines IO-Servers in die KNX Struktur.

4.3 Zentrale Administration über IP-Symcon

Die zentralen Funktionen sowie die Energiemessungen, die in Punkt 4.2 und Punkt 4.3, von KNX in der Managementebene verwaltet werden sollen, lassen sich nur schwierig umsetzen. Weiterhin besteht derzeit noch keine Möglichkeit, bei beiden in Punkt 4.2 und Punkt 4.3 vorgestellten Konzepten, von Visualisierungen der zentralen Funktionen. Hierfür wird die Software iP-Symcon verwendet, welche Visualisieren und steuern soll.

4.3.1 Was ist iP-Symcon

Zunächst muss geklärt werden, was iP-Symcon überhaupt ist. iP-Symcon ist ein Produkt der Symcon GmbH und bietet die Option, Bussysteme verschiedener Hersteller unter einer Softwareoberfläche zu verwalten. Derzeit ist die Software für diverse Windows Betriebssysteme, sowie für Linux Betriebssysteme erhältlich. Versionen für Betriebssysteme von Raspberry Pi, Linux (Ubuntu) und Mac OS X befinden sich laut Hersteller, in der Entwicklungsphase. Mittels diverser Applikationen für das Smartphone, ist die Benutzung von iP-Symcon für iOS und Android Geräte möglich. Der Grundgedanke der Symcon GmbH war hierbei, ein Produkt auf den Markt zu bringen, welches nahezu alle Gebäudebussysteme verwalten kann und es dem Nutzer leicht machen soll, sein Gebäudesysteme zu steuern.

(Symcon GmbH, 2015)

4.3.2 Was kann IP-Symcon

IP-Symcon ist eine Software zur Steuerung von Gebäudebussystemen für Eigenheim, Objektgebäude und Industrieanwendungen. Über die Benutzeroberfläche ist die Visualisierung und die Darstellung des Bussystems möglich und kann über diese gesteuert werden. Die Firma Symcon GmbH wirbt auf der Serviceseite mit folgenden Eigenschaften:

- **Fernwartung:** Überwachung und Steuerung des Bussystems über das Smartphone, sowie Benachrichtigungen bei kritischen Situationen.
- **Sicherheit:** Durch Installation von Sensoren können zeitig Gefahren erkannt werden und somit der Nutzer rechtzeitig informiert werden.
- **Monitoring:** Auf der Benutzeroberfläche können Zählerstände für Gas, Wasser und Strom mittels Trendlinien visualisiert werden.
- **Komfort:** Mit iP-Symcon lassen sich Szenarien erstellen und Funktionen automatisch steuern und regeln. Optional kann, mittels Sensorik, automatisch auf äußere Faktoren reagiert werden, um so den Nutzer zu entlasten.

- **Interoperabel:** Der Hersteller wirbt zudem damit, das einzige System auf dem Markt zu sein, welches nahezu auf alle Gebäudebussysteme zugreifen kann und so die Bussysteme steuern und auszulesen kann..

Die Benutzeroberflächen von iP-Symcon können neu gestaltet und parametrisiert werden, um eine individuelle Benutzeroberfläche zu erstellen, die auf den Nutzer zugeschnitten werden kann. Die Software iP-Symcon ist auf der Serviceseite der Symcon GmbH erhältlich und liegt preislich, je nach Version bei 100€ bis 400€. Durch eine Software Schnittstelle können Daten, wie beispielsweise das Wetter oder die aktuelle Temperatur in das System eingebunden werden. Zudem sind mit dieser Methode E-Mail Benachrichtigungen denkbar.

(Symcon GmbH, 2015)

4.3.3 Programmierung und Inbetriebnahme von iP-Symcon

Nach erfolgreicher Installation der Software der Firma Symcon GmbH, kann nun die Programmierung vorgenommen werden. Zunächst müssen Objekte angelegt werden, dabei sind sieben verschiedene Arten auswählbar: Objekte können Kategorien, Instanzen, Variablen, Skripte, Ereignisse, Medien oder auch Links zugeordnet werden. Die Geräte der Bussysteme, die iP-Symcon verwalten soll, werden über Instanzen angesprochen. Für folgende Hersteller sind in iP-Symcon bereits Konfigurationen angelegt, um die Einbindung der Geräte und Module zu vereinfachen: Z-Wave, LCN, xComfort, 1-Wire, HomeMatic, KNX/EIB und OZW Konfigurationen wurden bereits hinterlegt. Benötigte Gateways, Splitter und I/O's werden für die Instanzen eigenständig von der Software angelegt. Funktionen und besondere Eigenschaften lassen sich über Skripte erstellen. Mit der „Copy & Paste“ Funktion lassen sich Skriptteile einfach duplizieren, um so zusätzliche Programmierungen zu erleichtern. Abschließend muss die sogenannte Web Front erstellt werden. Diese Benutzeroberfläche informiert den Nutzer über den aktuellen Status des Bussystems und andere Zusatzinformationen. Zu der Visualisierung ist die simple Steuerung und Regelung des Bussystems über die Web Front durchführbar. So kann der Nutzer über IP-fähige Geräte, wie Tablets, Handys und Computer auf das Bussystem zugreifen.

(Symcon GmbH, 2015)

4.3.4 Erweitertes Lösungskonzept

Das Erweiterte Lösungskonzept ist wie folgend geplant: Comexio Systeme mit einem IO-Server und je 25 Extensions werden installiert und können wie in Abbildung 15 tabellarisch erläutert wird, bis zu 15 Büroräume automatisieren. Für den Fall, dass mehr als 15 Büroräume automatisiert werden sollen, ist dies mit Comexio durchführbar, aber die IO-Server kön-

nen untereinander nicht kommunizieren. Daher können Zentrale Funktionen und das Metering für große Objektgebäude, alleine mit Comexio nicht durchgeführt werden. Diese Herausforderung wird mit dem Bussystem KNX gelöst. Über das KNX Gateway am IO-Server kann dem Server eine physikalische Adresse zugeordnet werden. Dieser kann mit der physikalischen Adresse nun ein Teilnehmer in der KNX Topologie werden. Die KNX Teilnehmer können untereinander kommunizieren, indem sie der gleichen Gruppenadresse zugeordnet werden. So können Zentrale Funktionen und Daten zur Energiemessung von den IO-Servern, von der KNX Struktur verwaltet werden und die Automatisierung von größeren Objektgebäuden ist ebenso möglich. Die Visualisierung dieser zentralen Funktionen von KNX ist allerdings nur sehr schwer mit KNX umsetzbar. An dieser Stelle kommt die vormals vorgestellte Software iP-Symcon der Firma Symcon GmbH in das Lösungskonzept. Es besteht die Möglichkeit mittels iP-Symcon über eine Schnittstelle mit dem KNX Bus bidirektional zu kommunizieren. Es können demnach Variablen aus dem KNX System ausgelesen werden, sowie Vorgänge im KNX Bus gesteuert und geregelt werden. Zudem besteht nun die Möglichkeit der Visualisierung der Zentralen Funktionen über die Web Front. Mit IP-Symcon lässt sich so die Energiemessung vom Comexio Bus über die KNX Topologie auslesen und beispielsweise in Trendkurven darstellen. Mit diesem Lösungskonzept können beliebig große Gebäude Strukturen automatisiert werden und benutzerfreundlich verwaltet werden. Zudem ist das System zu jedem Zeitpunkt beliebig erweiterbar.

5 Comexio - der Vergleich mit anderen Systemen

Aufgrund des ständigen Wettstreites, um finanzielle Aspekte, ist es sinnvoll sich ebenso nach Produkten und Angeboten anderer Hersteller und Firmen umzuschauen. Die nächsten Abschnitte vergleichen das Bussystem der COMEXIO GmbH mit Modulen und Produkten ähnlicher Hersteller, um Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Gebäudebussystemen ausfindig zu machen. Die Auswahl dieser Konkurrenzprodukte ist dabei nach Ähnlichkeiten der Komponenten, Gleichheit der Funktionen und Systeme, gefallen. Dabei werden nicht alle Konkurrenzfirmen mit Comexio verglichen.

5.1 Der Vergleich mit dem WAGO flexROOM Office Verteiler

Was ist ein WAGO flexROOM Verteiler? Für die Automatisierung von Bürogebäuden wurde der flexROOM Verteiler von der Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG entwickelt. Dieser Verteiler beinhaltet ein vollständiges Bussystem, welches in der Lage ist bis zu 24 Büroräume zu automatisieren. Dieses Bussystem wird unter Punkt 5.1.1 genauer erläutert und beschrieben. Es gibt verschiedene Typen von Verteilern, die sich in Anzahl der Funktionen unterscheiden. Es können flexROOM Verteiler mit acht, 16 und 24 Raumachsen erworben werden. Mit Raumachsen bezeichnet die Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG einzelne Abzweigungen des Verteilers, zu den einzelnen Büroräumen. Zusätzlich können bei einigen flexROOM Verteilern Sonderbereiche automatisiert werden. Treppenhäuser, Flure oder Sanitärbereiche zählen zu den Sonderbereichen. Die flexROOM Verteiler müssen nach erfolgreicher Installation nicht aufwendig programmiert werden, sondern können, dank der bereits *vorgeladenen* Office Applikation für Büroanwendungen, konfiguriert werden. Mit Hilfe der WINSTA Anschlusstechnik, die in Punkt 5.1.2 Kommunikation genauer beschrieben wird, können mehrere flexROOM Verteiler zusammengeschaltet werden.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

5.1.1 Funktionen und Module

Aufbau des WAGO flexROOM Verteilers: Der Aufbau des zusammengesetzten Moduls sieht wie folgend aus. Der flexROOM Verteiler verfügt im Inneren über einen Controller, der die Steuerungsaufgaben und Regelungsaufgaben des Objektes übernehmen soll. Dieser Baustein wurde ebenfalls von der Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG entwickelt und ist unter dem Fachnamen Applikationscontroller BA 750-884, im WAGO Onlineshop erhältlich. Dieser Controller wird bereits ab Werk, mit diversen Office Applikationen für Büroanwendungen vorgeladen.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

Der Applikationscontroller BA 750-884 ist ein Hutschienenmodul und ist die Steuerungseinheit des Bussystems und ist eine frei programmierbare Steuerung. Die Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG hat hierbei eine beliebig erweiterbare, modulare Aufbaustruktur der Eingänge und Ausgänge entwickelt. Desweiteren verfügt der Applikationscontroller über einen Steckplatz für ein Speichermedium, welches austauschbar ist. Dank der Ethernet Schnittstelle verfügt das Hutschienenmodul zudem über einen integrierten Web-Server. Der Applikationscontroller BA 750-884 wird in Abbildung 20 dargestellt und im Weiteren beschrieben. Die Status LEDs (1) (3) des Controllers geben dem Nutzer genauere Informationen über den Zustand des Moduls.

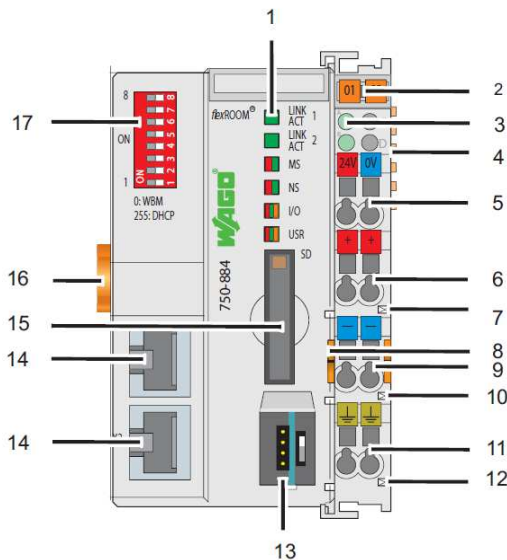


Abbildung 20: Merkmale des Applikationscontrollers BA 750-884 (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

Der Feldbus lässt sich auf der linken Seite des Moduls erweitern. Jede zusätzliche Erweiterung, sowie die der Feldbusanschluss besitzt einen Gruppenbezeichnungsträger (2), der herausnehmbar ist und über zusätzliche Beschriftung auf zwei Mini WSB Schildern verfügt. Punkt vier in Abbildung 20 zeigt Datenkontakte (4), die Benötigt werden, damit die Erweiterungen mit dem Controller kommunizieren können. Die Anschlüsse für die Systemversorgung (5) und für die Feldversorgung (6) (9) werden mit 24 Volt angesteuert und geerdet (11). Zudem verfügt der Controller

über einen 24 Volt Leistungskontakt (7) (10) der in Punkt 12 geerdet wird (12). Der Applikationscontroller wird über eine Service Schnittstelle (13), die für die Kommunikation mit WAGO-I/O-CHECK, WAGO-I/O-PRO und zum Firmware-Download genutzt wird. Die zwei Buchsen für die RJ45 Stecker werden für den Feldbusanschluss (14) benötigt können als zwei Port Ethernet Switch verwendet werden. Desweiteren wird eine Speichkarte (15) benötigt, um die Programmierung und Parametrierung des Controllers speichern zu können. Das Hutschienenmodul kann mittels der Verriegelungsscheibe (16) auf der Hutschiene befestigt oder gelöst werden. Aufgrund der Tatsache, dass mehrere Applikationscontroller BA 750-884 in einem System eingebunden werden, muss jedes Hutschienenmodul eine eigene ID bekommen, um Kommunikationsfehler zu vermeiden. Diese ID kann mit Hilfe der Adresswahlschalter (17) für jeden Controller manuell eingestellt werden. Da insgesamt eine Anzahl von acht Dip Schaltern am Modul die ID bestimmt sind 256 verschiedene IDs möglich.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

Die Erweiterung des Applikationscontroller BA 750-884 wird in Abbildung 21 zur Schau gestellt und sieht wie folgend aus. Der Applikationscontroller BA 750-884 (1) wird ganz

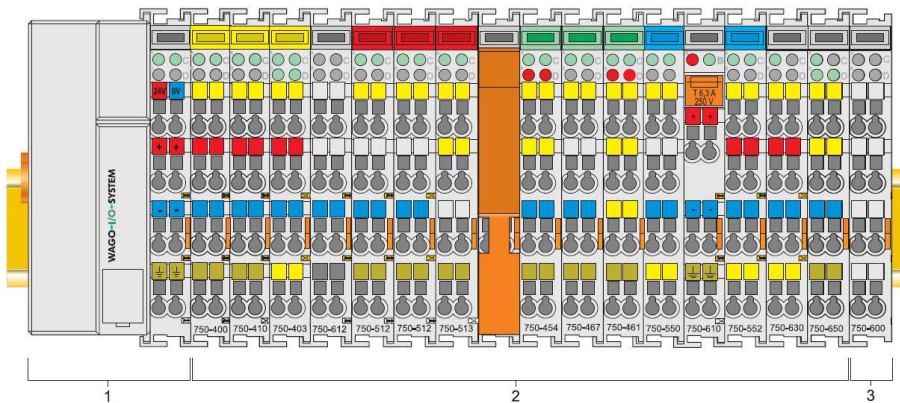


Abbildung 21: Aufbau des Feldbusses bei Wago (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

rechts in der Abbildung gezeigt. Dieser hat die Aufgabe den Feldbus an das System anzukoppeln und zu verwalten. Die Busklemmen (2) befinden sich in der Mitte und werden zum Einbinden diverser Sensoren und Aktoren

in das System benötigt und können bei Bedarf erweitert werden. Hierbei wird auch von einem I/O System oder Ein /Ausgabesystem (E/A-System) gesprochen. Die Endklemme (3) wird in Abbildung 21 ganz rechts dargestellt. Diese wird zwingend benötigt, um den Bus abzuschließen.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

Mögliche Funktionen des flexROOM Verteilers: Die Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG hat den flexROOM Verteiler entwickelt, um Bürogebäude mit ähnlichen Funktionen in mehreren Räumen, zu automatisieren. Hierbei werden vorgefertigte Hardware und Software Komponenten angeboten. Der flexROOM Verteiler soll dabei die Funktionen der Beleuchtungssteuerung, Jalousiesteuerung, Heizungs- und Klimareglung und Lüftung übernehmen. Alle Aktoren und Sensoren können über entsprechende Schnittstellen am Gehäuse des Verteilers montiert werden und können danach über Web Server parametrieren und anschließend über die Web Oberfläche visualisiert werden. Für die Einbindung andere Bussysteme sind Schnittstellen und Gateways in den flexROOM Verteiler eingebunden, die genauer unter Punkt 5.1.3 Kompatibilität / Gateways erläutert werden

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

5.1.2 Kommunikation

Aufgrund der Tatsache, dass mehrere flexROOM Verteiler miteinander vernetzt werden, stellt sich die Frage wie diese Bausteine untereinander kommunizieren. Desweiteren stellt sich die Frage wie die Einzelnen flexROOM Verteiler zentral, also in der Managementebene verwaltet werden. Je nach Bauart können acht bis 24 Büroräume mit dem flexROOM Verteiler automatisiert werden. Ist die Anzahl der zu automatisierenden Büroräume des Objektgebäudes größer, können zusätzliche Installationen von flexROOM Verteiler vorgenommen werden. Diese werden mit dem Steckverbinder System WAGO-WINSTA, der Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG vernetzt. Zudem können mehrere flexROOM Verteiler über Ethernet zu einem Netzwerk zusammengeführt werden. Dabei empfiehlt der Hersteller die Kommunikation des Bussystems, vom Gebäude eigenen Ethernet Netzwerk zu separieren.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

Was ist WAGO-WINSTA? Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt WAGO-WINSTA ein ist Steckverbinder System mit dem einzelnen Komponenten flexibel miteinander verbunden werden können. Diese Verbindung können Energieversorgung und -verteilung bis zu den Verbrauchern gewährleisten. Es gibt mehrere verschiedene Stecker Typen, für unterschiedliche Anwendungen.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

Die Managementebene: Die Querkommunikation sowie die zentrale übergeordnete Funktion der flexROOM Verteiler Systeme geschieht in der Managementebene. Dies geschieht über das MODBUS-Protokoll, welches nach IEC 61158 genormt ist. Die Kommunikationseinstellungen erfolgen ebenfalls wie bei der Parametrierung des Applikationscontrollers BA 750-884, über einen Standard-Web-Browser.

(WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG)

5.1.3 Kompatibilität und Gateways

Gateways oder auch Schnittstellen sind Software oder Hardware Übersetzung von einem System zum anderen Systemen. Die Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG hat den flexROOM Verteiler mit vielen verschiedenen Schnittstellen ausgestattet, um möglichst flexibel zu sein. Neben dem Ethernet Gateway und der Anbindung an übergeordnete Managementstationen via MODBUS/TCP, verfügt das Bussystem zudem Schnittstellen zu BACnet, KNX, DALI, LonWorks, SMI, M-Bus, MP-Bus, EnOcean sowie DMX.

5.1.4 Gegenüberstellung von Comexio und Wago flexROOM Verteiler

Im direkten Vergleich von Comexio Modulen und dem Wago flexROOM Verteiler fällt sofort die Erweiterbarkeit der beiden Systeme auf. Beide Hersteller bieten eine Erweiterung der Bussysteme durch Anschluss zusätzlicher Module an. Beim Wago flexROOM Verteiler können mehrere Bausteine miteinander vernetzt werden, um so mehrere Funktionen abdecken zu können. COMEXIO GmbH bietet eine Erweiterung der Funktionen durch zusätzliche Module mit unterschiedlichen Aufgabenbereichen an, die sich mittels des Flachbandkabels miteinander vernetzen lassen. Die Bürotypischen Funktionen, wie beispielsweise Licht, Innen- und Außenjalousie, Heizung, Klimatechnik und Lüftung der Objekte, werden von beiden Herstellern umgesetzt. Die Firma WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG hat im Vergleich mit der Firma COMEXIO GmbH eine Managementebene eingeführt, welche die zentralen Funktionen eines Gebäudes verwalten kann. Bei den Comexio Modulen fehlt diese Managementebene, was zu Problemen in der zentralen Verwaltung eines Gebäudes führen kann.

5.2 Der Vergleich mit dem EIBPORT Version 3

Die Firma BAB Technologie GmbH hat ihren Hauptsitz in Dortmund an der Rosemeyersstraße 14. Sie stellt unter anderem Produkte her, die mit KNX kompatibel sind und hat sich, nach eigener Aussage auf die entwickeln und den vertreiben spezieller Gateways spezialisiert. Der Anwendungsbereich dieser Technologien soll vom Einfamilienhaus über mittlere Objektgebäude, bis hin zu Großanlagen reichen. Unter anderem entwickelte die Firma BAB Technologie GmbH das Hutschienenmodul EIBPORT Version 3, welches die Gebäudesteuerung eines Objektes, mit dem Netzwerk und den Unterhaltungsmedien verbinden soll und den FACILITYMASTER, welcher für den Einsatz in Großgebäuden entworfen wurde. Beide obigen genannten Produkte der Firma BAB Technologie GmbH werden im nächsten Punkt explizit beschrieben.

(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

5.2.1 Funktionen und Module

Aus der Produktpalette, die von der Firma BAB Technologie GmbH angeboten wird, wurden zwei Module ausgewählt und im Folgenden dargestellt. Die Funktionen beziehungsweise das Anwendungsgebiet dieser Produkte, ist mit denen, von Comexio vergleichbar.

Der EIBPORT Version 3: Zunächst werden die Funktionen und die Eigenschaften des



Abbildung 22: EIBPORT Version 3 LAN KNX TP (Voltus GmbH, 2013)

EIBPORT Version 3 erläutert. Das Modul kann auf die Hutschiene nach DIN EN 60715 aufgeschnappt werden. Der EIBPORT Version 3 ist außerdem in verschiedenen Variationen für unterschiedliche Anwendungen erhältlich. Acht Variationen von Gateways sind dabei zu erwerben, die unter Punkt 5.2.3 Kompatibilität und Gateways noch genauer beschrieben werden. Abbildung 22 zeigt den

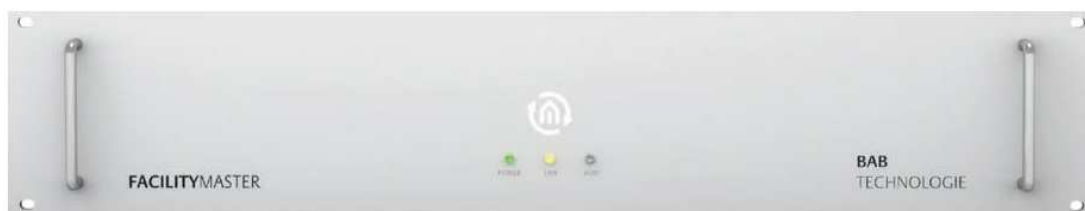
EIBPORT Version 3 mit einer Kombination aus LAN und KNX TP Gateways. Zudem verfügt das Hutschienenmodul über vier S0-Schnittstellen, die benutzt werden können, um diverse Zähler und Pulszähler einzubinden. Das Modul kann mit einer Gleichspannung von zehn Volt bis 30 Volt angesteuert werden und hat eine Leistung von circa 5W. Jedes Modul besitzt eine RJ45 Buchse und somit einen Ethernet LAN Port und besitzt eine eigene IP Adresse.

Der Zugriff auf das Bussystem geschieht über einen Standard Internet-Browser und ist vom PC, Laptop, Tablet oder Smartphone umsetzbar. Die Programmierung und die Parametrierung erfolgen über einen Computer und werden über die bereits integrierte Visualisierungssoftware, das Projektierungstool und das Konfigurationstool erstellt. Der Controller im Inneren des EIBPORT Version 3 ist ein Vortex 86DX 600MHz MHz Prozessor und das System kann auf 256MB RAM und 4GB Flash zugreifen.

(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

Der FACILITYMASTER: Dieser besondere Baustein der Firma BAB Technologie GmbH wurde für die Automatisierung von größeren Objekten entwickelt. Die Bauform ist ein 19 Zoll Einschubgehäuse mit insgesamt zwei Höheneinheiten und zählt damit zur IT-Umgebung. Das Modul besitzt einen Intel® Core™ i3 Prozessor mit 3,4 GHz und kann auf 4 GB 1600 MHz DDR3 Arbeitsspeicher, sowie zwei HDD Festplatte 500 GB, SATA RAID 1 zugreifen. Der FACILITYMASTER wird zentral in ein Netz eingebunden und verwaltet und visualisiert alle Clients im Netzwerk. Es sind maximal bis zu 2000 Clients bei dieser Visualisierung und Verwaltung denkbar. Abbildung 23 zeigt den 19 ZollEinschub FACILITYMASTER, der über zwei Gigabit Ethernet LAN Schnittstellen, eine Serielle COM 1 Schnittstelle und über die Anbindungsmöglichkeit von KNX/EIB über KNXnet/IP verfügen kann. Die Prozesse werden über das Betriebssystem Linux OS mit Xen VM gesteuert und verwaltet.

Abbildung 23: Darstellung des FACILITYMASTERS (Voltus GmbH, 2013)



(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

5.2.2 Kommunikation

Der EIBPORT Version 3: Die Kommunikation des EIBPORTS Version 3 ist zunächst abhängig vom Typ. Die acht verschiedenen Typen besitzen unterschiedliche Gateways und Schnittstellen, weshalb sich die Kommunikation der Typen unterscheidet. Die Kommunikation zu KNX/EIB Geräten geschieht über die KNX TP Leitung, oder über das Netz der Spannungsversorgung, bei KNX PL. Mit Hilfe des EnOcean Gateways ist die Kommunikation zu dem EnOcean Funkbus im 868 MHz Bereich umsetzbar. Zudem ist der EIBPORT Version 3

mit einem GSM Gateway erhältlich. GSM steht für „Global System for Mobile Communications“ und ist ein Standard für volldigitale Mobilfunknetze (Schnabel, 2015). Durch den LAN Port an jedem der EIBPORT Version 3 Module ist die Kommunikation über das Netzwerk und Internet möglich.

(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

Der **FACILITYMASTER** kommuniziert über die zwei Gigabit Ethernet LAN Schnittstellen, die beispielsweise zur Anbindung vom Internet an das Firmeneigene Intranet, oder für die Einbindung von KNX über KNXnet/IP benutzt werden können. Die Kommunikation beschränkt sich beim FACILITYMASTER demnach nur auf Netzwerkverbindungen.

(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

5.2.3 Kompatibilität und Gateways

Die Firma BAB Technologie GmbH hält ihre Module recht offen gegenüber anderen Produkten und Herstellern, da sie schließlich Gateways produzieren. Der EIBPORT Version 3 ist in acht Varianten erhältlich und kann folgende Gateways in Kombination erhalten:

- EIBPORT LAN KNX
- EIBPORT LAN KNX + EnOcean
- EIBPORT LAN KNX + GSM
- EIBPORT LAN Powernet KNX
- EIBPORT LAN Powernet KNX + EnOcean
- EIBPORT LAN Powernet KNX + GSM
- EIBPORT LAN EnOcean + GSM
- EIBPORT LAN EnOcean

(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

Jede verfügbare Variante des EIBPORTS Version 3 ist mit einem Gigabit Ethernet LAN Gateway versehen und wird darüber programmiert. Es gibt zwei verschiedene Arten der Gateways zu KNX/EIB: zum einen für KNX TP über eine Klemme für die Zweidrahtleitung und zum anderen für den Powernet Anschluss für 230 Volt an KNX. Desweiteren kann ein EnOcean Gateway ausgewählt werden, um beliebig viele Sensoren und bis zu 128 Aktoren in den Bus einzubinden. Das Modul wird für das EnOcean Gateway mit einer SMA Antenne ausgerüstet, um die Reichweite zu vergrößern. Zudem wird ein Gateway zu GSM angeboten. Über den speziellen SIM Karten Slot in dem Hutschienenmodul kann über das volldigitale Mobilfunknetz kommuniziert werden. Die vier S0 Schnittstellen sind an der oberen Seite der Modul und sind dafür gedacht, um diverse Zähler mit in den Bus zu implementieren. Die

Funktionsweise hierbei ist wie folgend: Die Pulse, die an der S0 Schnittstelle ankommen, werden von einem Software Befehl zu einem Zähler umgewandelt. Mit Hilfe eines USB Anschlusses kann eine Einbindung von 1-Wire stattfinden, um Sensoren einzubinden.

Der FACILITYMASTER hingegen verfügt über zwei Gigabit Ethernet LAN Gateways zu Kommunikation mit andern Netzwerken und über eine serielle COM 1 Schnittstelle. Die Einbindung andere Hardware muss hierbei über ein IP Gateways gesehen, wie zum Beispiel über KNXnet/IP.

(BAB TECHNOLOGIE GmbH, 2015)

5.2.4 Gegenüberstellung von COMEXIO und dem EIBPORT Version 3

Der Vergleich der Firma BAB Technologie GmbH und der Firma COMEXIO GmbH zeigt, dass die beiden Hersteller viele Gemeinsamkeiten aufweisen. Die direkte Gegenüberstellung des EIBPORT Version 3 und des Comexio IO-Server zeigt, dass die Hutschienenmodule auf ähnliche Art und Weise funktionieren. Beide Systeme verfügen über integrierte oder erweiterbare Gateways zu KNX, 1-Wire, EnOcean und haben eine Ethernet Anbindung. Die Firma BAB Technologie GmbH setzt zudem noch auf eine zusätzliche Anbindung zu GSM (Global System for Mobile Communications). Die Hutschienenmodule beider Firmen müssten über eine externe Spannungsversorgung angesteuert werden und bevorzugen eine Gleichspannung von circa 24 Volt.

Der FACILITYMASTER lässt dich nicht direkt mit den Modulen der Firma COMEXIO GmbH vergleichen, da dieser Baustein für zentrale und administrative Funktionen dient. Diese werden bei der Firma COMEXIO GmbH bei größeren Systemen mit mehr als 25 Modulen nur schwer oder nur mit anderen Systemen von Fremdfirmen erzielt.

5.3 Vergleich mit Rutenbeck

Die Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG hat ihren Hauptsitz in Schalksmühle, und hat sich auf verschiedene Produkte und Systeme der Kommunikationstechnik spezialisiert. Ein Bereich der im Folgenden genauer, aus der Produktionspalette der Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG beschrieben wird, ist die Telefunktion. Unter dem Begriff Telefunktion fasst der Hersteller, die Steuerung von Gebäudeautomation über ein TCP/IP-Netzwerk oder per WLAN, sowie GSM/GPS zusammen.

5.3.1 Funktionen und Module

Es werden zahlreiche Module der Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG auf der Serviceseite angeboten. Explizit behandelt dieser Abschnitt sechs Module aus dem Bereich Telefunktion. Dies bedeutet diverse IP-Schaltaktoren zur Steuerung und Regelung elektrischer Verbraucher über ein TCP/IP Netzwerk oder per WLAN, sowie GSM oder GPS. Aufgrund der Unterschiede der Funktionen der einzelnen Module werden die Module getrennt voneinander beschrieben.

TCR easy Plus: Zunächst wird das Hutschienenmodul TCR easy Plus genauer unter-



Abbildung 24: Darstellung des Rutenbeck TCR easy Plus (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)

sucht. Dieser Baustein soll das Schalten von elektrischen Geräten über das Telefonnetz ermöglichen und mit zwei Meldeeingängen den Nutzer im Störfall benachrichtigen. Dazu befindet sich ein potentialfreier Schaltkontakt an der unteren Seite des Moduls. Der Anschluss eines Temperatursensors ist zudem ebenfalls möglich. Die Nennbetriebsspannung liegt bei 230 Volt und 50 Hz bis 60 Hz. Das Modul wird über die Klemmsteine an der oberen Seite an ein Telefongerät angeschlossen. Über das Anwählen des TCR easy Plus über das angeschlos-

sene Telefon und durch Befolgung der Menüansagen wird der Baustein parametrierbar. Im Alarmfall werden maximal zwei Wahlversuche an die hinterlegten Rufnummern geschickt, um den Nutzer über den veränderten Zustand zu informieren. Der TCR easy Plus lässt sich von extern über eine Nummer anwählen, um den aktuellen Stand der Sensoren und Schaltaktoren abzufragen. Dieser Zugang ist mit einem vierstelligen Passwort gesichert.

(Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG, 2015)

TCR GSM/GPS: Dieses Hutschiene-Modul wurde von der Firma Wilhelm Rutenbeck



Abbildung 25: Darstellung des Rutenbeck TCR GSM/GPS (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)

GmbH & Co. KG entworfen, um Fernzuschalten und Störmeldungen über das Mobilfunknetz zu senden. Desweiteren besitzt der TCR GSM/GPS zwei Schaltausgänge, zwei Meldeeingänge und zwei analoge Eingänge für Temperatursensoren. Bei Zustandsänderung kann der Nutzer per SMS informiert werden. Hierfür wird eine SIM Karte benötigt, welche in den SIM-Karten-Slot platziert werden muss. Es können bis zu vier Rufnummern in der Programmierung

hinterlegt werden. Das Modul verfügt über einen zusätzlichen Anschluss an die Notstromversorgung und verfügt über ein integriertes Akku, welches die Nutzung gewährleisten kann, falls der Strom ausfällt. Mittels der USB Schnittstelle an diesem Modul kann der Zugriff über den Computer erfolgen. Die Programmierung kann mittels Computer, per Telefon, oder mit einer SMS geschehen. Zusätzlich ist eine GPS-Trackingfunktion umsetzbar, wenn der entsprechende GPS Empfänger an den TCR GSM/GPS angeschlossen wird.

(Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG, 2015)

TCR IP 4: Mit dem TCR IP 4 können diverse elektrische Geräte über ein TCP/IP-Netzwerk geschaltet werden. Hierfür benötigt das Hutschiene-Modul den Ethernet Anschluss, welcher oben auf dem Modul platziert wurde. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt hierbei 10 Mbit/s. Desweiteren besteht die Option einen Temperatursensor anzuschließen und Messdaten aufzunehmen. Die Insgesamt vier potentialfreien Schaltkontakte befinden sich auf der unteren Seite des TCR IP 4 und sind über das TCP/IP Netzwerk steuerbar. Hierfür befinden sich auf dem Modul zusätzlich Testknöpfe, welche die Schaltfunktion der Kontakte manuell überprüfen lassen können. Die Nennbetriebsspannung des Moduls liegt bei 100 Volt bis 240 Volt und 50 Hz bis 60 Hz Wechselspannung.



Abbildung 26: Darstellung des Rutenbeck TCR IP 4 (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)

(Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG , 2013)

TC GSM/GPS: Dieser Baustein wurde von der Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co.



Abbildung 27: Darstellung des Rutenbeck TC GSM/GPS (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)

KG für die Aufputz Wandmontage entwickelt und unterscheidet sich nur geringfügig von dem TCR GSM/GPS. Folgende Funktionen soll das Modul TC GSM/GPS übernehmen: Das Fernschalten und Störmelden von elektrischen Geräten über das Mobilfunknetz. Hierfür besitzt der TC GSM/GPS zwei potentialfreie Schaltkontakte, zwei Meldeeingänge, sowie zwei Anschlussmöglichkeiten für analoge Temperatursensoren. Die Programmierung kann über den Computer, über das angeschlossene Tele-

fon mit einem Anruf, oder mit einer SMS erstellt werden. Es können bis zu vier Rufnummern in der Programmierung hinterlegt werden, die im Störfall angewählt werden können. Diese Störmeldungen werden mittels GSM als SMS an die entsprechende Rufnummer gesendet. Dafür benötigt das Modul eine Sim Karte, die in den speziell hierfür angelegten Slot kommt. Der Anschluss eines GPS Empfängers ist zudem auch möglich.

(Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG, 2015)

TC IP 1: Mit dem TC IP 1 Modul können elektrische Geräte geschaltet werden. Hierfür müssen die Geräte in den 230 Volt Anschluss des TC IP 1 Moduls gesteckt werden. Der Baustein besitzt einen Schutzkontakt Stecker, der in die Steckdose gesteckt wird. So erhält der TC IP 1 seine Spannung. Über das TCP/IP Netzwerk kann auf das Modul die 230 Volt Spannung durchschalten und das angeschlossene Geräte mit Spannung versorgen. Hierfür befindet sich ein Ethernet Anschluss an dem TC IP 1 Modul. Die Datenübertragungsrate liegt hierbei genau wie beim TCR IP 4 bei 10 Mbit/s. Der Anschluss eines Temperatursensors ist optional, um die Raumtemperatur zu erfassen. Der Zugriff über das TCP/IP-Netzwerk ist mit einem Passwort gesichert. Zusätzlich ist eine Timer-Funktion für den 230 Volt Schaltausgang anwendbar, sowie die manuelle Schaltung des Gerätes.

(Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG, 2013)



Abbildung 28: Darstellung des Rutenbeck TC IP 1 (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)

Energy Manager TC IP 1 WLAN: Dieses Modul ist das erweiterte Grundmodul TC IP 1.



Abbildung 29: Darstellung des Rutenbeck Energy Manager TC IP 1 WLAN (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)

Der Baustein besitzt die gleichen Funktionen und erhält noch Zusatzfunktionen. Auch hier wird das Modul über den Schutzkontakt Stecker an eine 230 Volt Spannungsquelle angeschlossen und soll elektrische Geräte schalten. Der Schaltvorgang beim Energy Manager TC IP 1 WLAN kann über das TCP/IP Netzwerk mittels der direkten Kabelgebundenen Ethernet Verbindung, oder über WLAN geschehen. Die Übertragungsrate des Ethernet Anschlusses beträgt hierbei 10 Mbit/s bis 100 Mbit/s und die Übertragungsrate der WLAN Verbindung 11 Mbit/s bis 54 Mbit/s. Der Funkstandard entspricht dabei der IEEE 802.11b/g Norm, die bei einem Frequenzbereich von 2,4 GHz arbeitet. Zusätzlich ist eine sogenannte Timer-Funktion für den 230 Volt Schaltausgang anwendbar, sowie die manuelle Schaltung des Gerätes über Taster auf der Vorderseite. Desweiteren ist der Anschluss eines Temperatursensors möglich, um die aktuelle Raumtemperatur aufzunehmen und dem Nutzer zu vermitteln.

(Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG, 2013)

5.3.2 Kommunikation

Die Module der Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG arbeiten alle autark und sind nicht in eine Busstruktur integriert. Daher ist die Kommunikation der Module untereinander schwierig umzusetzen. Aufgrund der TCP/IP Netzwerkgebundenen Module: Energy Manager TC IP 1 WLAN, TC IP 1, sowie dem TCR IP 4 und dem TCR GSM/GPS Modul, welches eine USB Verbindung besitzt, kann eine Kommunikation der Module untereinander stattfinden. Mittels einer übergeordneten Software können die Befehle an die Module über das TCP/IP Netzwerk und über die USB Schnittstelle ausgelesen werden und gegebenenfalls weiter verarbeitet werden.

5.3.3 Kompatibilität und Gateways

Sämtliche Geräte der Kategorie Telefunktion der Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG sind dafür ausgelegt, mehrere verschiedene Kommunikationsmöglichkeiten zu verwalten. Es werden verschiedene Schnittstellen zu GSM, GPS, USB, WLAN und TCP/IP Netzwerken angeboten. Zudem lassen sich Sensoren und Aktoren über speziell zu Verfügung gestellte Anschlussmöglichkeiten einbinden. Die Kommunikation zu anderen Bussystemen von

Fremdfirmen lässt sich nicht umsetzen mit den vorhandenen Modulen, da keinerlei Gateways und Schnittstellen vorhanden sind.

5.3.4 Gegenüberstellung von COMEXIO und Rutenbeck

Bei der Betrachtung der Produktpaletten der Firmen Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG und COMEXIO GmbH fällt auf, dass die Firma COEMEXIO GmbH sich ausschließlich auf Hutschienenmodule spezialisiert hat wohingegen die Firma Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG zudem auch Aufputz Module anbietet. Beide Hersteller bieten eine Vielzahl von verschiedenen Gateways an. Rutenbeck setzt hierbei auf GSM, GPS, USB, WLAN und TCP/IP Netzwerke. Die Kommunikation über GSM und GPS ist mit den Modulen der Firma COMEXIO GmbH nicht möglich, dafür fehlen bei dem Bausteinen der Firmen Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG Gateways zu anderen Bussystemen wie beispielsweise KNX oder EnOcean.

6 Fazit

Das Fazit gliedert sich in die Bereiche *Planung*, *empirischer Teil*, *alternative Lösungsentwürfe* und *COMEXIO im Vergleich mit anderen Systemen*.

6.1 Planung

Mithilfe der Planung lassen sich Kosten besser einschätzen und vermeiden. Das Gebäudebussystem der COMEXIO GmbH ist erst lohnenswert ab einer bestimmten Anzahl von Funktionen, beziehungsweise ab einem bestimmten Maß an Funktionalität. Dies bedeutet, dass eine Automatisierung mit Comexio lediglich für Lichtfunktionen wenig Sinn macht, da die Umsetzung ohne ein Bussystem wesentlich kosteneffizienter realisierbar ist. Erst wenn Funktionen, wie beispielsweise Heizung, Kühlung, Lüftung oder Innen- und Außenjalousien, mit in die Automatisierung einfließen sollen, bringt das Gebäudebussystem Comexio eine gewisse Kostenreduktion im Vergleich zur konventionellen Elektroverdrahtung.

Dank der gut strukturierten und sehr ausführlichen Darlegung der einzelnen Bussystemkomponenten auf der Serviceseite der COMEXIO GmbH, war die Planung eines Objektgebäudes gut umsetzbar.

6.2 Empirischer Teil

Mithilfe des empirischen Teils war es möglich, genauere Informationen sowie Erfahrungen im Umgang mit der Gebäudeautomation Comexio zu sammeln. Durch das Erstellen eines Testobjektes mit dem die Simulation von zwei Büroräumen durchgeführt wurde, ließen sich Problematiken genauer erkennen und Herausforderungen schneller lösen.

Die verschiedenen Möglichkeiten der Programmierung des Bussystems zeigen den Umfang und die Leistungsfähigkeit, die mit Hilfe von Comexio erreicht werden können. Beispielsweise können aufgrund der Programmierung über das Dashboard, über die Programmierung mit dem Funktionsbaustein sowie über die eigens von COMEXIO GmbH entwickelte Comexio AWL viele verschiedene Funktionen realisiert werden. Diese unterschiedlichen Programmieroptionen können zusammenarbeiten und gemeinsam Aufgaben bewältigen. Zudem ist die Kommunikation zu anderen Systemen wie KNX, EnOcean oder 1-Wire mittels Gateways realisierbar.

Die hardwaretechnischen Aufgaben übernehmen bei Comexio viele verschiedene Hutschienenmodule, die alle miteinander vernetzt werden, um so miteinander zu kommunizieren. Bei Erweiterungen der gewünschten Funktionen lassen sich neue Module und Erweiterungen an den Bus anschließen, bis zu einem Maximum von 25 Hutschienenmodulen. Dieses Maximum von 25 Modulen ist recht schnell erreicht bei der Planung eines Objektgebäudes. Bei einer Hochrechnung mit bürotypischen Funktionen lassen sich auf diese Art 15 Bü-

roräume mit dem Bussystem Comexio automatisieren. Bei einem Bedarf von mehr als 15 Büroräumen bleibt nur die Option für eine Erweiterung durch einen weiteren Server, der ebenso 25 Module verwalten kann. Die Kommunikation der Server beziehungsweise der 25 Module zu den 25 Modulen ist mit Comexio leider nicht umsetzbar. Es kann pro 25 Module je ein Modul ausgewählt werden, welches zentrale Funktionen übernehmen soll. Dies ist aber nur bis zu einer bestimmten Anzahl von Funktionen machbar, da sonst mehr Module für Kommunikation untereinander pro Server benötigt werden, als Module für das Ausführen der Funktionen gebraucht werden.

6.3 Alternative Lösungsentwürfe

Um die in Punkt 6.2 bereits angesprochene Herausforderung bewältigen zu können, wird mit Hilfe von Produkten anderer Hersteller versucht, die mangelnde Kommunikation der Linien (25 Module und ein Server) untereinander herzustellen. Mittels des KNX Gateways, dass an jedem IO-Server vorhanden ist und somit einmal pro Linie vorkommt, kann mit dem Bussystem KNX kommuniziert werden. So lässt sich, wie in Punkt 4.1.3 bereits beschrieben wurde, die Kommunikation der Comexio Elemente mittels der KNX Topologie über Linien- und Bereichskoppler gewährleisten. Die Verbindung zwischen den KNX Komponenten und dem Comexio IO-Server lässt sich einfach programmieren und mit Hilfe des Busmonitors in der ETS kontrollieren. Sieht man Comexio als Zusatz zum KNX System, so lässt sich der KNX Bus mittels des IO-Servers erweitern und es können kostengünstig Gateways zu EnOcean und 1-Wire genutzt werden. Zudem kann der IO-Server mittels der neun integrierten Potentialfreien Schaltkontakte zusätzlich als Schaltaktor fungieren. Ferner benötigt jeder IO-Server nur eine physikalische Adresse im KNX Bus, der wiederum mit 25 Extension erweitert werden kann.

Mit den neu erlangten Methoden, beziehungsweise mit dem Integrieren von KNX Bauteilen ist es demnach möglich, ein Objektgebäude zu automatisieren. Es wird eine dezentrale Abwicklung der ortsgebundenen Funktionen, wie beispielsweise Licht und Anwesenheit, vom Comexio Bus übernommen und eine übergeordnete KNX Topologie für zentrale und administrative Funktionen, wie zum Beispiel Heizung, Kühlung, Lüftung und Außenjalousien, verwendet.

Im letzten Schritt wird das zusammengesetzte System, bestehend aus KNX und Comexio Elementen, über die Software iP-Symcon, die unter Punkt 4.3 Zentrale Administration über IP-Symcon genauer erläutert wird, verwaltet. Dies geschieht, indem ein spezielles Gateway in den KNX Bus implementiert wird und Daten und Telegramme bidirektional zwischen KNX und iP-Symcon schickt. Mit diesem Programm ist die Visualisierung, die bereits mittels des Comexio Dashboards dezentral in den Büroräumen verwendet werden kann, auch zentral durchführbar. Desweiteren kann so beispielsweise der Stromverbrauch für das Gebäude,

die Etagen oder für die einzelnen Räume überwacht werden, da die Comexio Module über eine integrierte Strommessung verfügen und diese an den KNX Bus übermitteln können.

6.4 COMEXIO im Vergleich mit anderen Systemen

Im Vergleich mit Systemen anderer Hersteller fällt auf, dass viele Funktionen und Eigenschaften bereits in anderen Systemen vorhanden sind. Comexio vereint viele verschiedene Funktionen, die so nur von einzelnen Herstellern angeboten werden. Als Beispiel hierfür lässt sich die Kompatibilität zu anderen Bussystemen aufzeigen dank der entsprechenden Gateways, die Visualisierung der einzelnen Abläufe und Funktionen sowie die integrierte Strommessung der einzelnen Module. Comexio könnte bezüglich der Automatisierung bei größeren Objektgebäuden erweitert werden, da viele andere Firmen fertige Bausteine aus einzelnen Modulen liefern, die einfacher anzuschließen sind und autark agieren können. Der Grundstein dafür liegt schon in der Comexio Programmierung. Desweiteren wird von der Firma COMEXIO GmbH die Eigenschaft "webbasiert" angepriesen. Da die Software betreffend aber keine nutzerfreundliche Schnittstelle aus dem System nach außen angeboten wird sollte in diese Richtung ebenfalls Entwicklungen stattfinden.

Literaturverzeichnis

Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften. (2015). *Rutenbeck TCR easy plus*. Abgerufen am 24. März 2015 von Amazon Serviceseite: <http://www.amazon.de/Rutenbeck-700802200-TCR-easy-plus/dp/B000N97WAO>

Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften. (2015). *Rutenbeck TCR GSM/GPS*. Abgerufen am 24. März 2015 von Amazon Serviceseite: <http://www.amazon.de/Rutenbeck-Fernschalt-St%C3%B6rmeldeger%C3%A4t-Fernmeldetechnik-4043921065365/dp/B005MI5B40>

Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften. (2015). *Rutenbeck Energy Manager TC IP 1 WLAN*. Abgerufen am 24. März 2015 von Amazon Serviceseite: http://www.amazon.de/IP-Steckdose-WLAN-Energy-Manager/dp/B00TXC7E1O/ref=sr_1_3?s=ce-de&ie=UTF8&qid=1427182058&sr=1-3&keywords=TC+IP+1

Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften. (2015). *Rutenbeck Fernschaltgerät TCR IP4*. Abgerufen am 24. März 2015 von Amazon Serviceseite: <http://www.amazon.de/Rutenbeck-Fernschaltger%C3%A4t-Zusatzger%C3%A4t-Fernmeldetechnik-4043921654507/dp/B004PFCHDE>

Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften. (2015). *Rutenbeck TC GSM/GPS*. Abgerufen am 24. März 2015 von Amazon Serviceseite: http://www.amazon.de/Rutenbeck-GSM-reinwei%C3%9F-%C3%A4hnlich-9010/dp/B001DGILEC/ref=sr_1_1?s=ce-de&ie=UTF8&qid=1427182012&sr=1-1&keywords=TC+GSM%2FGPS

Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften. (2015). *Rutenbeck TC IP 1*. Abgerufen am 24. März 2015 von Amazon Serviceseite: http://www.amazon.de/IP-Steckdose-TC-1/dp/B005ZSDWWK/ref=sr_1_1?s=ce-de&ie=UTF8&qid=1427182058&sr=1-1&keywords=TC+IP+1

BAB TECHNOLOGIE GmbH. (2015). *Das Unternehmen*. Abgerufen am 22. März 2015 von BAB TECHNOLOGIE Serviceseite: <http://www.bab-tec.de/index.php/Unternehmen.html>

BAB TECHNOLOGIE GmbH. (2015). *EIBPORT Version 3*. Abgerufen am 22. März 2015 von BAB TECHNOLOGIE Serviceseite: Produkte: Hardware:: http://www.bab-tec.de/index.php/eibport_v3_de.html

BAB TECHNOLOGIE GmbH. (2015). *FACILITYMASTER*. Abgerufen am 22. März 2015 von BAB TECHNOLOGIE Serviceseite: Produkte: Hardware:: <http://www.bab-tec.de/index.php/facility-master.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *COMEXIO AWL*. Abgerufen am 3. März 2015 von Downloadbereich: AWL Tutrial: <http://www.comexio.com/downloadbereich/AWL%20Tutorial.pdf>

COMEXIO GmbH. (2013). *Das Grundprinzip der Verdrahtungstopologie*. Abgerufen am 3. März 2015 von Service und Support: Dokumentation: Grundlagen: Verdrahtung: <http://www.comexio.com/service-und-support/dokumentation/grundlagen/verdrahtung.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *EnOcean Unit*. Abgerufen am 21. Januar 2015 von Comexio Serviceseite: Systeme: IO-Systeme: <http://www.comexio.com/shop/server/comexio-enocean-unit.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *IO-Extension*. Abgerufen am 21. Januar 2015 von Comexio Serviceseite: Systeme: IO-Systeme: <http://www.comexio.com/shop/server/comexio-io-extension.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *IO-Server*. Abgerufen am 21. Januar 2015 von Comexio Serviceseite: Systeme: Comexio IO-Systeme: <http://www.comexio.com/shop/server/comexio-io-server-143.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *LED-Dimmer*. Abgerufen am 21. Januar 2015 von Comexio Serviceseite: Systeme: IO-Systeme: <http://www.comexio.com/shop/server/comexio-led-dimmer.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *Netzteil 24V DC 30W*. Abgerufen am 21. Januar 2015 von Comexio Serviceseite: Onlineshop: Zubehör Allgemein: <http://www.comexio.com/shop/sensoren-und-zubehoer/zubehoer-allgemein/netzteil-24vdc-30w.html>

COMEXIO GmbH. (2015). *Über uns*. Abgerufen am 3. März 2015 von Comexio Serviceseite: Startseite: <http://www.comexio.com/ueber-uns>

COMEXIO GmbH. (2013). *Universal Dimmer*. Abgerufen am 3. März 2015 von Comexio Serviceseite: Systeme: IO-Systeme: <http://www.comexio.com/shop/server/comexio-universal-dimmer.html>

COMEXIO GmbH. (2013). *W-LAN Router*. Abgerufen am 21. Januar 2015 von Comexio Serviceseite: Onlineshop: Zubehör Allgemein: <http://www.comexio.com/shop/sensoren-und-zubehoer/zubehoer-allgemein/netgear-w-lan-router.html>

Elaborated Networks GmbH. (2015). *Informationen über den 1-Wire-Bus*. Abgerufen am 18. März 2015 von Wiregate Serviceseite: Ratgeber: 1-Wire Bus: <http://shop.wiregate.de/1-wire-bus>

Jäckel Elektrotechnik. (27. Mai 2013). *KNX-Buseigenschaft*. Abgerufen am 15. März 2015 von elektrobasist:Unternehmen:Elektro:Gebaudesystemtechnik:KNX-EIB: <http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2http://www.elektrobasis.de/Unternehmen/Elektro/Gebaudesystemtechnik/KNX-EIB/KNX-Buseigenschaft/knx-buseigenschaft.htm>

KNX Association. (2013). *Grundlagenwissen*. Abgerufen am 16. März 2015 von KNX-Serviceseite: fileadmin: downloads: http://www.knx.org/fileadmin/downloads/08%20-%20KNX%20Flyers/Grundlagenwissen%20zum%20KNX%20Standard/Grundlagenwissen_zum_KNX_Standard_German.pdf

Kunbus GmbH. (09. Februar 2015). *Der zufällige Buszugriff anhand des CSMA-Verfahrens*. Abgerufen am 16. März 2015 von Kunbus Serviceseite: Praxiswissen: <http://www.kunbus.de/zufaellige-buszugriff-anhand-des-csma-verfahrens.html>

RS Components GmbH. (2012). *Sammelschiene*. Abgerufen am 16. März 2015 von RS Components Serviceseite: Produkte: http://de.rs-online.com/web/p/product/7158923/?grossPrice=Y&cm_mmc=DE|Shopping-_-Google+PLA-_-ABB|Sammelschiene-_-7158923&kpid=&kpid=7158923&istCompanyId=52a64cda-ce26-40e3-8e0a-3440bb7baaa2&istItemId=xiratrqiw&istBid=tztx

Schnabel, P. (2015). *GSM*. Abgerufen am 23. März 2015 von Elektronik Kompendium: Kommunikationstechnik: <http://www.elektronik-kompendium.de/sites/kom/0910181.htm>

Symcon GmbH. (2015). *Einfuehrung*. Abgerufen am 18. März 2015 von iP-Symcon Service: <http://www.ip-symcon.de/service/dokumentation/einfuehrung/systemvoraussetzungen/>

Voltus GmbH. (2013). *EIBPORT LAN KNX TP Version 3*. Abgerufen am 22. März 2015 von Voltus Onlineshop: Hausautomation: KNX/EIB: Nach Hersteller: BAB Technologie: Gateways: <http://www.voltus.de/hausautomation/knx-eib/nach-hersteller/bab-technologie/gateways/bab-tec-10104-eibport-lan-knx-tp-gateway-version-3.html>

Voltus GmbH. (2013). *FACILITYMASTER*. Abgerufen am 22. März 2015 von Voltus Onlineshop: Hausautomation: KNX/EIB: Nach Hersteller: BAB Technologie: Gateways: <http://www.voltus.de/hausautomation/knx-eib/nach-hersteller/bab-technologie/gateways/bab-tec-10310-facilitymaster-gateway-fuer-grossprojekte.html>

WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (kein Datum). *flexROOM Office Verteiler*. Abgerufen am 20. März 2015 von Wago Service: Lösungen: Gebaeudetechnik: Gebaeudeautomation: <http://www.wago.de/loesungen/gebaeudetechnik/gebaeudeautomation/systembeschreibung/flexroom/index.jsp>

WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (kein Datum). *Handbuch WAGO-I/O-System 750-884/0000-000x*. Abgerufen am 20. März 2015 von Wago Service: eShop: Application Controller BA 750-884: www.wago.de/download.esm?file=\download\00226822_0.pdf&name=m07500884_00000000_0_0_de.pdf

WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG. (kein Datum). *Wago WINSTA*. Abgerufen am 20. März 2015 von Wago Service: Informationen: <http://www.wago.com/infomaterial/pdf/51233078.pdf>

Webdesign & Entwicklung Alexander Kirpal. (2013). *Kostenvergleich*. Abgerufen am 3. März 2015 von Kirpal Service: Information: Bauherr: Kosten: <http://www.kirpal.net/Information/Bauherr/Kosten/Kostenvergleich.aspx>

Weinzierl Engineering GmbH. (2014). *KNX ENO 634*. Abgerufen am 18. März 2015 von Weinzierl Service: Alles KNX: KNX Geräte: <http://www.weinzierl.de/index.php/de/alles-knx1/knx-devices/knx-eno-634>

Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG. (19. Juni 2013). *TCR IP 4*. Abgerufen am 24. März 2015 von Rutenbeck: Produkte: Fernschaltgeräte IP: http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700802610de_01.pdf

Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG. (19. Juni 2013). *Energy Manager TC IP 1 WLAN*. Abgerufen am 24. März 2015 von Rutenbeck: Produkte: Fernschaltgeräte IP: http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700902620de_01.pdf

Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG. (28. Januar 2015). *TC GSM/GPS*. Abgerufen am 24. März 2015 von Rutenbeck: Produkte Fernschalt und Störmeldegeräte: http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700902600de.pdf

Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG. (19. Juni 2013). *TC IP 1*. Abgerufen am 24. März 2015 von Rutenbeck: Produkte: Fernschaltgeräte IP: http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700902610en_01.pdf

Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG. (28. Januar 2015). *TCR easy Plus*. Abgerufen am 24. März 2015 von Rutenbeck: Produkte Fernschalt und Störmeldegeräte:: http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700802200de_01.pdf

Wilhelm Rutenbeck GmbH & Co. KG. (28. Januar 2015). *TCR GSM/GPS*. Abgerufen am 24. März 2015 von Rutenbeck: Produkte Fernschalt und Störmeldegeräte:: http://www.rutenbeck.de/uploads/tx_commercedownloads/700802600de.pdf

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. . (7. Oktober 2013). *Erfolgsgeschichte*. Abgerufen am 16. März 2015 von KNX Serviceseite: Bauen mit KNX: : <http://www.knx.de/knx-de/bauen-mit-knx/erfolg/index.php>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kosten und Funktionalität im Vergleich (Webdesign & Entwicklung Alexander Kirpal, 2013)	8
Abbildung 2: Das Grundprinzip der Verdrahtungstopologie (COMEXIO GmbH, 2013)....	11
Abbildung 3: Testobjekt mit allen Bauelementen (Eigene Darstellung 2015)	16
Abbildung 4: Hutschienenmodul IO-Server (COMEXIO GmbH, 2013)	17
Abbildung 5: Hutschienenmodul IO-Extension (COMEXIO GmbH, 2013)	17
Abbildung 6: Hutschienenmodul EnOcean-Unit (COMEXIO GmbH, 2013)	18
Abbildung 7: Hutschienenmodul LED-Dimmer (COMEXIO GmbH, 2013)	18
Abbildung 8: Hutschienenmodul Universal Dimmer (COMEXIO GmbH, 2013)	19
Abbildung 9: Netgear WLAN Router WNR1000 (COMEXIO GmbH, 2013)	19
Abbildung 10: Hutschienenmodul Transformator 230V/24V (COMEXIO GmbH, 2013)...	20
Abbildung 11: Ein- und Ausgänge der Module benennen (Eigene Darstellung, 2015)	21
Abbildung 12: Einbindung von EIB/KNX (Eigene Darstellung, 2015)	22
Abbildung 13: Programmierung über Funktionspläne (Eigene Darstellung, 2015)	23
Abbildung 14: Benutzeroberfläche (Eigene Darstellung, 2015)	24
Abbildung 15: Verteilung der Module pro Büroraum (Eigene Darstellung)	26
Abbildung 16: KNX Busklemme (RS Components GmbH, 2012).....	29
Abbildung 17: Mögliche KNX Topologie (Jäckel Elektrotechnik, 2013)	30
Abbildung 18: Gruppenadressen zwei- und dreistufig (Eigene Darstellung, 2015)	31
Abbildung 19: Comexio mit einer KNX Verwaltungsstruktur (Eigene Darstellung, 2015).	33
Abbildung 20: Merkmale des Applikationscontrollers BA 750-884 (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG).....	43
Abbildung 21: Aufbau des Feldbusses bei Wago (WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG).....	44
Abbildung 22: EIBPORT Version 3 LAN KNX TP (Voltus GmbH, 2013)	47
Abbildung 23: Darstellung des FACILITYMASTERS (Voltus GmbH, 2013)	48
Abbildung 24: Darstellung des Rutenbeck TCR easy Plus (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015).....	51
Abbildung 25: Darstellung des Rutenbeck TCR GSM/GPS (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015).....	52
Abbildung 26: Darstellung des Rutenbeck TCR IP 4 (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015).....	52
Abbildung 27: Darstellung des Rutenbeck TC GSM/GPS (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015).....	53
Abbildung 28: Darstellung des Rutenbeck TC IP 1 (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015).....	53
Abbildung 29: Darstellung des Rutenbeck Energy Manager TC IP 1 WLAN (Amazon.com, Inc. oder Tochtergesellschaften, 2015)	54

Selbständigkeitserklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die von mir vorgelegte Prüfungsleistung selbständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erstellt worden ist. Alle verwendeten Quellen sind in der Arbeit so aufgeführt, dass Art und Umfang der Verwendung nachvollziehbar sind.

Ort, Datum

Unterschrift