

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Frau

**Sarah Köhler**

**Smart Home – Untersuchung  
der Möglichkeiten und Poten-  
tiale eines vernetzten Heims**

Mittweida, 2022



Fakultät Elektro- und Informationstechnik

## **DIPLOMARBEIT**

# **Smart Home – Untersuchung der Möglichkeiten und Potentiale eines vernetzten Heims**

Autor:

**Frau Sarah Köhler**

Studiengang:

**Industrial Engineering**

Seminargruppe:

**IE20w1-D**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Ing. Christian Schulz**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr.-Ing. Swen Schmeißer**

Einreichung:

**Mittweida, 30.06.2022**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2022**



---

## **Bibliografische Beschreibung:**

Köhler, Sarah:

Smart Home – Untersuchung der Möglichkeiten und Potentiale eines vernetzten Heims.  
2022 – 51 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Diplomarbeit, 2022

### **Referat:**

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit verschiedenen Smart Home Systemen. Das Hauptziel ist, einen Überblick über die gegebenen Möglichkeiten und technischen Hintergründe zu erhalten. Zunächst sollen grundsätzliche Funktionen aufgezeigt werden. Anschließend werden Funktionsweisen verschiedener Systeme betrachtet. Zusätzlich werden zwei verschiedene Praxisbeispiele betrachtet. Eines ist das Philips Hue System zum Nachrüsten in Bestandswohnungen. Ein weiteres ist das Loxone System in einem neugebauten Haus.









# Inhalt

Inhalt	1
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>3</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>5</b>
<b>0 Übersicht</b>	<b>7</b>
0.1 Motivation	7
0.2 Zielsetzung	7
0.3 Kapitelübersicht	8
<b>1 Potentiale des Einsatzes von Smart Home Technologien</b>	<b>10</b>
1.1 Definition eines Smart Home	10
1.2 Energieeffizienz	10
1.3 Komfort	12
1.4 Sicherheit	14
1.5 Gesundheit	15
1.6 Entertainment	15
<b>2 Die Herausforderungen des Einsatzes von Smart Home Systemen</b>	<b>18</b>
2.1 Angriffe auf das Smart Home	18
2.2 Sicherheitslücken in Smart Devices	20
<b>3 Aufbau und Funktionsweise eines Smart Home Systems</b>	<b>21</b>
3.1 Zentrales vs. Dezentrales Smart Home	21
3.2 Kabelgebundene Smart Home Systeme	22
3.2.1 Das KNX-Bussystem	22
3.2.2 Das Loxone System	23
3.2.3 Powerline Systeme	24
3.3 Funkbasierte Smart Home Systeme	26
3.3.1 Grundlagen der Datenübertragung	27
3.3.2 Das 433MHz-System	27
3.3.3 WLAN	28

3.3.4	DECT .....	30
3.3.5	Bluetooth.....	31
3.3.6	EnOcean.....	32
3.3.7	ZigBee .....	32
3.3.8	Z-Wave .....	33
<b>4</b>	<b>Grundlagen der Gebäudeautomation .....</b>	<b>35</b>
4.1	<i>Szenen .....</i>	35
4.2	<i>Der Einsatz von Sensoren und Messeinrichtungen .....</i>	37
4.2.1	Fenster- und Türkontakte .....	37
4.2.2	Bewegungsmelder .....	38
4.2.3	Präsenzmelder.....	38
4.2.4	Temperatursensoren.....	39
4.2.5	Sonstige Sensoren im Smart Home .....	39
4.3	<i>Eingesetzte Aktoren.....</i>	41
<b>5</b>	<b>Nachrüstung einer smarten Beleuchtung .....</b>	<b>43</b>
5.1	<i>Ausgangssituation und Anforderungen .....</i>	43
5.2	<i>Das Philips Hue System.....</i>	44
5.3	<i>Installation des Philips Hue Systems.....</i>	45
5.4	<i>Fazit zum Philips Hue System.....</i>	47
<b>6</b>	<b>Smarte Beleuchtung mit Loxone .....</b>	<b>49</b>
6.1	<i>Ausgangssituationen und Anforderungen.....</i>	49
6.2	<i>Grundlegender Aufbau des Loxone Systems .....</i>	50
6.3	<i>Beleuchtungssteuerung mit Loxone .....</i>	50
6.4	<i>Heizungssteuerung mit Loxone.....</i>	52
6.5	<i>Fazit zum Loxone System.....</i>	53
<b>7</b>	<b>Fazit .....</b>	<b>54</b>
7.1	<i>Ergebnisse.....</i>	54
7.2	<i>Ausblick .....</i>	55
<b>Literatur 57</b>		
<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>		<b>61</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Vergleich der Anteile des Netto-Stromverbrauchs der privaten Haushalte 2008 und 2018 .....	11
Abbildung 2: Mögliche Angriffe auf das Smart Home.....	18
Abbildung 3: Zugelassene Topologien der Tree-Extension.....	24
Abbildung 4: TCP/IP Schichtenmodell.....	29
Abbildung 5: Reed Kontakt offen und geschlossen durch Magnetfeld .....	37
Abbildung 6: Wohnungsgrundriss.....	43
Abbildung 7: Grundriss Erdgeschoss; eigene Darstellung .....	49
Abbildung 8: Grundriss Obergeschoss; eigene Darstellung.....	49
Abbildung 9: Programmierung der Küchenbeleuchtung.....	51
Abbildung 10: Programmierung Beleuchtung Galerie mit Bewegungsmelder .....	52

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: IEEE-Standards und ihre Datenübertragungsrate.....	28
Tabelle 2: Übersicht verschiedener Sensoren zu unterschiedlichen Messgrößen .....	40

# Abkürzungsverzeichnis

<b>AAL</b>	Ambient Assisted Living
<b>ARP</b>	Adress Resolution Protocol
<b>DECT</b>	digital enhanced cordless telecommunication
<b>dS</b>	digitalSTROM
<b>dSM</b>	digitalSTROM-Meter
<b>dSS</b>	digitalSTROM-Server
<b>FFD</b>	full function device
<b>ftp</b>	file transfer protocol
<b>http</b>	hypertext transfer protocol
<b>ICMP</b>	Internet Control Message Protocol
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IFTTT</b>	if this than that
<b>IP</b>	Internet Protokoll
<b>KNX</b>	Konnex
<b>PPP</b>	Point-to-Point Protocol
<b>smtp</b>	simple mail transfer protocol
<b>TCP</b>	Transport Control Protocol
<b>UDP</b>	User Datagramm Protocol
<b>ULE</b>	ultra low energy
<b>UNII</b>	Unlicensed National Information Infrastructure
<b>vDC</b>	virtual device container
<b>WLAN</b>	wireless local area network



## 0 Übersicht

Im einleitenden Kapitel werden die Motivation und die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit besprochen. Gleichzeitig erfolgt ein kurzer Überblick zu den einzelnen Kapiteln dieser Arbeit.

### 0.1 Motivation

Der Technologische Fortschritt ist unaufhaltsam und schreitet immer weiter voran. Computer, die vor 20 Jahren eine Neuheit waren, die mehrere Kilo wog, tragen heute mehr und mehr Menschen ganz mühelos in ihrer Hosentasche. Das Smartphone hat mit einem einfachen Telefon kaum noch etwas gemeinsam. Mittlerweile wurden auch weitere Alltagsgegenstände, wie Uhren, Waagen, Fernseher, Sportgeräte und selbst Autos mit einer Vielzahl an Funktionen ausgestattet und dadurch intelligenter gemacht. Diese Geräte sollen der Menschheit den Tagesablauf vereinfachen und effizienter gestalten.

Automatisierungsprozesse, wie sie aus der Industrie bekannt sind, finden immer häufiger Einzug in Wohngebäude, um auch hier die Effizienz im Alltag zu steigern. Mit Hilfe von Sensoren und Aktoren können die modernen Geräte intensiver genutzt werden. Ziel dabei können Kosteneinsparungen, Steigerung des Wohlbefindens oder der Sicherheit sein. Auch auf die Gesundheit kann das smart Home einen Einfluss haben. Wie alle bereits genannten Geräte stelle das intelligente Heim eine weitere Entwicklungsstufe des bisher Gewohnten dar.

Neben den angepriesenen Vorteilen der Hersteller bringt das Smart Home und eine Umstellung/ Umgewöhnung dazu auch Nachteile mit sich. Instabile oder ungesicherte Netzwerke können ein Problem für den Alltag und eine Gefährdung der Sicherheit darstellen.

### 0.2 Zielsetzung

In dieser Arbeit sollen Vor- und Nachteile eines Smart Homes betrachtet werden. Gleichzeitig sollen die allgemeinen Möglichkeiten und grundlegenden Funktionsweisen dazu aufgezeigt werden. Im Weiteren soll besonders der technische Hintergrund erarbeitet werden. Dazu wird ermittelt, was zur Realisierung eines Smart Homes notwendig ist und welche Varianten es dabei gibt.

Neben den grundlegenden Automatisierungsregeln und -verfahren sollen auch die Bestandteile des intelligenten Heims betrachtet werden. Durch verschiedene Sensoren und Aktoren lassen sich Ausgangswerte für eine Automatisierung anhand logi-

scher Bausteine ermitteln und situationsabhängige Vorgänge können gesteuert werden.

Als praktische Beispiele werden zwei Smart Home Varianten betrachtet. Die grundlegende Unterscheidung liegt dabei in der Art des Systems. Während ein System vor allem für Nachrüstungen geeignet ist, wird das andere bei Neubauten bevorzugt. Die Funktionsweisen beider Systeme sollen ermittelt werden. Eine detaillierte Erläuterung soll die Unterschiede und Gemeinsamkeiten beider Systeme aufzeigen.

In der Gesamtheit soll diese Diplomarbeit einen Überblick über die gängigsten Smart Home Systeme, deren Möglichkeiten und Vorteile sowie Herausforderungen und Funktionsweisen bieten. Dabei gibt es keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr soll das Thema Smart Home Einsteigern nähergebracht werden und eine Zusammenfassung mit den wichtigsten Informationen dazu sein. Dafür werden die Fakten einfach und verständlich aufbereitet.

### 0.3 Kapitelübersicht

Die Diplomarbeit besteht aus sieben Kapiteln.

Im **ersten Kapitel** werden einleitende und grundlegende Fakten zum Thema Smart Home aufbereitet. Nach einer kurzen Definition werden Potentiale in fünf Kernbereichen untersucht. Es werden Funktionen und Möglichkeiten aus den verschiedenen Kernbereichen erklärt.

Neben den Potentialen bzw. Vorteilen birgt jedes Thema auch Herausforderungen und Nachteile. Diese werden im **zweiten Kapitel** betrachtet.

Anschließend werden im **dritten Kapitel** unterschiedliche Smart Home Arten und ihre Funktionsweisen vorgestellt. Unterschieden werden dabei zentrale und dezentrale Systeme sowie funkbasierte oder kabelgebundene. Erläutert werden die bekanntesten und verbreitetsten Systeme. Der technische Hintergrund der Systeme wird grundlegend erklärt.

Im **vierten Kapitel** folgen weitere technische Fakten zu dem Einsatz von Szenen, Sensoren und Aktoren.

Das **fünfte Kapitel** beschreibt ein erstes Praxisbeispiel. Untersucht wird hierbei ein smartes Beleuchtungssystem der Firma Philips Hue, welches in einer Bestandswohnung nachgerüstet wurde. Dabei wird zum einen das System an sich näher erläutert, zum anderen wird der praktische Einsatz und die Installation erklärt.

Im **sechsten Kapitel** wird ein weiteres Beispiel aus der Praxis betrachtet. Es handelt sich dabei um ein Smart Home System des österreichischen Herstellers Loxone, welche in einem neugebauten Haus integriert wurde. Untersucht wird hierbei die Installation, Programmierung und Funktionsweise.



Schließlich folgt im **siebten Kapitel** ein zusammenfassendes Fazit der einzelnen Abschnitte sowie ein Ausblick auf weitere Entwicklungen des Themas Smart Home.

# 1 Potentiale des Einsatzes von Smart Home Technologien

In diesem Abschnitt werden einleitende und grundlegende Fakten zum Thema Smart Home gesammelt. Durch die Vernetzung des Eigenheims werden Verbesserungen in fünf Kernbereichen angestrebt: Energieeffizienz, Komfort, Gesundheit, Sicherheit und Entertainment.

## 1.1 Definition eines Smart Home

„Smart“ wird branchenübergreifend für die Beschreibung verschiedener Geräte benutzt. Ins Deutsche übersetzt heißt es so viel, wie intelligent oder clever [DIC2022]. Das derzeit wohl bekannteste smarte Gerät, was bei vielen Menschen bereits Alltagsgegenstand ist, ist das Smartphone, das weltweit ca. 3,8 Milliarden Nutzer hat [STA12022]. Das Smartphone vereint dabei mehrere, bisher vor allem analog genutzte, alltägliche Dinge, wie: Kalender, Uhr, Wecker, Zeitungen (Nachrichten), Notizblock oder Taschenrechner. Darüber hinaus bietet es Funktionen, um sich mit anderen Menschen aber auch verschiedene Daten zu vernetzen.

Das eigene Zuhause smart zu gestalten, beruht auf ähnlichen Ideen. „Der Begriff "Smart Home" zielt auf das informations- und sensortechnisch aufgerüstete, in sich selbst und nach außen hin vernetztem Zuhause.“[Ben2021]. Mehrere Einzelkomponenten (Smart Devices) bilden miteinander kombiniert ein komplexes Netzwerk und sind in der Lage Daten auszutauschen, das heißt sie können untereinander kommunizieren.

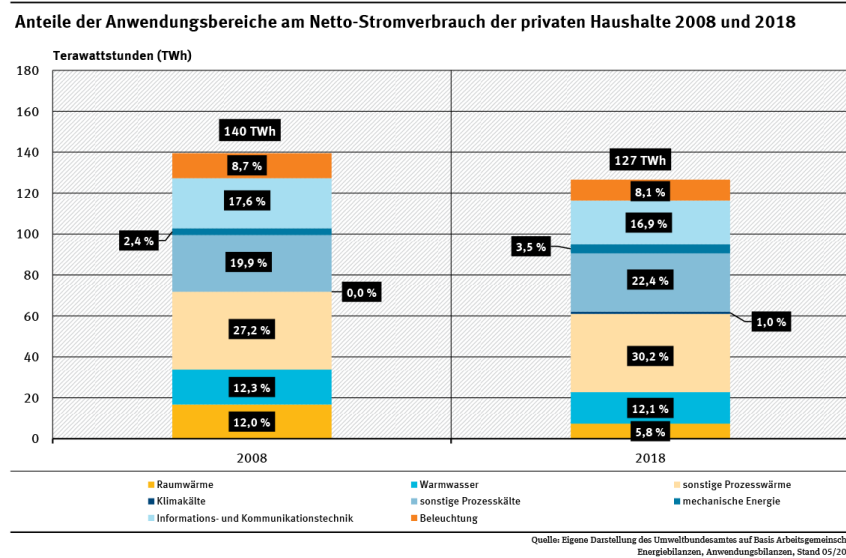
## 1.2 Energieeffizienz

Einen privaten Haushalt energetisch zu optimieren, kann einige Kosten sparen. Der Grund für die hohen Energiekosten liegt in deren Herstellung. Durch die wachsende Bevölkerung steigt der Energieverbrauch, was bedeutet, dass mehr Energie hergestellt werden muss. In der Vergangenheit wurde der Großteil der Energie aus fossilen Brennstoffen gewonnen. Bei der Erzeugung werden umweltschädliche Treibhausgase (bspw. CO<sub>2</sub>) freigesetzt, was den Klimawandel fördert. Um die Umweltschäden zu begrenzen, wird der Preis für Energie von der Politik erhöht, was dazu führen soll, dass der Energieverbrauch sinkt. Zirka 52,1% [STA22022] des Strompreises sind Steuern, Abgaben und Umlagen. Das sind Kosten, die mit der eigentlichen Energieerzeugung und des Vertriebs nicht direkt zusammenhängen. Die Erzeugung der weniger umweltschädlichen Energie aus erneuerbaren Rohstoffen hat zum Nachteil, dass dafür ein hoher Platzbedarf notwendig wird und der Transport

dieser Energie vom Entstehungsort zu den Verbrauchern von hohen Energieverlusten gezeichnet ist.

Die Anreize, um Energie zu sparen sind also Geldeinsparungen und die Minimierung von Umweltschäden. Smart Home Technologien können dabei unterstützen, indem sie den Energieverbrauch überwachen, regulieren und minimieren.

Der größte Anteil am Energieverbrauch in privaten Haushalten bildet die Wärmeherzeugung, wie das Umweltbundesamt am 01.07.2020 publiziert.



**Abbildung 1: Vergleich der Anteile des Netto-Stromverbrauchs der privaten Haushalte 2008 und 2018**

Quelle: Umweltbundesamt/ Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen [Umw22022]

2018 waren es durchschnittlich 67,6% [Umw22022] des Gesamtenergieverbrauches. Dazu werden derzeit hauptsächlich Erdgas und Mineralöl benutzt, danach folgen erneuerbare Energien und Fernwärme. In einem Smart Home werden bspw. Intelligente Thermostate genutzt, die das Heizen individuell steuern und optimieren. Diese schalten die Heizung ab, wenn diese nicht benötigt wird, weil z.B. ein Fenster geöffnet ist, die Bewohner nicht anwesend sind oder in der Nacht, wenn die Räume nicht genutzt werden. Auch können diese Thermostate mit weiteren Temperatursensoren kommunizieren und somit die Raumtemperatur konstant auf einen gewünschten Wert halten.

16,9% des Gesamt-Netto-Stromverbrauches bildet die Informations- und Kommunikationstechnik [Umw22022]. Dazu zählen Handys, Smartphones, Radios, Fernseher und Computer, sowie die dazugehörige Software, Hardware und Netzwerke [Wiki2022]. Hier bietet das Smart Home intelligente Steckdosen, die dabei unterstützen

Strom zu sparen. Jedes dieser Geräte verbraucht weiterhin Strom, auch wenn sie ausgeschaltet sind. Smart-Home-Steckdosen können den Energieverbrauch stoppen. Somit werden Geräte, die sonst im Stand-by-Modus verbleiben komplett vom Netz getrennt, wenn sie nicht benötigt werden. Gleichzeitig kann über die dazugehörige App für das Smartphone überwacht werden, welches Gerät am meisten Strom verbraucht und es kann durch ein energieeffizienteres Gerät ausgetauscht werden.

In Verbindung mit selbsterzeugtem Strom (z.B. durch Photovoltaikanlage) bietet die smarten Steckdosen weitere Vorteile. Moderne Kühlgeräte, wie Kühl- und Gefrierschrank können auch längere Zeit ohne Strom auskommen, ohne Risiken für die darin gelagerten Lebensmittel. Diese zählen nicht zur Informations- und Kommunikationstechnik, haben aber in ihrem Sektor „Prozesskälte“ einen Anteil von 22,4% am Gesamtstromverbrauch [Umw22022]. Man könnte hierbei also Szenarien programmieren, sodass diese Geräte lediglich tagsüber Strom verbrauchen. Nachts, wenn sie geschlossen bleiben und die Photovoltaikanlage keinen Strom liefert, wird die Stromzufuhr unterbrochen. Somit muss kein teurer Strom vom Netz bezogen werden. Auch für das Laden von Elektroautos kann eine ähnliche Automation genutzt werden. Liefert die Photovoltaikanlage ausreichend Strom kann entweder automatisch oder per App der Ladevorgang für das Auto gestartet werden. Voraussetzung ist hierbei natürlich, dass das E-Auto bereits mit der Steckdose verbunden wurde. Selbes gilt für die großen Haushaltsgeräte, wie Waschmaschine, Trockner und Geschirrspüler. Die PV-Anlage liefert die meiste Energie tagsüber, wenn viele Menschen auf der Arbeit sind. Um die Energie effizient zu nutzen und möglichst wenige teure Energie vom Netz zu beziehen, kann das Smart Home die Haushaltsgeräte automatisch starten, wenn die Bewohner außer Haus sind.

Weitere 8,1% [Umw22022] des Stromverbrauches werden für Beleuchtung genutzt. Hierfür gibt es smarte Lichtkonzepte, die sich häufig auch einfach nachrüsten lassen. Dazu werden in der Regel spezielle Leuchtmittel benötigt, die sich in ein Netzwerk integrieren lassen. Durch verschiedene Sensoren erweitert oder durch Programmierungen in der Steuerung der Geräte lassen sich auch hier verschiedene Szenarien erstellen, die zum Energiesparen beitragen. Wenig genutzte Räume oder Durchgänge können per Bewegungsmelder beleuchtet werden. Somit bleibt das Licht nur an, wenn man es wirklich braucht. Außerdem basieren diese Leuchtmittel in der Regel auf der LED-Technik und sind daher schon grundlegend sparsamer als Glüh- oder Halogenlampen.

### 1.3 Komfort

Smarte Geräte bieten viele Möglichkeiten die alltägliche Arbeit zu erleichtern. Sie sind in der Lage Arbeit selbstständig durchzuführen, die bisher händisch durch den Menschen erfüllt werden mussten. Dadurch spart man Zeit, die man mit den schöneren Dingen im Leben verbringen kann. Zudem können auch ältere Menschen davon profitieren, weil vernetzte Geräte und Automationen für sie Dinge erledigen

können, die sie sonst nicht mehr allein bewältigen könnten. Damit können sie länger im gewohnten Umfeld, selbständig verweilen.

Ein Beispiel dafür, was bereits in vielen Haushalten verwendet wird, sind Mäh-, Saug oder auch Wischroboter. Diese Aufgaben sind mit viel Bewegung und körperlicher Arbeit verbunden und sind daher für ältere Menschen mit Bewegungseinschränkungen nur schwer durchführbar. Bei den meisten Geräten lassen sich Routinen programmieren, sodass diese automatisch durch diverse, festlegbare Ereignisse starten oder auch ihre Arbeit aussetzen. Bei einem Mähroboter bspw. lässt sich in Verbindung mit einem „Wettersensor“ programmieren, dass dieser nicht bei Regen fährt, um Beschädigungen am Gerät zu vermeiden. Außerdem können die Automationen zeitabhängig gesteuert werden, sodass die Nachtruhe eingehalten wird. Saug- und Wischroboter lassen sich ähnlich programmieren. Sie können auch dann arbeiten, wenn die Bewohner nicht anwesend sind und erledigen somit lästige Aufgaben fast komplett selbstständig. Ein Eingreifen des Menschen ist nur notwendig, um den gesammelten Dreck zu entsorgen oder Hindernisse zu überwinden. Für einige Modelle gibt es bereits Reinigungsstationen, sodass auch diese Arbeit dem Endnutzer abgenommen wird. Was übrig bleibt ist lediglich das Entsorgen des Drecks, der meist mehrere Wochen gesammelt wird. Mit der Funktion, eine Karte des eigenen Wohnbereichs zu erstellen, können Bereiche eingestellt werden, die besonders oft gereinigt werden sollen, aber auch Zonen, die nie befahren werden sollen, um bspw. Hindernisse zu umgehen.

Im Bereich Garten gibt es weitere Technologien, die Arbeitsabläufe vereinfachen. Dazu zählen Bewässerungssysteme, die aus einigen Einzelkomponenten bestehen. Das Grundprinzip beruht auf der Tröpfchenbewässerung, die schon seit ca. 70 Jahren [Wiki20222] in der Landwirtschaft eingesetzt wird. Aus den einzelnen Tropfschläuchen, Sprinkleranlagen und verschiedenen Sensoren sowie Steuereinheiten lässt sich ein komplexes System erstellen, das sich vollautomatisiert um die Bewässerung des Gartens kümmert, ohne dass man selbst schwer Gießkannen schleppen muss oder überhaupt Zeit investiert.

Weiterhin kann ein Smart Home Menschen mit Behinderung unterstützen, sodass diese ihren Alltag leichter und selbständiger bewältigen können. Haushaltsgeräte wie Waschmaschine, Trockner, Geschirrspüler und Co. Geben meist ein akustisches Signal ab, wenn ihr jeweiliges Programm beendet ist. Für gehörlose Menschen können diese im Smart Home in optische Signale umgewandelt werden, sodass es für sie leichter erkennbar ist. Beispielsweise kann eine bestimmte Leuchte nach Beendigung des Waschprogramms in einer bestimmten Farbe aufblicken oder es erscheint eine Benachrichtigung auf Bildschirmen (Smartphone, Smartwatch, TV etc.). Gleichzeitig kann das auch eine Erleichterung für Menschen mit Sehbehinderung bringen, indem sonst optische Signale in akustische umgewandelt werden. Außerdem können auch Menschen mit Bewegungseinschränkungen durch ein Smart Home mehr Eigenständigkeit gewinnen, weil Aktionen nicht mehr durch konkretes Einwirken am Gerät geschehen, sondern automatisch aufgrund verschiede-

ner Ereignisse. Ein wegweisender Schritt war hierfür die Erfindung der kabellosen Fernbedienung für den Fernseher aus den 50er Jahren [WDR2022]. Daraufhin musste man nun nichtmehr die Programme direkt am TV umschalten, sondern konnte das bequem vom Sofa aus. Weiterführend muss man im Smart Home keine Lichtschalter mehr betätigen, keine Türen händisch öffnen oder Jalousien am Gurtwickler öffnen. Diese Szenarien können nun automatisiert werden, indem Sensoren und Aktoren das Schalten übernehmen oder per Sprachsteuerung geschehen.

## 1.4 Sicherheit

Bei Sicherheit denken Viele zunächst an den Einbruchschutz, der im Smart Home effizient gestaltet werden kann. Überwachungskameras sind heutzutage günstig erwerbbar und leicht zu installieren. Dabei können Bewegungsmelder integriert werden, um den Energieverbrauch der Kameras zu begrenzen. Ein Beispielszenario dafür ist, dass die Kameras nur eingeschaltet werden, wenn alle Bewohner außer Haus sind und eine Bewegung detektiert wurde. Darüber hinaus kann das System auch mit Fenster- und Türkontakten erweitert werden, die erkennen, ob Fenster und Türen geschlossen oder geöffnet sind. Somit kann beim Verlassen des Gebäudes überprüft werden, ob alles sicher verriegelt ist oder eine Warnung wird ausgelöst, wenn unerwartet (z.B. bei Abwesenheit) ein Fenster oder eine Tür geöffnet wird. Um das Haus noch sicherer zu machen, kann mit den Automatisierungsmöglichkeiten eine Anwesenheit der Bewohner vorgetäuscht werden, indem Jalousien zu gewohnten Zeiten auf und zu fahren, Lichter entsprechend ein- und ausgeschaltet werden und sogar der Fernseher wie gewohnt am Abend läuft. In Einbruchgefährdeten Gegenden ist das ein probates Mittel zur Prävention.

Auch hinsichtlich des Brandschutzes gibt es im Smart Home deutliche Errungenschaften. Zunächst besteht die Möglichkeit die Rauchmelder zu vernetzen, um somit gleichzeitig, in allen Räumen einen Alarm abzugeben, wenn es zu einem Brand kommt. Außerdem kann die akustische Warnung für hörgeschädigte Menschen mit optischen oder auch haptischen Signalen gekoppelt werden. Vibrationskissen können zwischen die Matratze und den Bettrahmen gelegt werden und den Alarm dort übertragen. Außerdem kann die smarte Beleuchtung mit dem Alarmsystem gekoppelt werden, um optische Signale einzubinden. Weiterhin kann das Auslösen des Rauchmelders im Smart Home das Startereignis für weitere Aktionen sein. Die Jalousien können dann automatisch hochfahren und das Licht wird eingeschaltet, um der Feuerwehr den Zutritt zu erleichtern. Um den Zutritt generell zu ermöglichen, werden hierzu die vernetzten Türschlösser automatisch geöffnet.

Auch bei anderen Notsituationen kann es vorteilhaft sein, die Türen per Sprachbefehl, Knopfdruck oder aufgrund eines definierten Ereignisses zu öffnen. Somit haben Pfleger oder Rettungssanitäter direkten Zugang und können wertvolle Zeit sparen. Für ältere Menschen oder Pflegeeinrichtungen gibt es weitere smarte Komponenten, die Sicherheit geben. Diese werden unter der Bezeichnung „Ambient Assisted Living“ (AAL) zusammengefasst.

## 1.5 Gesundheit

Die aufgezeigten Möglichkeiten für Notsituationen geben nicht nur Sicherheit, sondern verbessern auch die Chancen auf Heilung und Genesung der Betroffenen. Ein wichtiger Faktor in der Lebensrettung ist Zeit. Je eher eine Krankheit, aber auch ein Notfall erkannt werden, desto besser kann interveniert werden. Es gibt unzählige Geräte, die ins Smart Home eingebunden werden können und versprechen, die Gesundheit zu verbessern.

Ein Beispiel dafür sind Geräte, die die Luftqualität im eigenen Heim verbessern. Die WHO warnt, dass Luftverschmutzung durch Motoren, Industrie und Energieversorgung zu eines der größten Gesundheitsrisiken zählt. Verschiedene kardiovaskuläre und respiratorische Krankheiten können durch verschmutzte Luft hervorgerufen oder verschlimmert werden [WHO2016]. Im Smart Home werden verschiedene Sensoren genutzt, um die Konzentration an gefährlichen Stoffen in der Luft zu messen. Dazu zählen: CO, CO<sub>2</sub>, Schwermetalle, NO<sub>2</sub> und weitere Stoffe, die als „Feinstaub“ zusammengefasst werden. Erreichen die Messwerte definierte Grenzen, so können die Warnungen im Smart Home ausgegeben werden. Um die Luftqualität zu verbessern, werden Luftreiniger eingesetzt, die die Luft filtern und gefährliche Stoffe auffangen oder umwandeln.

Eine weitere Errungenschaft für die Pflege von Menschen sind die verschiedenen Sensoren, die zum Messen und Überwachen der Vitalparameter eingesetzt werden können. Diese Sensoren werden häufig, dauerhaft am Körper getragen, in Form von Smart Watches oder Brustgurten mit jeweiligen Sensoren. Darüber hinaus gibt es mit Sensoren ausgestattete Matten, die unter Matratzen gelegt werden können, um nachts die Werte zu überprüfen. Für junge, agile Menschen können diese Technologien hilfreich sein, um die eigene Fitness und Gesundheit zu analysieren und zu optimieren. Für ältere oder eingeschränkte Menschen kann das jedoch lebensrettend sein oder den Umgang mit verschiedenen Krankheiten deutlich verbessern. Um das Netzwerk zu erweitern, gibt es Körperfettwaagen, Blutdruck- und Blutzuckermessgeräte, die gemeinsam ein aufschlussreiches Protokoll bilden und ernstzunehmende Veränderungen aufdecken. Das alles kann keinen Arzt ersetzen, aber in Zusammenarbeit mit medizinischem Personal können die gesammelten Daten zu einer detaillierten Diagnose oder einem konkreten Überwachen einer Krankheit beitragen.

## 1.6 Entertainment

Das Smart Home bietet unzählige Unterhaltungsmöglichkeiten und versucht auch in diesem Bereich die bereits vorhandenen Lösungen zu optimieren. Unter der Bezeichnung „Home Entertainment“ werden alle Geräte, Technologien und Medien zusammengefasst, die der Unterhaltung im privaten Umfeld dienen. Zu den häufigsten Hobbies zählen Fernsehen schauen und Musik hören. Vor allem in den letzten 30 Jahren hat sich in dieser Branche der Unterhaltungstechnologien viel verändert. Sehr deutlich sieht man den Wandel in der Musikindustrie. Zunächst hörte man in

den dreißiger Jahren Musik zunächst nur über Rundfunk. Als wohl erstes Speichermedium dafür waren Schallplatten bekannt. Im Laufe der Jahre wurden die Speicher körperlich immer kleiner, die Kapazität jedoch immer größer. Nach Kassetten kamen CDs, USB-Sticks, Speicherkarten und letztendlich Streaming-Dienste, um die Entwicklung nur grob zusammenzufassen. Auch im Bereich des „Fernsehens“ sind die Weiterentwicklungen klar erkennbar. Aus einer Hand voll Kanälen wurden unzählige Anbieter, sowohl regional als auch international. Mit VHS-Kassetten und DVDs konnte der Anwender erstmals selbst entscheiden, wann er welchen Film sehen wollte. Heutzutage gibt es eine breit-aufgestellte Landschaft an Streaming-Plattformen, die jederzeit Zugang zu Millionen Filmen und Serien bieten. Die Konsumenten bekommen dadurch mehr Freiheiten und Entscheidungsmöglichkeiten, wodurch diese Medien ansprechender werden.

Das Smart Home optimiert die bereits vorhandenen Technologien und machte diese intelligenter, effizienter und komfortabler. Ein Smart TV bspw. vereinigt viele Geräte, die bisher nur einzeln erwerbbar waren und viel Platz eingenommen haben, wie TV-Receiver, DVD-Player o.ä. In vielen Fällen hat jedes dieser Geräte auch eine eigene Fernbedienung, welche mittels smarterer Technologien zusammengefasst werden und dann mit nur einer Fernbedienung, dem Smartphone, durch Sprachsteuerung oder auch Gesten gesteuert werden. Sevenhugs bietet dafür eine besonders übersichtliche Lösung, die einfach anwendbar ist: eine smarte Fernbedienung, die viele Geräte gleichzeitig steuern kann und zudem erkennt, auf welche Geräte man zeigt. Über Wi-Fi kann die Fernbedienung mit den Geräten verbunden werden und erkennt dadurch, wo die sich Geräte befinden. Sie ermittelt die Distanz zu den Geräten und passt ihre Oberfläche individuell an. Zeigt man auf den TV, so kann man also da Programm umschalten, zeigt man auf eine Lampe kann man diese dunkler oder heller machen, wie das Thermostat angepeilt, so kann man die Heizung regulieren usw. [HoSm2022]

Generell kann man mit den Möglichkeiten des Smart Homes das Fernsehen oder Anschauen eines Filmes zu einem echten Erlebnis machen. Nicht nur die verbaute Soundsysteme, sondern auch die Beleuchtung kann integriert werden und so eine Atmosphäre schaffen, die alle Sinne anregt. Die Beleuchtung ändert dann passend zu der jeweiligen Szene ihre Farbe und Helligkeit und die Musik kann durch geschickte Platzierung der Lautsprecher räumlich war genommen werden, sodass das Gesehene realistischer wirkt.

Das Musikhören kann im Smart Home auch auf eine neue Ebene gehoben werden. So gibt es die Möglichkeit in jeden Raum einen Lautsprecher zu integrieren, entweder als feste Einbaulösung in der Decke sowie der Wand oder als „Smart Speaker“ der wie ein Radio beliebig platziert werden kann. Dadurch kann man im ganzen Haus Musik oder auch Hörbücher etc. hören, ohne die Lieblingsstelle zu verpassen. Als „Multiroom“ wird die Möglichkeit bezeichnet, die Lautsprecher zu vernetzen und somit gleichzeitig auf allen Lautsprechern das gleiche zu hören. In Verbindung mit Bewegungssensoren kann die Position der Bewohner ermittelt werden und somit die



Lautstärke angepasst werden oder auch die einzelnen Geräte abzuschalten, wenn sie gerade nicht benötigt werden.

Die genannten Komponenten sind vielfältig einsetzbar. So kann über die vernetzten Lautsprecher auch der Alarm der Feuermelder oder Einbruchschutzsysteme wiedergegeben werden. Der Smart TV kann hingegen auch als Bildschirm für die Überwachungskameras genutzt werden.

## 2 Die Herausforderungen des Einsatzes von Smart Home Systemen

Neben den genannten Vorteilen birgt der Einsatz von smarten Technologien im Eigenheim auch gewisse Nachteile, Herausforderungen oder auch Risiken. Im folgenden Abschnitt werden diese genauer beleuchtet.

### 2.1 Angriffe auf das Smart Home

Mögliche Risiken für das Smart Home und ihre Bewohner entstehen, wenn ein Angreifer es schafft sich von außen in das Netzwerk einzuklinken. Die folgende Übersicht zeigt mögliche Angriffsszenarien, unterteilt in zwei Kategorien: Angriffe auf das Netzwerk oder auf die Geräte.

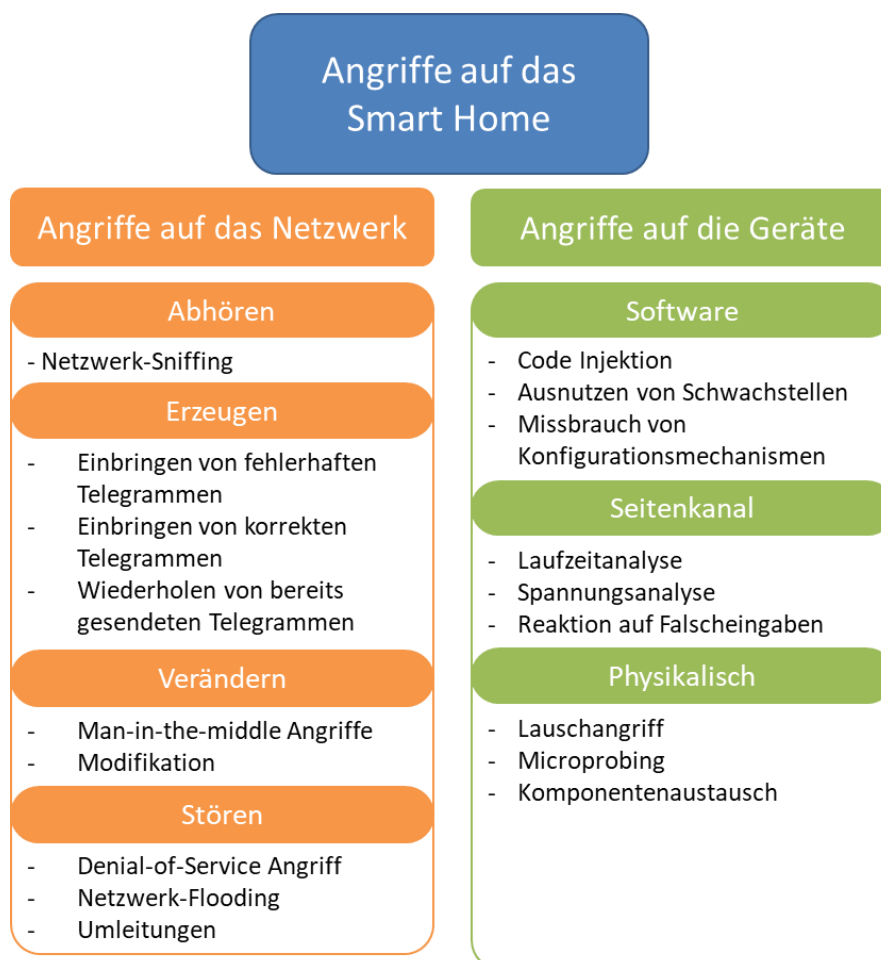


Abbildung 2: Mögliche Angriffe auf das Smart Home

Ein Zugriff von außen auf das Netzwerk kann zum einen direkt über das Übertragungsmedium geschehen. Dazu können Außensteckdosen genutzt werden, die via Kabel mit der Smart Home Zentrale verbunden sind, oder die jeweiligen drahtlosen Netzwerke, wenn diese nicht ausreichend verschlüsselt sind. Zum anderen kann ein Angriff über ein Gerät (Sensor, Aktor, Gateway) erfolgen, welches mit dem Netzwerk verbunden und nicht ausreichend geschützt wird.

Das Abhören des Datenverkehrs kann durch einen unautorisierten Zugriff auf das Netzwerk erfolgen. Dabei müssen nicht immer Sprachsequenzen oder Kamerabilder das Objekt der Begierde sein, wie es in Hollywoodfilmen dargestellt wird. Die Datenauswertung eines Präsenzmelders kann bspw. Auskunft darüber geben, ob ein Bewohner anwesend ist oder nicht. Dieses Auslesen von Daten kann eine Verschlüsselung entgegenwirken.

Hat ein Angreifer Zugriff auf das Netzwerk, ist er in der Lage die Datentelegramme zu manipulieren. Per Code-Injection können fremde Datentelegramme eingefügt werden, die dann eine gewünschte Aktion ausführen. Weiterhin können durch sogenannte Replay-Attacken Datentelegramme erneut gesendet werden (bspw. Tür öffnen). Eine Man-in-the-middle Attacke beschreibt, dass der Angreifer entweder physikalisch oder logisch zwischen zwei Kommunikationspartner steht und dabei volle Kontrolle über den Datenaustausch hat. Dagegenwirken können Authentifizierung, Autorisierung sowie Funktionen, wie Datenintegrität, Datenursprung und Datenaktualität.

Ein Denial-of-Service (Dienstverweigerung) kann dazu führen, dass das Smart Home System außer Gefecht gesetzt wird. Dabei wird eine Komponente mit Datentelegrammen überlastet, bis sie nicht mehr funktionsfähig ist.

Weiterhin gibt es Angriffsstrategien, die sich direkt auf Geräte beziehen. So kann eine Manipulation der Software geschehen, in dem der Angreifer Zugriff auf die Programmiersoftware (netzwerkbasierend oder kabelgebunden) bekommt. Dadurch können Konfigurationen des Systems geändert und ausgenutzt werden. Möglich ist das durch schlechte Verschlüsselungsverfahren oder durch direkten, physikalischen Zugriff auf das System.

Über Seitenkanäle können ebenso Manipulationen durchgeführt werden. Dabei wird auf externe Parameter zugegriffen (Zeitparameter, Laufzeitanalyse). Verhindern kann das eine Glättung der Laufzeit durch eine konstante Codeausführung oder die Abschirmung von elektromagnetischer Strahlung.

Außerdem sind auch physikalische Angriffe möglich. Dazu zählt der Austausch von Hardware. In der Realität wird das bspw. über Werbegeschenke realisiert, welche mit Malware (Schadsoftware) ausgestattet sind. Integriert man das in sein Smart Home System, so wird diese Schadsoftware in das Netzwerk eingespielt und kann zum Ausspähen der Daten führen.

## 2.2 Sicherheitslücken in Smart Devices

Die Geräte und Komponenten, welche in das Smart Home eingebunden werden, sind oftmals auf höchste Effizienz und einen niedrigen Energieverbrauch ausgelegt. Durch diese Ansprüche der Kunden, kommt es zu einer begrenzten Systemresource, welche die komplexen IT-Sicherheitsfunktionen nicht mehr ausführen können.

Weiterhin sind nicht alle bekannten IT-Sicherheitsfunktionen für ein Smart Home Netzwerk geeignet. Grund dafür ist die Skalierbarkeit. Ein Smart Home kann sehr individuell gestaltet und über Jahre entwickelt werden. Die Anzahl an Komponenten, die abgesichert werden müssen, ist also stark schwankend. Außerdem sind die bekannten Sicherheitsmechanismen häufig auf die IP-Kommunikation ausgelegt. In einem Smart Home jedoch, hat nicht jedes Gerät eine eigene IP-Adresse. Es gibt auch Systeme, auf denen die Kommunikation ohne IP-Adressen funktioniert. [ReGa2014]

## 3 Aufbau und Funktionsweise eines Smart Home Systems

Im folgenden Abschnitt werden die technischen Grundlagen verschiedener Smart Home Systeme näher beleuchtet. Neben dem Aufbau werden auch grundlegende Fakten zur Funktionsweise aufgezeigt. Grundsätzlich beinhaltet das Smart Home 3 Bausteine. Zunächst benötigt man eine Zentrale Steuereinheit, in der alle Informationen zusammenlaufen und von dort aus zu den Endgeräten weiterverbreitet wird. Außerdem braucht es ein Netzwerk, durch das die Informationen transportiert werden. Letztlich gibt es Sensoren und Aktoren, die diverse Szenen auslösen.

### 3.1 Zentrales vs. Dezentrales Smart Home

Prinzipiell kann man zwischen zwei Arten von Smart Home Systemen unterscheiden: es gibt zentrale und dezentrale Systeme. Beide haben dennoch ähnliche Bausteine, die es braucht, um die verschiedenen Gewerke im Eigenheim intelligent zu verknüpfen und zu steuern.

Als erstes benötigt man im zentralen System eine Einheit, in der die Informationen zusammenlaufen und weiterverbreitet werden. Man bezeichnet damit ein digitales Datennetz, welches in den verschiedenen Anwendungen auch Hub, Home-Gateway oder Bridge genannt wird [Wiki32022]. In einem diesem System sind alle eingebundenen Geräte mit der Zentrale verbunden. Sollte die Zentrale durch ein ungeplantes Ereignis ausfallen, so können die einzelnen Einheiten nicht mehr miteinander kommunizieren [HaVe2022]. Ein zentrales Smart Home System zeichnet sich dagegen aber durch eine besondere Bedienerfreundlichkeit aus. Da alle Geräte miteinander verbunden sind lassen sich Änderungen an Abläufen oder Szenen einfach realisieren.

Das dezentrale System verzichtet auf eine zentrale Steuereinheit, indem die einzelnen Geräte über einen Mikrochip verfügen und direkt per Kabel oder Funk miteinander verbunden sind. Ein dezentrales Smart Home System ist nicht an die Kommunikationsstandards verschiedener Hersteller gebunden, weil die einzelnen Geräte direkt miteinander verbunden sind. Somit ist beliebig erweiterbar und die Hausautomationen können sehr individuell gestaltet werden [EfHa2022]. Außerdem wird dem Endnutzer hierbei eine höhere Sicherheit geboten, weil ein Defekt einer einzelnen Komponente nicht bedeutet, dass das gesamte System nichtmehr genutzt werden kann, wie es bei der zentralen Steuereinheit der Fall ist. Nachteilig ist jedoch, dass ein dezentrales System meistens das kostenintensivere ist und mehr technisches Wissen sowie Verständnis fordert.

Weiterhin benötigt ein Smart Homes System ein Netzwerk, durch das die Informationen geleitet werden. Dabei unterscheidet man zwischen kabelgebundenen und funkbasierten Systemen.

## 3.2 Kabelgebundene Smart Home Systeme

Die kabelgebundenen Systeme eignen sich besonders für den Neubau eines Hauses oder, wenn eine Kernsanierung geplant ist. Man benutzt dafür BUS-Systeme, die mit speziellen Schwachstromkabeln verdrahtet werden.

### 3.2.1 Das KNX-Bussystem

Das am häufigsten genutzte Bussystem ist KNX. 1990 wurde durch den Zusammenschluss führender Hersteller der „Europäische Installationsbus EIB“ entwickelt. Beteiligt waren daran unter anderem Siemens, Berker, Gira, Jung und Merten. Dieses System wurde über Jahre mit weiteren Herstellern verbessert, wodurch später die Bezeichnung Konnex (KNX) gewählt wurde [BeWe2017]. „Es handelt sich um ein standardisiertes Bussystem, das den Datenaustausch zwischen verschiedenen Geräten und Systemen auch unterschiedlicher Hersteller ermöglicht“. [MERZ2001]

Durch die Standardisierung können Geräte von mehr als 400 Herstellern vernetzt werden. Zur Verdrahtung der Geräte kann man bspw. Buskabel, Flachkabel Ethernet oder Powerline verwenden. Buskabel (Twisted-Pair-Leitung) werden dabei am häufigsten im Neubau eingesetzt. Flachkabel können durch ihre geringe Stärke von 0,3mm auch nachträglich installiert werden und bringen dabei einen geringeren Aufwand mit sich. Genauso eignet sich ein Powerline-System zum Nachrüsten. Hierbei werden die bereits vorhandenen 230V Stromkabel zur Datenübertragung genutzt. Ethernet Kabel werden i.d.R. in lokalen Netzwerken genutzt. Man kennt sie von der Verbindung des PCs zum Internet. Ihre Installation ist eher aufwändig und wird deshalb seltener genutzt. Der Vorteil einer direkten Verdrahtung ist, dass man zur Nutzung des Smart Homes keinen Internetanschluss benötigt. Alle Daten werden im Heimnetzwerk verarbeitet. Das ist ein großer Vorteil für die Sicherheit, da kein Zugriff von außen möglich ist. Um den Komfort zu erhöhen kann das System jedoch mit Komponenten erweitert werden, die auch eine Funkübertragung zulassen.

Die Funktionsweise des KNX-Bussystems kann man grundlegend damit erklären, dass ein Sensor auf ein programmiertes Ereignis reagiert und somit einen Schaltbefehl als Datentelegramm in das Bussystem sendet. Dabei werden bestimmte Bitfolgen in Spannungssignale umgewandelt. Die Aktoren messen die Signale aus den Leitungen des Bussystems und wandeln diese wieder in Bitfolgen, um anschließend eine Aktion auszuführen und ein Bestätigungstelegramm zurückzusenden. Die Verdrahtung der Busgeräte erfolgt in Linien, startend an der Spannungsversorgung. Ein Bussystem wird in der Regel mit 30 V DC versorgt. Die Mindestspannung der KNX-Geräte beträgt 21 V DC, was bei der Verdrahtung der Linien beachtet werden

muss. Je nach KNX-Version und abhängig vom Spannungsverbrauch der Geräte können einer Linie bis zu 256 Geräte zugeordnet werden. Dabei ist es jedoch sinnvoll eine Ausbaureserve von 20% einzuplanen, um im Nachhinein weitere Geräte einbinden zu können [HaHü2021]. Diese Anzahl erreicht man nur, wenn man mit mehreren Ebenen der Verdrahtung arbeitet. Mehrere Komponenten können in einer Linie verbunden werden. Ist der Spannungsverbrauch der Komponenten in Summe so hoch, dass die Mindestspannung von 21 V DC unterschritten wird, kann man mit Hilfe von Linienkopplern und einer weiteren Spannungsversorgung eine weitere Linie aufbauen. Diese zwei Linien fließen in einer Hauptlinie zusammen. Mehrere Hauptlinien werden durch Bereichskoppler an eine Bereichsline verbunden. Jeder Teilnehmer (Sensor, Aktor, Koppler) bekommt im KNX eine eindeutige physikalische Adresse, meistens im Format: Bereich. Linie. Teilnehmer. Anschließend kann auf jedes Gerät mithilfe einer Programmiersoftware Sensor- oder Aktorapplikationen installiert werden. Dadurch können diverse Szenen ausgeführt werden, z.B. Taster 1.1.1. (Sensor) wird betätigt und Lampe 1.1.5. (Aktor) wird eingeschaltet.

### 3.2.2 Das Loxone System

Loxone ist ein österreichischer Hersteller, der sein eigenes Smart Home System entwickelt hat. Besonders an dem System ist, dass es eine Vielzahl von Systemarchitekturen und Standards vernetzen kann. Im Gegensatz zum KNX-System handelt es sich hierbei um ein zentral-gesteuertes Smart Home mit verschiedenen Verdrahtungsarten. Alle Leitungen laufen hierbei am Miniserver im Schaltschrank zusammen. Je nach Bedarf kann der Loxone Miniserver (Zentrale) um eine Vielzahl von Extensionen/ Schnittstellen erweitert werden. Mit der Air-Base Extension können bspw. Funkgesteuerte Geräte eingebunden werden. Mithilfe der Tree-Schnittstelle können noch mehr Geräte eingebunden werden.

Loxone bietet außerdem auch eine Nachrüstvariante, bei der ein MiniServer nicht im Schaltschrank, sondern direkt am Netzwerk-Router angeschlossen wird. Der Server unterstützt alle Air-Geräte von Loxone.

Loxone nutzt zur Verknüpfung der Komponenten drei verschiedene Technologien. An die „Link“ Schnittstelle der Server werden weitere „Extensions“ in Reihe angeschlossen. Die letzte Extensions bekommt dabei einen Abschlusswiderstand von  $120\Omega$ . Es können bis zu 30 Extensions am Miniserver angeschlossen werden, welche auch andere Kommunikationsstandards und Bussysteme einbinden können, wie z.B. KNX, Modbus, RS484, RS232, DMX.

Die Air-Technologie ermöglicht bei Loxone auch Funk-Komponenten einzubinden. Jedes dieser Geräte besitzt eine Repeater-Funktion und verstärkt somit das Air-Netzwerk. Dadurch entsteht ein Mesh-Netzwerk, das die optimale Funk-Qualität im gesamten Haus garantiert.

Via Tree-Technologie werden die Smart-Devices miteinander verbunden. Die Topologie dabei kann nahezu frei gewählt werden. Pro „Ast“ können bei Loxone 50 Gerä-

te eingebunden werden, dabei kann man einen Ast mit einer Linie aus dem KNX-Bussystem vergleichen. Am Miniserver sowie der Tree-Extension können verschiedene „Äste“ angeschlossen werden, welche dann festgelegte Bereiche im Haus darstellen (Erdgeschoss, Dachgeschoss, Kellergeschoss, Außenbereich etc.). Die Topologie (Art der Verdrahtung) von den Tree-Schnittstellen zu den einzelnen Geräten kann dabei unterschiedlich aussehen:



**Abbildung 3: Zugelassene Topologien der Tree-Extension**

Quelle: Loxone -Tree Extension (online) [LoxTr2022]

Das Loxone System funktioniert mit 24V DC Versorgungen. Zur Verdrahtung der Tree-Komponenten wird ein Kabel mit insgesamt 6 Adern verwendet (4x 0,6mm<sup>2</sup> und 2x 1,5mm<sup>2</sup>). Die Programmierung funktioniert über die Loxone Config Software

### 3.2.3 Powerline Systeme

Während die bisher betrachteten Smart Home Systeme über eine Schwachstromverdrahtung parallel zum Stromnetz funktionierten, gibt es auch Lösungen deren Datenaustausch direkt über die vorhandenen 230V Leitungen läuft. Diese Lösungen sind besonders zum Nachrüsten geeignet, da ein Stromnetz, an dem alle Aktoren und Sensoren verbunden sind, in der Regel bereits im Wohngebäude existiert.

Beim Anbieter digitalSTROM werden kleine Klemmen mit Hoch-Volt-Chips genutzt, die jedes bereits vorhandene Gerät smart machen können. Sie werden zwischen den Stromanschluss und dem Gerät selbst platziert. Dabei bietet digitalSTROM verschiedene Farben, die dann untereinander kommunizieren (Licht=gelb, Zugang=grün, Sicherheit=rot, Klima=blau usw.). Die Klemmen können den Strom schalten, dimmen, messen oder auch kleine Programme ablaufen lassen, wie bspw. eine Zeitschaltprogramm [Core2016]. Neben analogen Geräten, die via Klemme ins Smart Home System eingebunden werden können, gibt es auch Geräte, die werkseitig bereits mit der digitalSTROM-Technologie ausgestattet sind [HoSm22022]. Die Zentrale des Systems, das digitalSTROM-Meter (dSM) sitzt direkt im Sicherungskasten und besitzt eine smartmetering-Funktion [KaWi2018]. Smartmetering bezeichnet das intelligente Messen von Werten (Bsp. Stromverbrauch) in Kombination mit einer Kommunikationskomponente, die gesammelte Daten verbreitet [VZ2022]. Man benötigt pro Stromkreis, also für jede Sicherungsgruppe ein dSM,



welches dann mit den integrierten Komponenten des Stromkreises kommuniziert. Um mehrere Stromkreise zu verbinden, müssen die verschiedenen dSM mit einem Kable (doppeversailt 0,6...0,8mm<sup>2</sup>) verbunden werden und an den Abschlusswiderständen (120Ω) angeschlossen werden. Diese Verbindung ist ähnlich zum KNX-System und wird dS485-BUS genannt, sie ähnelt auch den Verbindungen der Extensions des Loxone-Systems. Neben dem dSM befindet sich im Sicherungskasten ein Server (dSS), der die Steuerung und Konfiguration über Computer oder Apps möglich macht. Per TCP/ IP baut der Server eine Verbindung zum Internet auf. Somit kann das System auch per Smartphone, Tablet oder PC gesteuert werden. digitalStrom bietet dafür einige Anwendungen/ Apps, die es ermöglichen, Zeitschaltmechanismen zu realisieren, Benachrichtigungen zu senden oder auch den Stromverbrauch des Gesamtsystems und einzelner Komponenten aufzuzeigen. Außerdem gehört zu dem System ein digitalSTROM-Filter, der für den nötigen Datenschutz sorgt. Er filtert das Stromnetz nach digitalSTROM-Protokollen und verhindert, dass diese nach Außen weitergegeben werden. Die Programmierung des Systems ist webbasiert. Mit einem Anschluss des dSS mit einem herkömmlichen Router, wird dieser mit dem Internet verbunden. Anschließend kann man mit dem Laptop oder Smartphone auf die vergebene IP-Adresse zugreifen und das SmartHome konfigurieren [Core2016].

Auch digitalSTROM bietet Schnittstellen zu den Systemen anderer Hersteller. IP-Geräte, wie bspw. die Philips Hue Beleuchtung verfügen bereits über einen Datenkanal, der eine Kommunikation mit anderen Geräten ermöglicht. Dieser muss hierbei also nicht nachträglich über eine digitalSTROM-Klemme erzeugt werden. Um diese Geräte aber in die Steuerung des Systems aufzunehmen sind vDC (virtual device container) notwendig. Diese sind auf dem dSS gespeichert und übersetzen die digitalSTROM-Befehle für das jeweilige Endgerät. Über weitere Gateways können Cloudbasierte Technologien (Sprachsteuerung) und weitere Kommunikationsstandards (KNX) eingebunden werden.

Insgesamt können in das dS-System 62 dSM eingebunden werden, die wiederum mit bis zu 128 dS-Komponenten kommunizieren können, sodass man eine Gesamtzahl von fast 8.000 Busteilnehmern erhält.

Die Kommunikation der einzelnen Geräte funktioniert hierbei über einen Hinkanal (dSM zu eingebundenen Geräten) und einen Rückkanal (Geräte zu dSM) und basiert auf dem Master-Slave-Verfahren. Die dSM sind dabei die Kommunikationsmaster für die Klemmen (Slaves), die im selben Stromkreis verbunden sind. Ein digitalStrom-Meter schaltete in der Nähe des Nulldurchgangs den Stromkreis sehr kurz aus und wieder ein, wobei die dS-Klemmen das als Signal erkennen und es auswerten (Hinkanal) [BöTe2016]. Die kurzen Unterbrechungen wirken sich nicht auf die angeschlossenen Verbraucher aus, da im Bereich des Nulldurchgangs auch der Werte des Stromes gegen Null geht. Das dSM sendet dabei mit einer Geschwindigkeit von 100 Bit/s. Die dS-Klemmen modulieren ihr Stromaufnahme nach dem Frequenz-Shift-Keying Verfahren, um sie zu verarbeiten. Die Klemmen sen-

den dann ihr Bestätigungstelegram (Rückkanal). Diese Telegramme werden im dezentralen digitalStrom System von allen Klemmen gelesen. Diese verfügen über ausreichend Intelligenz, um zu entscheiden, wie sie auf die gesendeten Daten reagieren.

### 3.3 Funkbasierte Smart Home Systeme

Das Thema Smart Home hat vor allem in den letzten Jahren hohes Interesse gewonnen. Ein kabelgebundenes System erfordert immer auch zusätzliche Leitungen, die extra verlegt werden müssen. Da der Großteil der deutschen Immobilie jedoch schon seit Jahrzehnten/ Jahrhunderten genutzt wird, ist solch eine Kabelverlegung mit hohem Aufwand verbunden und somit nicht immer umsetzbar. Um dennoch die Vorteile des intelligenten Heims zu nutzen, werden mittlerweile einige Funk-Lösungen angeboten. Neben bereits bestehenden Funkstandards wie Bluetooth, WLAN, DECT usw. wurde auch auf neue Protokolle wie Zig-Bee und Z-wave entwickelt. Diese sind nicht immer untereinander kompatibel und erfüllen nicht immer die Kriterien, die man sich von einem Smart Home wünscht.

Zu den Anforderungskriterien zählt Sicherheit, Zuverlässigkeit, niedriger Energieverbrauch, angemessener Preis, Investitionsschutz und Interoperabilität. Die Ansprüche an die Sicherheit sind gleich mit denen, eines kabelgebundenen Systems. Die privaten und persönlichen Daten des Endnutzers sollten unbedingt geschützt und für die Außenwelt unzugänglich sein, um die Privatsphäre zu schützen. Außerdem sollte der Zugriff durch unbefugte Personen verhindert werden. Die Zuverlässigkeit ist eines der am häufigsten bemängelten Argumente, wenn es um die Anschaffung eines Smart Home Systems geht, besonders, wenn es sich um funkbasierte Varianten handelt. Das System sollte ähnlich stabil, wie die bisher genutzte Stromversorgung laufen, das bedeutet: wenige Ausfälle und im besten Fall jederzeit nutzbar. Ein Strom- oder Netzwerkausfall, sowie Funkstörungen können im Smart Home zu einem echten Problem werden, sodass auch ein Notfallsystem erwünscht ist. Prinzipiell wollen die meisten Nutzer eine Erweiterung ihrer gewohnten Steuerungsmöglichkeiten im Eigenheim, die Vorteile aber keine Nachteile mit sich bringen. Das Smart Home soll Prozesse vereinfachen, optimieren und effizienter gestalten, dabei aber keine komplizierten oder störungsanfällige Abläufe mit sich bringen. Auch preislich sollte das System sich nach einer gewissen Zeit amortisieren und somit dem Endnutzer Profit einbringen. Die Installationskosten sollten also nicht die absehbaren Erträge übersteigen. Beim Investitionsschutz ist den Nutzern wichtig, dass das gewählte Smart Home System auch über Jahrzehnte funktionsfähig bleibt und weiterhin Support erfährt. Dafür eignen sich herstellerübergreifende Systeme, die mehrere Kommunikationsstandards unterstützen. Das hängt eng zusammen mit dem Begriff Interoperabilität. Wenn die einzelnen Systeme miteinander kombinierbar sind, bringt das eine Vielzahl an zusätzlichen Möglichkeiten mit sich. Man ist nicht mehr herstellereigen und kann beispielsweise günstigere Komponenten einer

anderen Firma einbinden. Außerdem können Sonderlösungen verschiedener Hersteller eingebunden werden (bspw. Heizungssteuerung) [BeWe2017].

Grundlegend werden zur Datenübertragung verschiedene Frequenzbänder genutzt. In der Regel nutzt man 433 MHz, 868 MHz und 2,4 GHz. „Je höher die Frequenz ist, umso höher ist die mögliche Übertragungsrates, umso kürzer ist die Reichweite und umso schlechter ist der Durchgang durch Gebäudeteile.“ [LaKr2020]

### 3.3.1 Grundlagen der Datenübertragung

Die kabellose Datenübertragung basiert auf elektro-magnetischen Wellen. Die Frequenz beschreibt dabei, wie schnell sich ein bestimmter Abschnitt dieser Welle wiederholt. Diese Wellen werden über Antennen an die Umgebung gesendet. Die Kommunikation startet bei dem Sender und endet am Empfänger. Als Sprache wird das Binärsystem verwendet, bei dem 0/1 jeweils einen bestimmten Punkt auf der elektromagnetischen Welle darstellt. Wenn Sender und Empfänger dasselbe Funkprotokoll verwenden, können die gesendeten Zustände (0/1) in Informationen übersetzt werden. So funktioniert grundsätzlich die Datenübertragung. Bei kabelgebundenen Systemen wird in der Regel Strom genutzt, um die Zustände 1 und 0 darzustellen. Die Reihenfolge der Stromsignale wird dort auch vom Empfänger übersetzt und löst eine Aktion aus.

### 3.3.2 Das 433MHz-System

Das 433MHz-Funksystem gibt es bereits für wenig Geld in einigen Baumärkten zu kaufen. Häufig werden in der Weihnachtszeit Steckdosen und Fernbedienungen oder Lichterkette mit diesem System verkauft. Da 433MHz noch eine vergleichsweise geringe Frequenz ist, können bereits mit 10mW Leistung Reichweiten bis zu 100m im freien Feld erreicht werden.

Nachteilig an dem System ist jedoch, dass es unverschlüsselt genutzt wird, sodass es bei mehreren Geräten mit gleicher Frequenz zu Überlagerungen kommen kann. Durch die hohe Reichweite ist es zudem nicht unüblich, dass man damit auch die Geräte des Nachbarn steuern kann, was eine große Sicherheitslücke darstellt. Es gibt auch keinen Rückkanal, mit dem der Empfänger dem Sender mitteilen kann, ob eine Aktion funktioniert hat oder nicht. Außerdem sind die Geräte nicht interoperabel, auch wenn sie aufgrund von Überlagerungen so scheinen.

Es gibt jedoch Möglichkeiten die 433MHz Geräte miteinander zu vernetzen. Dazu benötigt man eine „Bridge“ also eine Brücke zwischen den Sendern und Empfängern, die Signale korrekt weiterleitet. So gibt es hier Systeme von HomeWizard, Intertechno oder auch Brennstuhl. Das Gateway von HomeWizard macht sich dabei die unverschlüsselten Signale zu nutzen. Im Prinzip fängt es die gesendeten Signale bspw. einer Fernbedienung ein, wandelt diese entsprechend um und sendet sie zum Empfänger, sodass dieser das Signal lesen kann. Somit kann man auch hier Gewerke übergreifende Anwendungen einbinden [BeWe2017].

### 3.3.3 WLAN

„Der Name Wireless Local Area Network (kurz: WLAN) ist der Oberbegriff für alle schnurlosen bzw. drahtlosen lokalen Netzwerke und meint meist Funknetz-Standards der Normierungsreihe IEEE-802.11x, die in anderen Ländern auch unter dem Begriff Wi-Fi zusammengefasst werden.“ [RaDo2018] WLAN wird in den meisten Haushalten für einen einfachen Zugang zum Internet genutzt, ohne aufwändig Netzwerkkabel zu verlegen. Für dieses Funknetz werden Frequenzbänder genutzt. Das ISM-Band (Industrial, Scientific and Medical) liegt bei 2,4GHz. Das schnellere 5 GHz Frequenzband wird auch UNII (Unlicensed National Information Infrastructure). Bei dieser hohen Taktrate hat das Funknetzwerk nur eine geringe Reichweite von ca. 50 bis 100 Metern in Gebäuden.

Im 2,4GHz Bereich gibt es 13 Kanäle, von denen für die Funkübertragung der Daten nur jeder vierte Kanal verwendet wird, da es sonst zu Interferenzen kommt. Dasselbe gilt für das 5GHz Netz, bei dem es allerdings die Kanäle 36 bis 64 und 100 bis 140 gibt. Die Kommunikation im WLAN funktioniert über Internetprotokolle. Jedes eingebundene Gerät bekommt dafür seine eigenen IP-Adresse, mit der es explizit angesprochen werden kann. In einem Heimnetzwerk können bis zu 254 Adressen vergeben und somit Geräte eingebunden werden. Die zu versendenden Daten werden in Pakete aufgeteilt und mit der entsprechenden IP-Adresse versehen. Sie können dann auch getrennt voneinander verschickt und am Zielort wieder zusammengefügt werden. Das hat den Vorteil, dass nicht eine große Datenmenge mit einmal versendet wird, sondern kleinere Einheiten, auf verschiedenen Wegen, was die Datenübertragung verschnellert.

Beim WLAN nennt man die Datenübertragungsrate auch Bandbreite, welche also bestimmt, wie schnell Informationen übermittelt werden können. Diese ist unter anderem vom jeweiligen IEEE-Standard abhängig. Das „Institute of Electrical and Electronics Engineers“ brachte 1997 die erste Norm für WLAN heraus. In der folgenden Tabelle sind die jeweiligen Standards in Bezug auf die Datenübertragungsrate dargestellt.

2,4 GHz	Datenübertragungsrate	5GHz
802.11	1-2 Mbit/s	
802.11 b	6 Mbit/s	
802.11 g	20 Mbit/s	802.11. a; h
802.11 n	170 Mbit/s	802.11 n
	1300 Mbit/s	802.11 ac

**Tabelle 1: IEEE-Standards und ihre Datenübertragungsrate**

Quelle: vgl. BrainStack – Wie funktioniert WLAN? (online) [BrSt2022]

Es wird dabei in theoretische (Brutto) und realistische (Netto) Datenübertragungsraten unterschieden. Die angegebene Brutto-Datenrate ergibt sich aus dem WLAN-Standard, der Konfiguration (Datenkanalbreite in MHz) und der Hardware (Anzahl der Antennen). Sie ist somit vom Hersteller bestimmt und auf den Routern angegeben. Die Schnelligkeit der Datenübertragung ist in der Realität aber auch von weiteren Faktoren abhängig. Zum einen hat WLAN nur eine geringe Reichweite, die durch Wände, Möbel und andere Gegenstände beeinflusst wird. Dadurch kann es bereits zu Verlangsamungen kommen. Außerdem haben auch die Funkkanalbreite, Übertragungsart und die Anzahl der verwendeten Antennen einen Einfluss darauf [EIKo2022]. WLAN ist ein „shared medium“ also ein Übertragungsmedium, das sich mehrere Geräte teilen müssen. Somit sinkt die Geschwindigkeit auch mit der zunehmenden Anzahl eingebundener Geräte, welche sich in das Signal eines Access-Points einwählen und nur dann senden können, wenn kein anderes Gerät sendet. Als Access Point bezeichnet man das Gerät, welches ein lokales Netzwerk aufbaut und mit dem sich die verschiedenen Geräte verbinden, um im Heimnetzwerk teilzunehmen. Kommt es dazu, dass zwei Geräte gleichzeitig Daten übermitteln wollen, entstehen Überschneidungen, die dazu führen, dass die Daten nicht mehr gelesen werden können und erneut gesendet werden müssen. Eine gute Lösung bieten Dual-Band-Router, die in beiden Frequenzen (2,4 GHz und 5GHz) senden. Somit stehen mehr Zugangskanäle zur Verfügung und es kommt zu weniger Überschneidungen.

Die Datenübertragung im WLAN kann mit dem TCP/IP Modell erklärt werden. In der Netzwerktechnik werden häufig Schichtenmodelle verwendet, um die Kommunikation zwischen den Systemen zu erklären. Dabei steht jede Schicht für mindestens ein Protokoll, welches bei der Kommunikation verwendet wird. Protokolle sind Sammlungen an Regeln zum Ablauf der Datenübertragung in einem Netzwerk. Dabei sind immer mehrere Protokolle an der Datenübertragung beteiligt. TCP und IP sind zwei einzelne Protokolle, das Modell hingegen beschreibt mehr als nur diese beiden.



**Abbildung 4: TCP/IP Schichtenmodell**

Quelle: IT & Medien einfach erklärt: TCP/ IP Modell einfach erklärt. (online) [ItMe2022]

Der Ablauf der Datenübertragung beginnt in der Anwendungsschicht, mit der der Benutzer in der Regel interagiert. Mit Hilfe von Programmen (z.B. Browser) kann man die Dienste dieser Schicht nutzen. Die Daten werden dabei so aufbereitet, dass sie für den Anwender verständlich sind und dieser damit arbeiten kann. Typische Protokolle für diese Schicht sind http, ftp, und smtp. Auf dieser Schicht wird die Datenübertragung angestoßen, z.B. durch Klicken eines virtuellen Buttons. Danach durchlaufen die Daten die darunter liegenden Schichten und werden dort mit weiteren Informationen versehen. Die Transportschicht baut eine Verbindung zum Empfänger auf und vermittelt am Ende die Daten. Sie funktioniert wie eine Art Postzentrum, nimmt also Datenpakete an und macht sie für den Versand fertig. Sind diese Datenmengen zu groß, werden sie hier in kleinere Pakete aufgeteilt und einzeln verschickt. Dabei wird auch überprüft, ob alle Daten angekommen sind. Typische Protokolle, die hierbei genutzt werden, sind TCP (Transport Control Protocol), welches auch namensgebend für dieses Modell ist und UDP (User Datagram Protocol), welches bei kleineren Datenmengen genutzt wird. In der Vermittlungsschicht kommt das zweite namensgebende Protokoll zur Anwendung: IP (Internetprotokoll), es gibt aber auch ARP und ICMP. Diese Schicht übernimmt logistische Tätigkeiten, d.h. hier werden die Daten mit entsprechenden IP-Adressen versehen und die Versandroute wird festgelegt. Dabei müssen nicht alle Pakete denselben Versandweg nutzen, sondern können auch getrennt verschickt und am Empfängerrechner wieder zusammengesetzt werden. Die Sicherungsschicht überprüft, ob die Daten korrekt sind und gleicht ggf. Fehler aus. Hierbei werden die Protokolle PPP oder IEEE verwendet. Die Bitübertragungsschicht beschreibt die eigentliche Verbindung zweier Systeme, auf der die Daten transportiert werden. Sind die Daten bei dem Empfänger angekommen, so werden sie von unten nach oben durch die Schichten entschlüsselt und am Ende wieder auf der Anwendungsschicht dargestellt. [ItMe2022]

### 3.3.4 DECT

Digital enhanced cordless telecommunication ist vielen Menschen bereits durch ihr Hasutelefon/ Festnetz bekannt, da diese Geräte auf Basis dieser Technik funktionieren. Die Datenübertragung funktioniert hierbei auf dem 1800MHz Frequenzband. Mit einer Maximalleistung von 250mW kann eine Reichweite von 300m auf freiem Feld oder 100m innerhalb von Gebäuden erreicht werden. 2011 wurde der Standard DECT ULE entwickelt, der bedeutend weniger Energie verbraucht (=ultra low energy), was durch Vereinfachung innerhalb des Protokolls realisiert werden konnte. Das ist auch der größte Vorteil, den DECT gegenüber WLAN bietet, weil somit auch batteriebetriebene Anwendungen realisiert werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass DECT bereits in den meisten Wohnhäusern vorhanden ist, weil dieser seit vielen Jahren Vorreiter auf dem Telekommunikationsmarkt ist und für die alltägliche Telefonie genutzt wird. Das brachte außerdem mit sich, dass dieser Standard in die meisten WLAN-Router eingebaut wurde, um nur noch eine Schnittstelle im Haus zu haben.

Der Hersteller AVM hat beispielsweise in alle seine Router (FRITZ!Box) eine DECT Schnittstelle eingebaut und bietet damit die perfekte Grundlage für ein darauf basierendes Smart Home. Das Produktportfolio ist jedoch recht übersichtlich. Neben Lampen bietet AVM Steckdosen für den Innen- und Außenbereich, Thermostate und einen Schalter, mit dem sich die Geräte auch ohne Smartphone bedienen lassen. Die Produkte zielen auf den Nachrüstungsmarkt ab, was daran erkenntlich ist, dass es die Steckdosen nicht als gewohnte Unterputzvariante gibt, sondern nur als zusätzlichen Stecker, der mit einer bereits vorhandenen und haushaltüblichen Steckdose verbunden wird. Alle AVM-Dosen können den Stromverbrauch messen, welcher anschließend auf der online Plattform grafisch dargestellt werden kann. Somit können Geräte identifiziert werden, die einen besonders hohen Stromverbrauch haben und durch energieeffizientere Modelle ausgetauscht werden. Leider sind die Produkte von AVM nicht mit denen anderer Hersteller kompatibel. Somit eignen sie sich für Einsteiger, die erste kleine Automationen in ihrem Eigenheim haben möchten oder um die Stromkosten etwas zu senken.

Auch Gigaset ist ein Hersteller, der bereits seit mehreren Jahren auf dem Markt der Festnetztelefonie bekannt ist. Diese Geräte nutzen ebenfalls den DECT Standard. Der Hersteller konzentriert sich dabei vor allem auf Sicherheitslösungen. Neben Kameras, Bewegungsmeldern, Fenster- und Türsensoren gibt es wie bei AVM schaltbare Steckdosenadapter und dazugehörige Schalter, sowie eine Sirene, die im Notfall Alarm schlägt. Kompatibel mit anderen Herstellern sind auch die Produkte von Gigaset nicht. Sie sind vom Gigaset-Server abhängig und es gibt keine Schnittstellen zu IFTTT oder anderen Plattformen. [BeWe2017]

### 3.3.5 Bluetooth

Nach einem dänischen König aus dem 10. Jahrhundert wurde der nächste Funkstandard benannt. Harald Blauzahn (Harald Blåtand) lebt nicht mehr, sein Name jedoch ist weiterhin Bestandteil von unzähligen Produkten. Seit 1990 Jahren wird Bluetooth hauptsächlich für die drahtlose Datenübertragung zwischen zwei Rechner in nächster Nähe genutzt.

Bluetooth bringt allerdings Eigenschaften mit sich, die erst einmal nachteilig für ein ganzheitliches Smart Home System sind. Zunächst ist die Reichweite auf ca. 15m im Haus begrenzt, welche durchaus schnell überschritten sind. Außerdem hat Bluetooth einen nicht vernachlässigbaren Stromverbrauch, sodass es vor allem für Geräte geeignet sind, die entweder immer am Strom angeschlossen sind (Steckdosen, Lampen) oder zumindest regelmäßig aufgeladen werden (Smartphone, Tablet). Außerdem können in einem Bluetooth-Netzwerk nur bis zu acht Geräte miteinander vernetzt werden, was nicht heißt, dass diese auch miteinander kommunizieren können. Trotz der gleichen Hardwarebasis verhindern die verschiedenen Protokolle eine gemeinsame Nutzung.

Dennoch gibt es Kooperationen, welche die Einbindung der Bluetooth-Geräte in ein weiteres Smart Home System ermöglicht. So arbeitet bspw. der Hersteller EVE mit dem Apple HomeKit zusammen, wodurch sich das Portfolio im Eigenheim erweitern lässt. Dennoch ist Bluetooth zumindest nach jetzigem Stand eher ungeeignet für ein vollautomatisiertes Heim, bietet aber deutliches Potential. [BeWe2017]

### 3.3.6 EnOcean

Der nächste Funkstandard wurde erst 2012 international anerkannt und ist somit noch sehr jung. Das Besondere daran ist, dass die EnOcean-Geräte, unabhängig vom Hersteller miteinander verbunden werden können, ohne einen Vermittler zu benötigen. EnOcean Geräte, sind darauf ausgelegt, batterieles, ohne eine stetige Stromversorgung zu funktionieren. Sie beziehen ihre Energie aus Solarzellen, Windkraft oder wandeln kinetische Energie in elektrische um. Das Prinzip dahinter nennt man „Energy Harvesting“ (englisch für: „Energie Ernte“).

Lineare Bewegungsenergie wird durch Induktion in elektrische Energie umgewandelt, was bei den Tastern genutzt werden kann. Weiterhin nutzen EnOcean Geräte den piezoelektrischen Effekt, um kinetische Energie umzuwandeln und Signale zu senden. Auch das Licht der Sonne kann in kleinsten Solarzellen in Strom umgewandelt werden und bspw. Bewegungssensoren versorgen. Der Hersteller gibt dabei an, dass bereits 50Lux zur Versorgung des Sensors ausreichen. Die Windkraft wird bei Wetterstationen genutzt, um die erfassten Daten zu übermitteln. Außerdem kann mittels des Seebeck-Effekt aus Temperaturdifferenzen von bereits 2°C Strom gewonnen werden. Sollte keine Bewegung, Belichtung oder Temperaturänderungen auf ein Geräte einwirken, so werden diese dennoch mit Strom durch den direkten Netzanschluss oder eine Batterie betrieben. [BeWe2017]

Der EnOcean-Standard ist also sehr energiesparend, sodass Sensoren, die mit Solarenergie versorgt werden, auch mehrere Tage in kompletter Dunkelheit funktionieren. Das Senden eines Funktelegramms benötigt dabei nur 50  $\mu$ Ws. Im Gegensatz zum starkbelasteten 2,4GHz Band nutzt man hierbei eine Frequenz von 868,3 MHz. Es können Reichweiten von bis zu 30m in Gebäuden überwunden werden, welche durch Repeater verstärkt und ausgebaut werden können. Es handelt sich um ein dezentrales System, bei dem alle Geräte mit einem Microchip ausgestattet sind und somit auch funktionieren, sollte eines der eingebundenen Geräte ausfallen. [HeSt2021]

### 3.3.7 ZigBee

Die ZigBee-Alliance veröffentlichte 2005 ihren Funkstandard, welcher speziell für Gebäudesteuerung und -automation entwickelt wurde. Ziel war es drahtlose, energiesparende Geräte mit geringer Datenrate zu konzipieren. „Der ZigBee-Protokollstack setzt nach dem OSI-Modell [...] auf den IEEE-802.15.4-spezifizierten OSISchichten PHY und MAC auf und erweitert deren Funktionalität, unter anderem durch Routing und sicheren Schlüsselaustausch.“ [HeSt2021]



Das Protokoll unterscheidet dabei in drei Klassen. „End Devices“ sind einfache Geräte, die nur eine Teilmenge des Protokolls implementiert haben. Sie werden mit einem Router verbunden und können damit kommunizieren. Es handelt sich z.B. um Schalter, die über einen besonders energiesparenden „Schlafmodus“ verfügen. Zudem gibt es Router, die dem Netzwerk beitreten, indem sie sich bei anderen Routern anmelden. Sie werden als „Full Function Device (FFD)“ bezeichnet und verfügen über höher Hardwareressourcen. Die dritte Klasse wird „Coordinator“ genannt. Eines der Router im Netzwerk nimmt dabei eine zentrale Rolle ein und verwaltet das Netzwerk und seine Parameter.

ZigBee kann mit verschiedenen Topologien genutzt werden: Stern, Mesh und eine Mischung daraus. Häufig befinden sich die verschiedenen Router in einem Mesh-Netzwerk, was bedeutet, dass ein Gerät sein gesendetes Signal über andere Geräte weiterleitet, bis es schlussendlich am Zielgerät ankommt. Somit wirken alle Geräte als Repeater des Signals, was die Reichweite des Netzwerkes steigert. Generell nutzt ZigBee zur Datenübertragung sowohl das 868MHz als auch das 2,4GHz Frequenzband.

In das ZigBee Netzwerk können nahezu unendlich viele Geräte eingebunden werden. Die Grenze liegt bei 65.535 Teilnehmern, eine Anzahl, die in privaten Haushalten nicht vorstellbar ist. [HeSt2021]

### 3.3.8 Z-Wave

Z-Wave ist ähnlich wie ZigBee für Smart-Home-Lösungen optimiert. Das bedeutet einen geringen Energieverbrauch und eine hohe Kommunikationssicherheit. Als Meshnetzwerk bietet auch Z-Wave den Vorteil, dass Daten übertragen werden können, auch wenn die zwei Endgeräte nicht direkt miteinander kommunizieren, da die Entfernung zu weit ist. Die Einzelgeräte nehmen dabei die Rolle eines Repeaters ein. Die gesendeten Daten würden in diesem Fall über bis zu vier Knotenpunkte transportiert werden können. Zum Senden der Daten wird das 868MHz Frequenzband genutzt.

Ein Z-Wave-Netzwerk unterstützt bis zu 232 Geräte, wobei einzelne Netze über Bridges (Vermittler) verbunden werden können. Es benötigt in jedem Netz einen Primärcontroller, der die Hauptvorgänge verwaltet. Mit ihm werden neue Geräte eingebunden und nicht funktionsfähige Teilnehmer abgeschaltet, um weitere Störungen zu vermeiden. Nachdem die gewünschten Smartdevices eingebunden wurden, ist das System prinzipiell betriebsbereit, kann aber durch die anschließende Konfiguration auf die eigenen Bedürfnisse eingestellt werden. Im Gegensatz zum EnOcean-Standard ist ein batterieloser Betrieb nicht möglich, um Strom zu sparen werden die Geräte aber nicht dauerhaft betrieben, sondern nur zeitweise „aufgeweckt“, um Signale zu übertragen. Lediglich die netzgebundenen Geräte sind ständig aktiv um auch in Störungsfällen als Knotenpunkt weiterhin Daten zu versenden.

Z-Wave verfügt über eine bidirektionale Kommunikation, was die Funktionssicherheit im Netzwerk erhöht. Die Geräte senden also ein Bestätigungstelegramm, sobald sie ein Signal erhalten haben. Bei Fehlern kann der ursprüngliche Datenstrom bis zu dreimal wiederholt werden [HeSt2021]. Weiterhin nutzt Z-Wave die AES-128Bit-Verschlüsselung, um die Kommunikation vor äußeren Angriffen zu schützen. Z-Wave erhielt zudem die UL-1023-Zertifizierung, die als Standard für Alarmanlagen vergeben wird. Durch die hohe Sicherheit, ist Z-Wave auch für die Einbindung von Zutrittssystemen geeignet. [BeWe2017]

## 4 Grundlagen der Gebäudeautomation

### 4.1 Szenen

Im Smart Home wird mit Szenen gearbeitet, die bestimmte Zustände der Geräte darstellen. Diese sind auf die täglichen Situationen abgestimmt, wie z.B.:

- Aufstehen
- Zur Arbeit gehen
- Nach Hause kommen
- Fernsehabend
- Schlafengehen

Eine grundlegende Unterscheidung im Alltag des Smart Homes bildet die An- und Abwesenheit der Bewohner. Wenn alle Bewohner das Haus verlassen haben, ist es sinnvoll den Energieverbrauch des Eigenheims auf ein Minimum zu schalten. Das bedeutet: die Heizung schalten auf eine niedrigere Temperatur oder gar ab, alle Lichter gehen aus, Geräte werden automatisch vom Strom getrennt, um den Stand-by-Verbrauch zu stoppen usw. Außerdem ist es für den Einbruchschutz wichtig alle Türen zu verschließen und eine Warnung auszugeben, wenn ein Fenster noch geöffnet ist. Zudem können die Rollläden automatisch geschlossen werden und die Sicherheitsanlage wird aktiviert. Um diese Aktivitäten manuell auszuführen wäre man sicherlich einige Minuten beschäftigt, im Smart Home geschieht das jedoch vollautomatisch. Sobald die Bewohner wieder nach Hause kommen, kann eine weitere Szene bereits von Unterwegs gestartet werden. Die Heizung stellen sich wieder auf die Wohlfühltemperatur ein, das Garagentor öffnet sich, sobald der Anwohner nur noch einige Meter entfernt ist. Zudem werden die Jalousien hochgefahren und die Zwischenstecker der Kaffeemaschine wird auf den Zustand „an“ geschaltet.

Auch die Tageszeit kann Szenen auslösen. Am Abend werden die Rollläden und Türen automatisch geschlossen und das Licht im Wohnzimmer wird auf 50% gedimmt. So entfällt auch das Verschließen jeder einzelnen Tür und es wird eine höhere Sicherheit geboten, da ein Vergessen ausgeschlossen ist. Im weiteren Verlauf des Abends werden die Heizung auch niedriger gestellt, um in der Nacht Energie zu sparen. Am Morgen ist dann ein Wecken mit Tageslicht (öffnen der Beschattung) oder zumindest einer Simulation (stufenweises Erhellen der Beleuchtung) möglich. Gleichzeitig kann über die integrierten Lautsprecher die Lieblingsmusik abgespielt werden. Das Bad wird bereits einige Stunden vorher auf 23°C aufgeheizt, sodass bei der morgendlichen Routine eine angenehme Wärme herrscht.

Neben einer zeit- und anwesenheitsabhängigen Steuerung gibt es weitere „Trigger“, die Szenen auslösen können. Die Steuerung über einen Schalter ist einfach und schnell. So ist es bspw. sinnvoll, einen Schalter neben der Eingangstür zu platzie-

ren, der alle Lichter im gesamten Haus ausschaltet und alle Rollläden schließt. Bei Tastern ist in den meisten Fällen eine mehrfache Belegung mit Szenen möglich. Das einmalige Betätigen des Tasters im Wohnzimmer schaltet damit das Hauptlicht auf 100% ein, wohingegen zwei Betätigungen hintereinander ein gedimmtes Stimmungslicht einschaltet. Dabei ist das Hauptdeckenlicht um 50% gedimmt und die Stehlampe neben dem Sofa gibt ein passendes, farbiges Licht wieder.

Die meisten Smart Home Systeme können mit Sprachassistenten gekoppelt werden. Die erfolgreichsten auf dem derzeitigen Markt sind:

- Amazon Echo (Alexa)
- Apple HomeKit (Siri)
- Google Home (Google Assistant)
- Microsoft (Cortana)
- Samsung (Bixby).

Der Trigger für die Szene ist dabei die eigene Sprache. Dazu muss das Smart Home System eine entsprechende Schnittstelle zum Sprachassistenten haben und wissen, was bei den jeweiligen Sprachbefehlen zu tun ist. In der Regel werden die gesprochenen Worte an einen Server geschickt, dort in Text umgewandelt und nach Schlagwörtern analysiert. Danach folgt die Übergabe der Dateien an das Smart Home. Auch einzelne Geräte können spezifisch gesteuert werden, z.B. „Stelle die Heizung im Bad auf 23°C“.

Wirklich smart wird es aber erst, wenn Szenen vollautomatisch, ohne Eingreifen des Menschen aktiviert werden. Dazu werden Daten aus Sensoren und Aktoren gesammelt und stetig ausgewertet. Viele Smart Home Systeme arbeiten mit einer binären Logik, welche die drei Verknüpfungsarten UND, ODER, NICHT kennt. Daraus können Wenn-Dann-Funktionen programmiert werden, die wenig Wissen zum Programmieren voraussetzen aber einen hohen Effekt mit sich bringen. So kann beispielweise die abendliche Routine „Rollläden schließen“, wie folgt programmiert werden:

WENN [Helligkeitssensor außen Helligkeit < 60Lux]  
UND [Uhrzeit > 20 Uhr]  
DANN [alle Rollläden schließen]

Ein Problem dabei stellen Balkontüren dar, denn in der Regel sind auch an diesen Beschattungsanlagen angebracht. Wenn die Bewohner abends auf dem Balkon sitzen, soll der Rollladen natürlich nicht automatisch zu fahren, denn im schlimmsten Fall führt das dazu, dass die Anwohner dann ausgeschlossen sind. Also muss ein entsprechender Sicherheitsmechanismus eingeführt werden:

WENN [Helligkeitssensor außen Helligkeit < 60Lux]  
UND [Uhrzeit > 20 Uhr]  
UND [Türkontakt Balkontür = geschlossen]  
DANN [alle Rollläden schließen]

Die Beispiele sind hierbei stark vereinfacht dargestellt.

## 4.2 Der Einsatz von Sensoren und Messeinrichtungen

Für die automatische Erfassung von Daten sind Sensoren und Aktoren unverzichtbar. Durch sie können Szenen automatisch ausgelöst werden. Darüber hinaus können sie entscheidende Vorteile für die Sicherheit des Smart Homes bringen.

### 4.2.1 Fenster- und Türkontakte

Wie es der Name bereits aussagt, werden diese Sensoren an Fenster und Türen angebracht und erkennen ihren Status. Hierbei gibt es 2 mögliche Optionen: Fenster/ Tür ist offen und Fenster/ Tür ist geschlossen. Diese Aussagen können essenziell für Szenarien im Smart Home sein.

Die sogenannten Reed-Kontakte bestehen aus einer hermetisch abgedichteten Metallzunge, aus einer Eisen-Nickellegierung, die einen Schließ- oder Öffnungskontakt darstellt. Nähert sich nun ein Magnet, wird ein Schaltvorgang ausgelöst.



Abbildung 5: Reed Kontakt offen und geschlossen durch Magnetfeld

eigene Darstellung

Bei der Öffnungsüberwachung wird der Permanentmagnet am Fensterflügel und der Reed-Kontakt am Fensterrahmen befestigt, so dass sie bei geschlossenem Fenster übereinander liegen und der Status „geschlossen“ übermittelt wird. Dabei kann allerdings nicht erkannt werden, dass ein Fenster oder die Balkontür nur anlehnt.

Die Schließungsüberwachung hingegen erkennt, wenn die Schließeinrichtung des Fensters betätigt wird. Dafür wird der Reed-Kontakt am Fensterflügel befestigt und der Permanentmagnet am Fenstergriff. Wird dieser gedreht, so bewegt er sich aus dem Schaltbereich des Kontaktelements. Um zusätzlich eine Kippung des Fensters zu erkennen, können zwei Kontakte installiert werden. [LeCh2022]

### 4.2.2 Bewegungsmelder

Für Bewegungsmelder gibt es drei grundsätzliche Verfahren, mit denen Bewegung erkannt wird:

- Radar (Hochfrequenz-Sensoren)
- Ultraschall
- Passivinfrarot

Eine Kombination aus zwei Verfahren ist auch möglich. Am häufigsten wird das Passivinfrarotverfahren eingesetzt. Dieser verfügt über ein Linsensystem und erkennt Änderung der auftretenden Infrarot-Wärmestrahlung im Erfassungsbereich. Der Schaltzustand wird hierbei also über die Körperwärme gesteuert. Das Messelement bildet hierbei ein Pyrosensor. Der eingesetzte Lithiumtantalat Kristall besitzt pyroelektrische Eigenschaften. Sobald dieser sich erwärmt, wird eine Spannung erzeugt, die mit Hilfe von Elektroden abgegriffen werden kann. Dabei reichen kleinste Temperaturänderungen. [ItWi2022]

Ein Radar-Bewegungsmelder strahlt hochfrequente elektromagnetische Wellen ab und analysiert die durch Gegenstände reflektierte Energie. Sobald sich eine Person durch den Erfassungsbereich bewegt, ändert sich die Wellenlänge einer Teilmenge der gesendeten Energie und der Bewegungsmelder erkennt das. Ein Ultraschallsensor funktioniert ähnlich. Er sendet Strahlung aus und misst diese, sobald Veränderungen erfasst werden, wird eine Schaltung ausgelöst.

Die Wahl des jeweiligen Sensors hängt vom Einsatzgebiet ab. Dabei wird zwischen Innen- und Außenbereich unterschieden und der vorgesehenen Montagehöhe (Deckenmontage, Wandmontage in 1,10m; 2,20m oder für Außen 2,50m). Außerdem ist die Kompatibilität mit dem vorhandenen Smart Home System vorausgesetzt.

### 4.2.3 Präsenzmelder

Ein Präsenzmelder arbeitet ebenfalls mit dem Passiv-Infrarot-Prinzip. Er ist allerdings deutlich empfindlicher als ein Bewegungsmelder und teilt seinen Erfassungsbereich in bis zu 1000 Zonen ein. Weiterhin unterscheiden sie sich in der Art der Lichtmessung. Ein Bewegungsmelder schaltet das Licht ein, sobald er Bewegung erkennt und misst anschließend einmalig die Helligkeit. Er ist dabei dauerhaft aktiv und schaltet das Licht nicht aus, solange er Bewegung erkennt. Dadurch kann das Licht auch über längere Zeitintervalle eingeschalten bleiben, auch wenn sich die Lichtverhältnisse ändern, da die Helligkeit nur einmalig gemessen wird. Der Präsenzmelder hingegen misst dauerhaft auch die Helligkeit und schaltet ab, wenn der Grenzwert überschritten ist. [Neta2022]

Bei einem Bewegungs- oder Präsenzmelder ist eine weitere wichtige Eigenschaft, dass dieser nur reagiert bzw. das Licht schaltet, wenn es auch wirklich notwendig ist. Zum einen ist dafür die Positionierung entscheidend. In erster Linie sollten dabei die Herstellerangaben zur Höhe, Reichweite etc. beachtet werden. Weiterhin ist es

anzustreben, dass ein Bewegungsmelder sein Erkennungsbereich nur auf den gewünschten Raum ausrichtet. Es sollte vermieden werden, dass dieser auch Bewegungen aus dem Nachbarraum erkennt. Dafür sollte beachtet werden, dass der Messbereich an Türen und Fenstern abgeschirmt ist. Auch Raumteiler aus Glas können teilweise durchdrungen werden, was bei der Planung mit einbezogen werden muss. Außerdem werden Dämmerungssensoren eingesetzt, sodass der Melder nur reagiert, wenn wirklich Licht benötigt wird. Als Sensoren werden können dafür Fotodioden aus Silizium oder Germanium eingesetzt werden. Ihr Aufbau ist lichtdurchlässig gestaltet. Bei Lichteinfluss werden Elektronen aus den Kristallbindungen getrennt. In der Sperrschicht werden Elektronen und frei Ladungsträger erzeugt, weshalb die Diode in Sperrrichtung betrieben wird. Die freien Ladungsträger bewegen sich aus der Sperrschicht, was den Sperrstrom ansteigen lässt. [Elko2022]

#### 4.2.4 Temperatursensoren

Temperatursensoren können im Smart Home vielseitig eingesetzt werden. Bei der Regelung und Steuerung von Heizungsanlagen werden Temperaturfühler, die automatisch die Heizleistung regeln schon seit Jahren benutzt. Temperatursensoren im Smart Home hingegen können Informationen zu den Temperaturen im und außerhalb des Hauses liefern und somit beim Energiesparen unterstützen. Wenn im Sommer die Sonne mehrere Stunden am Tag in die Fenster scheint, erwärmt sich das Haus um ein Vielfaches, auch wenn die Heizungsanlage bereits ausgeschaltet ist. Um Kosten bei der Klimatisierung zu sparen, kann mittels Sensoren der Temperaturverlauf gemessen werden. Zeigt sich, dass die Temperatur im Innenraum stark ansteigt oder einen bestimmten Wert überschreitet, so wird ein Signal an das Smart Home gesendet, was dazu führt, dass sich die Rollläden automatisch schließen. Umgekehrt können die Rollläden auch im Winter helfen, den Wärmeverlust durch die Fenster zu verringern und auch hierbei auch Temperaturänderungen reagieren. Weiterhin kann die Heizleistung automatisch der Außentemperatur angepasst werden, um ein gleichmäßiges Klima im Haus zu bewahren.

Es gibt viele Sensoren und Prinzipien, die zur Temperaturmessung eingesetzt werden. Häufig wird mit der Grundlage der Widerstandsmessung gearbeitet. Die Sensoren bestehen dabei aus einem Leiter oder Halbleiter, der an einen Stromkreislauf angeschlossen ist. Sobald sich dieser erwärmt oder abkühlt, ändert sich der Elektronenfluss. Die Sensoren werden an einen konstanten Stromfluss angeschlossen, weshalb eine Erwärmung/ Abkühlung zu einer Spannungsänderung führt, die proportional der Widerstandsänderung ist. Diese Widerstandsänderungen werden ausgewertet und auf die Temperatur umgerechnet. [SchLe2022]

#### 4.2.5 Sonstige Sensoren im Smart Home

Neben den bereits erläuterten Sensoren gibt es weitere, welche die Umweltdaten analysieren. In einer sogenannten Wetterstation sind mehrere Messeinrichtungen vereint. So können Daten gesammelt werden zur Windstärke, Niederschlagsmenge, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Lichtintensität, was für den Schutz vor Sturm, Frost,

Hagel oder Wasserschäden von Bedeutung sein kann [eMA2022]. Bei starkem Regen kann in Verbindung mit Fensterkontakten eine Warnung ausgegeben werden, wenn ein Fenster noch geöffnet ist. Wird dieses nicht automatisch oder nach einer kurzen Verzögerungszeit geschlossen, so fährt der Rollladen automatisch herunter, um Wasserschäden zu vermeiden. Gleichzeitig können diese Sensoren in Verbindung mit Programmierungen und den jeweiligen Produkten automatisch einen Sturm erkennen und zum Schutz die Jalousien und Markisen einfahren. In der folgenden Tabelle sind Sensoren/ Messgeräte für die genannten Messgrößen aufgelistet:

Messgröße	Messgerät	Sensoren/ Messprinzip
Windstärke	Anemometer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ultraschall wird entlang einer Messstrecke gemessen, aus Schallgeschwindigkeit wird Windgeschwindigkeit berechnet)</li> <li>- Wind treibt Rotor an; aus der Drehzahl wird die Windgeschwindigkeit berechnet</li> </ul>
Niederschlagsmenge	Kippwaage	Regen fällt in eine Kippwaage, die sich ab einer gewissen Menge entleert (kippt); aus der Anzahl der Kippungen wird die Niederschlagsmenge ermittelt.
Luftdruck	Barometer	MEMS-Drucksensoren, Piezoelektrischer Effekt
Luftfeuchtigkeit	Hygrometer	Kapazitive Sensoren, Impedanzsensoren

**Tabelle 2: Übersicht verschiedener Sensoren zu unterschiedlichen Messgrößen**

Quelle: vgl. [HaHü2021]



### 4.3 Eingesetzte Aktoren

Schaltaktoren werden in einer hohen Vielfalt im Smart Home angewandt. Grundlegende erklärt handelt es sich um Relais, die über das Smart Home System angesteuert werden können. Es gibt verschiedene Ausführungen, die sich nach folgenden Kriterien unterscheiden: „

- Anzahl der Aktorkanäle bzw. Ausgänge (gängige Anzahlen sind: 2, 3, 4, 8, 10, 12 und sogar 20 und 24)
- mit oder ohne Handbedienung
- Nennstrom der Ausgänge (6 A, 10 A, 16 A, 20 A)
- monostabile oder bistabile Relais
- Relais oder Halbleiterausgänge
- L-Anschlüsse intern gebrückt oder separat
- mit oder ohne Stromerkennung oder Wirkleistungsmessung“ [HaHü2021]

Ein Schaltaktor ist am 230V-Stromnetz sowie dem Bussystem (falls vorhanden) angeschlossen. Er wertet ankommende Datentelegramme aus und öffnet oder schließt danach den Schaltkontakt. Diese Aktoren bieten im Smart Home die Möglichkeit, eine Zeitverzögerung einzubinden. Die Verzögerung der Einschaltzeit kann bei Lichtbändern genutzt werden, um den Einschaltstrom zu minimieren. Weiterhin kann man dadurch eine Treppenhausfunktion programmieren, was bedeutet, wenn ein Taster betätigt wird, schaltet das Licht ein und es startet eine Verzugszeit. Sobald diese Zeit abgelaufen ist, schaltete das Licht automatisch aus. Ein weiteres Betätigen des Tasters führt dabei zu einer Verlängerung der Zeit. Außerdem verfügt dieser Aktor im Smart Home über einfache, logische Funktionen: UND bzw. ODER, mit denen Programmierungen eingerichtet werden können, die sonst nur mit viel Aufwand realisierbar wären

Es gibt Aktoren, welche die Spannung in einem Bereich von 0 bis 10 Volt dimmen, das heißt regulieren können. Dieser Vorgang war vor einigen Jahren undenkbar, denn bis in die 90er-Jahre wurden Leuchtstoffröhren und Halogenlampen vorrangig für die Beleuchtung genutzt. Diese benötigen eine Zündspannung, die auch während des Dimmens erhalten bleiben muss. Um 1993 wurde das jedoch gelöst, mit der Erfindung des Elektronischen-Vorschaltgerätes (EVG) [EP1993]. Das Dimmen wird nach Phasenanschnittsteuerung und Phasenabschnittsteuerung unterschieden.

Analogaktoren werden im Smart Home für die Ansteuerung der Endgeräte von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage genutzt. Sie wandeln Messdaten, die über Datentelegramme empfangen werden in analoge Signale um. Aufgrund dessen können die genannten Endgeräte ihre Ausgangsgrößen anpassen und am Regelungsprozess teilnehmen. „Der Analogaktor dient zur Umsetzung von physikalischen Werten (2 Byte) oder relativen Werten (1 Byte) in analoge Spannungen (0 ... 1 V, 0 ... 10 V) oder Ströme (0 ... 20 mA, 4 ... 20 mA). Auf diese Weise können zum Beispiel Kom-

ponenten der Klima- und Lüftungstechnik wie Stellantriebe für Lüftungsklappen oder andere Geräte in das KNX-System eingebunden werden.“ [ABB2022]

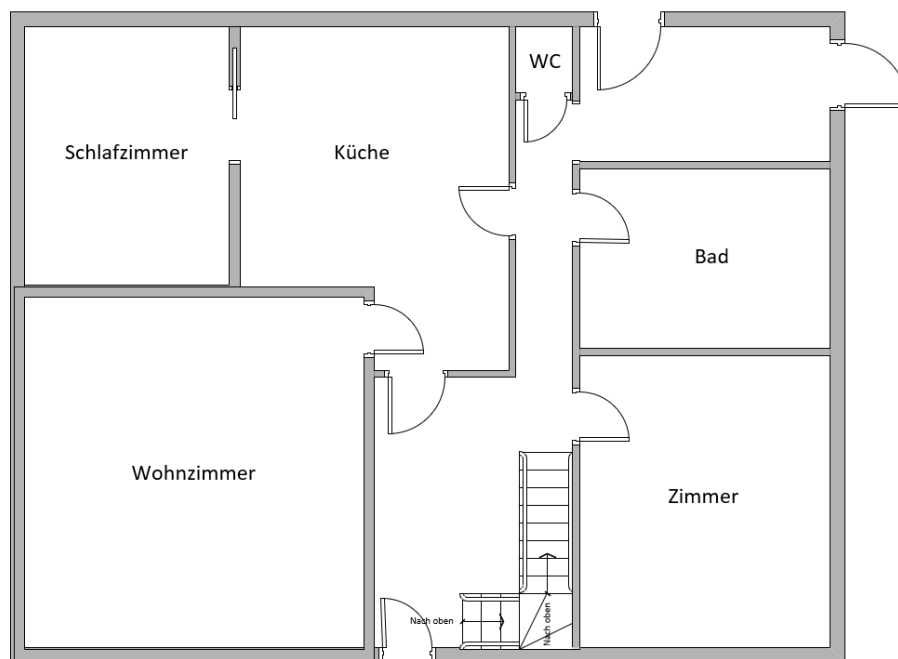
Die bisher genannten Aktoren gibt es i.d.R. als Reiheneinbaugeräte, die zentral im Verteilerschrank des Hauses platziert werden. Vor allem für Nachrüstungen sind jedoch Unterputzaktoren von Bedeutung. Diese lassen sich direkt vor das zu steuernde Gerät montieren. Der Hersteller ABB bietet hierfür ein umfangreiches Sortiment für die Einbindung in ein KNX-Bussystem. Philips Hue brachte im März 2021 einen Schaltaktor auf den Markt, der Standardlichtschalter in Smarte Steuerungen umwandeln kann. Der Unterschied zu anderen Aktoren ist hierbei, dass dieser nicht direkt mit dem Stromnetz verbunden wird. Die vorhandenen Leitungen in der Hohlwanddose werden überbrückt, sodass die dazugehörige Lampe dauerhaft eingeschalten ist. Der Aktor wird entkoppelt davon und mit dem Schalter verbunden und mit einer Batterie betrieben, was den Nachteil mit sich bringt, dass diese Batterie, wenn auch nach mehreren Jahren, getauscht werden muss. [HaHü2022]

## 5 Nachrüstung einer smarten Beleuchtung

In diesem Kapitel wird die Nachrüstung einer smarten Beleuchtung in eine konventionelle Wohnung beschrieben. Dabei wurde das Philips Hue Portfolio gewählt. Es werden Vor- und Nachteile des Systems sowie der grundlegende Aufbau und die Funktionsweise erläutert.

### 5.1 Ausgangssituation und Anforderungen

Die bestehende Wohnung ist eine Einheit eines Zweifamilienhauses und liegt im Erdgeschoss. Sie verfügt über drei Zimmer, Küche, Bad, WC und einen Durchgangsfur, der die zwei Wohneinheiten verbindet. Dabei hängen Küche, Wohn- und Schlafzimmer unmittelbar zusammen und sind damit der am häufigsten genutzte Bereich der Wohnung.



**Abbildung 6: Wohnungsgrundriss**

eigene Darstellung

Das Haus wurde 1930 erbaut und seitdem mehrfach aus- und umgebaut, sowie renoviert. Die Elektrik wurde grundhaft 1995 modernisiert.

Um das Haus auch weiterhin zukunftsfähig zu machen, soll ein Smart Home System eingebunden werden und das im ersten Schritt für die Beleuchtung. Zunächst soll dieses für Nachrüstungen geeignet sein und keine zusätzlichen Schwachstromleitungen benötigen,

da keine grundlegende Sanierung ansteht und dies sonst zusätzlichen Aufwand generieren würde. Der Anspruch an das smart Home ist es, Prozesse im Alltag zu vereinfachen und komfortabler zu machen. Gleichzeitig soll die Steuerung möglichst simpel sein, sodass auch außenstehende Personen, die sich nicht mit dem Thema auskennen, die Funktionen nutzen können. Somit soll das Licht weiterhin, wie gewohnt über Schalter bedient werden. Die Installation soll möglichst einfach gehalten sein, sodass diese auch durch Leihen mit minimalen Vorkenntnissen geschehen kann. Außerdem soll das System stetig funktionieren. Systemausfälle sind ein großes Ausschlusskriterium, da die vorherige konventionelle Elektroinstallation ein hohes Maß an Stabilität in Bezug auf seine Funktionsweise mit sich brachte. Dieser gewohnte Standard soll nicht verschlechtert werden. Weiterhin ist das Budget für die Nachrüstung nur gering und soll 1.000€ nicht überschreiten. Zusammenfassend lassen sich die Kriterien, wie folgt darstellen:

- Einfache Installation
- Nachrüstung
- Simple Steuerung
- Hohe Funktionsstabilität
- Prozesse vereinfachen und komfortabler gestalten
- Nicht mehr als 1.000€ Kosten.

## 5.2 Das Philips Hue System

Das Philips Hue System richtet sich vor allem an Einsteiger und bietet ihnen viele Vorteile. Zum einen ist es ein funkbasiertes System, was keine zusätzlichen Leitungen benötigt. Zum anderen ist das System darauf ausgelegt, die bisher gewohnte Bedienung der Beleuchtung zu übernehmen aber modular zu erweitern. Die Installation beruht auf einem Plug and Play Prinzip, was bedeutet, dass man die vorhandenen Komponenten nur durch die neuen, smarten Philips-Komponenten austauschen kann und die Einrichtung überschaubar gehalten wird.

Philips Hue bietet ein großes Portfolio an Produkten, die in die smarte Steuerung eingebunden werden können. Neben Leuchtmittel für E14, E27 und GU10 bieten sie auch komplette Tisch-, Steh- Wand- und Deckenleuchten. Dabei werden verschiedene Ausstattungsvarianten angeboten, die sich dann auch entsprechend preislich unterscheiden. Es gibt Lampen, die nur weiß leuchten, bei denen aber immerhin die Farbtemperatur einstellbar ist. Außerdem gibt es die Leuchten als „white and colour ambience“, welche nach Herstellerangaben bis zu 16 Mio. Lichtfarben abbilden können. Alle Leuchten sind dabei bereits dimmbar. Es gibt auch Leuchten und Zubehör für den Außenbereich. Darüber hinaus bietet Hue das notwendige Zubehör für ihr Smart Home System an. Dazu gehören Taster, die gleichzeitig als Dimmer und Fernbedienung funktionieren. Sie sind alle Batteriebetrieben, wobei eine Laufzeit der Batterie mit 50.000 Betätigungen angegeben ist, was ca. 2 Jahren entsprechen soll. Die Schalter nutzen für die Datenübertragung eine Frequenz von 2,4GHz. Weiterhin bietet Philips Bewegungsmelder und smarte Steckdosenadapter. Mit der Hue Play HDMI Sync Box lassen sich alle Lampen mit dem TV syn-

chronisieren. So erhält man ein dynamisches Ambiente-Licht im gesamten Raum, was den Fernsehabend noch authentischer wirken lässt.

Die Philips Hue Leuchtmittel können zwar per Bluetooth angesteuert werden, jedoch reicht das für ein komplettes Smart Home Beleuchtungssystem nicht zufriedenstellend aus. Deshalb benötigt man für die Einbindung von mehr als 10 Leuchten die Philips Hue Bridge. Sie sorgt für die Verbindung der ZigBee Leuchten mit dem heimischen Netzwerk. Durch das offene API (Application Programming Interface) ist es anderen Herstellern möglich die Hue Leuchten in ihre Systeme zu integrieren. Damit ist die Interoperabilität des Hue-Systems sehr hoch. Neben den eigenen Produkten wirbt der Hersteller auch für „Friends of Hue“ Produkte von anderen Herstellern, die nahtlos in das Philips-System eingebunden werden können. So können beispielsweise Schalter der beliebtesten Marken eingebunden werden: Busch & Jäger, Gira, Jung und Opus. Darüber hinaus ist die Kompatibilität zu Sprachassistenten von Google, Amazon, Apple und Microsoft gegeben. Mit einer Schnittstelle zu Spotify kann das Eigenheim eine Lichtshow generieren, die mit der Musik synchronisiert ist. Das offene API ist auch bei Appentwicklern beliebt. Es gibt eine Vielzahl an Applikationen, die Philips Hue integrieren. [PHUE2022]

### 5.3 Installation des Philips Hue Systems

Geplant ist zunächst den Hauptwohnbereich bestehend aus Küche, Wohn- und Schlafzimmer mit Philips Hue auszustatten. Eingebunden werden sollen 5 Schalter und 8 Lampen. Da das System aber auch erweiterbar bleiben soll, ist es sinnvoll direkt mit der Philips Hue Bridge zu arbeiten. Diese ist notwendig, wenn man mehr als 10 Leuchten steuern will, bietet aber zeitgleich auch weitere Vorteile, wie die Steuerung von Unterwegs.

Die Hue Bridge wird zunächst mit dem Heimnetzwerk am Router verbunden. Außerdem braucht sie eine dauerhafte Stromversorgung. Der Router muss so platziert werden, dass sich alle Leuchten in der WLAN-Reichweite befinden. Dazu wurde eine zusätzliche FRITZ!Box installiert, welche sowohl als Router, als auch als Repeater eingesetzt werden kann. Der Hausanschluss befindet sich im Obergeschoss, wodurch das WLAN-Signal nicht in der gesamten unteren Wohnung ausreichend war. In der Benutzeroberfläche von AVM kann man mit wenigen Klicks die FRITZ!Box als Repeater der Basisstation umkonfigurieren. Ein WLAN-Repeater oder auch Range Extender nimmt das Signal des Routers auf und verbreitet es weiter. Ist die Philips Hue Bridge nun mit dem WLAN verbunden, so kann sie auf simplen Weg in der Philips Hue App eingerichtet werden. Wenn das Smartphone mit demselben WLAN wie die Bridge verbunden ist, findet die App diese automatisch. Anschließend können die Lampen ausgetauscht werden. Für die Küche wurde dabei eine E27-Lampe in weiß mit der höchsten Helligkeitsstufe (1600 Lumen) über dem Esstisch, sowie ein LED-Band (farbig, Hersteller: OSRAM) unter den Hängeschränken installiert. Im Wohnzimmer wurden drei farbige Leuchtmittel (1x Deckenleuchte und 2x Tischleuchten) und ebenfalls ein LED-Band eingesetzt. Im Schlafzimmer gibt es nur 2 Leuchtmittel, die auch als farbige Variante in der Deckenleuchte und der Tischleuchte auf dem Nachttisch eingesetzt wurden. Die Auswahl der Leuchtmittel ist abhängig vom jewei-

ligen Einsatzgebiet. In der Küche wird hauptsächlich helles Licht benötigt, bei dem man gut arbeiten und kochen kann. Für die abendlichen Stimmungen und um mehr Komfort zu bieten, wurden im Schlaf- und Wohnzimmer farbige Leuchten eingesetzt, weil dies die Zimmer sind, in denen man sich am Abend häufig aufhält. Doch auch das LED-Band in der Küche kann in seinen Farben geändert werden, um abends und nachts ein Stimmungslicht zu bieten. Sobald die Lampen installiert sind, werden sie eingeschaltet und ebenfalls über die App eingebunden. Nun kann die jeweilige Lampe bereits eingesetzt und via App gesteuert werden. Da es in der Realität jedoch sehr unpraktisch wäre, jede Lampe immer mit dem Handy steuern zu müssen, wurden die vorhandenen Lichtschalter durch Hue-Schalter ausgetauscht.

Während der Installation des Systems (2020) gab es 2 Varianten der Schalter: den Smart Button und den Philips Hue Dimmschalter. Für größere Projekte und Neubauten gibt es außerdem die Möglichkeit „Friends of Hue“-Schalter einzusetzen, wie sie bspw. von Gira, Berker oder Busch & Jäger angeboten werden. Die Hue-Schalter sind dabei jedoch preislich kaum zu unterbieten, denn sie sind bereits ab 20€ erwerbbar. Die Schalter benötigen keinen direkten Netzanschluss, sondern haben eine integrierte Batterie und arbeiten auf Basis der EnOcean-Technologie, wodurch ein Tausch der Batterien nur nach mehreren Jahren notwendig sein soll. In der Beispielwohnung wurden diese, wie üblich neben den Türen installiert, wo bereit Lichtschalter vorhanden waren. Die ursprünglichen Lichtschalter wurden demontiert und so verdrahtet, dass sie der Leuchte dauerhaft Strom liefern. Die Hue-Schalter werden anschließend über die Hohlwanddosen geklebt. Sowohl der Smart Button als auch der Dimmschalter werden durch einen Magneten in ihrer Halterung befestigt und sind somit auch als mobile Fernbedienung einsetzbar. Sie bieten beide dieselben Funktionen, dabei ist der Dimmschalter jedoch übersichtlicher gestaltet, sodass er intuitiv auch von unwissenden Personen benutzt werden kann. Die aufgedruckten Symbole (An, Aus, Heller, Dunkler) machen die Benutzung eindeutig. Über die App können die Schalter verschiedenen Lampen oder Räumen zugewiesen und ihre Funktion eingestellt werden. Beide Schalter können das Licht ein- und ausschalten sowie dimmen und 5 Szenen abspeichern. Die Szenen werden durch mehrfache Betätigung durchgeschaltet.

Für die Räume wurden dabei unterschiedlicher Szenen gespeichert und den Schaltern zugewiesen. In jedem Raum ist die erste Szene, welche durch einmaliges Betätigen der Taster ausgelöst wird, das gewohnte Einschalten des Deckenlichtes in voller Helligkeit. Ausgenommen davon ist der Schalter am Bett und an der Schlafzimmertür, in Richtung Küche. Nachts ist es sinnvoll ein gedimmtes Licht in Blau oder Rot einzuschalten, weil der Körper dadurch am wenigsten wach wird. Somit wird beim Betätigen des Schalters am Bett die Tischleuchte im Schlafzimmer auf 30% Helligkeit in Rot. Das LED-Band unter den Küchenschrank wird bei Betätigung des Schalters an der Schlafzimmertür in Blau gedimmt eingeschaltet. Somit ist der Weg zur Toilette in der Nacht gut und mit einem angenehmen Licht ausgeleuchtet. Das Licht im Flur wird automatisch über einen Bewegungsmelder eingeschaltet, welcher jedoch nicht in Philips Hue integriert ist. Abends wird in der Küche durch zweifaches Betätigen der Schalter nur das LED-Band eingeschaltet, sodass dieser Durchgangsraum weiterhin beleuchtet ist, allerdings in einem gedimmten Licht. Am

Abend soll auf grelles Licht verzichtet werden, da der Körper sonst an der Ausschüttung des Schlafhormons Melatonin beeinträchtigt wird. Im Wohnzimmer können die meisten Szenen durch die Anzahl an Leuchten zur Geltung kommen. Philips Hue schlägt dabei eine große Anzahl an vorprogrammierten Szenen vor. Eine Szene gibt zusammenpassende Lichtfarben vor und verteilt diese zufällig auf die jeweiligen Lampen, welche in der Regel in Räume gegliedert sind. Anschließend können die Farben auch manuell anderen Leuchten zugeteilt oder geändert werden. Zudem können Szenen auch komplett frei durch den Benutzer erstellt werden. Die Programmierung erfolgt dabei ausschließlich über die App.

Philips Hue bietet außerdem die „Comming Home“-Funktion, welche das Licht automatisch einschaltet, sobald man nach Hause kommt. Für diese Funktion wird in der App festgelegt, welche Lampen dabei eingeschaltet werden soll. Außerdem ist ein Zeitabhängiges einschalten dieser Funktion möglich. Dabei kann man auch einstellen, dass die Lampen nur eingeschaltet werden sollen, wenn man nach Sonnenuntergang nach Hause kommt. Die Basis dafür ist, dass der Benutzer sein Smartphone beim Verlassen und Betreten des Eigenheims bei sich trägt. Der GPS-Standort wird übermittelt und ausgewertet. Die Funktion ist sehr hilfreich, wenn man bspw. im Winter mit vollen Händen, z.B. vom Einkaufen nach Hause kommt und es bereits dunkel ist. Andererseits ist es auch eine Funktion, die das Energiesparen unterstützt, da auch eingestellt werden kann, dass beim Verlassen des Hauses alle Lampen ausgeschaltet werden können. Sind mehrere Personen teil des Haushaltes, werden auch alle Smartphones beachtet. Sollte ein Bewohner jedoch kein Smartphone mit GPS-Tracking besitzen, so sollte diese Funktion deaktiviert werden, da es sonst zu Komplikationen kommen kann. Weiterhin hat sich im Alltag gezeigt, dass diese Funktion eher unzuverlässig läuft. Durch jedes Update der Hue App ist diese potenziell gefährdet, weil man neue Datenschutzrichtlinien bestätigen muss oder die Funktion erneut aktivieren muss etc. Öffnet man also nicht regelmäßig die App, kann es sein, dass es zu Beeinträchtigungen kommt.

Eine weitere, sinnvolle Funktion, die das Hue-System bietet, ist das Aufwachen durch Licht. In der App kann eine Weckfunktion eingestellt werden, die einen natürlichen Sonnenaufgang imitiert, wodurch der Körper sanft geweckt werden soll. Man gibt dabei eine Uhrzeit und die Werktage an. Die Leuchten werden automatisch eine halbe Stunde vor der gewünschten Weckzeit eingeschaltet. Die ausgewählte Lampe startet dabei bei einem gedimmten Rotton und endet zu der gewählten Zeit in einem gelblichen, sonnenähnlichen Licht. Das kann dazu beitragen besser in den Tag zu starten, da der Körper nicht durch einen schrillen Ton aus der Tiefschlafphase gerissen wird. Der Instinkt, bei Sonnenaufgang aufzuwachen soll angesprochen werden.

## 5.4 Fazit zum Philips Hue System

Das Beleuchtungssystem von Philips Hue ist in erster Hinsicht für Einsteiger geeignet. Die Installation ist sehr simpel und auch in Altbau- und Bestandswohnungen möglich. Das

Einrichten des Systems kann ohne Hilfe von Experten geschehen und benötigt keine Vorkenntnisse. Die App bietet trotz des simplen Aufbaus auch umfangreiche Funktionen, die mit wenigen Klicks aktiviert sind. Zudem ist das System nicht nur mit allen marktüblichen Sprachassistenten, sondern auch mit unzähligen weiteren Anbietern kompatibel. Dadurch ist die Erweiterung problemlos möglich.

Die markeneigenen Leuchtmittel und Lampen sind hochpreisig (ca. 40€ für eine E27 Leuchte mit Farbwechsel), aber zuverlässig. Günstigere Alternativen von Osram oder auch Ikea (ca. 20€ für eine E27 Leuchte mit Farbwechsel) sind ebenfalls mit Philips Hue kompatibel. Diese Geräte verfügen jedoch nicht über alle Funktionen der Philips Hue App. Außerdem kann es bei Leuchten anderer Hersteller zu Verbindungsabbrüchen oder Komplikation während der Bedienung kommen. So ist bei den Ikea Tradfri Leuchten auffällig, dass diese während sie in einer Szene eingeschaltet sind, ohne weiteren Befehl auf ihren Ausgangs-Farbton (hell, weiß) zurückschalten. Bei den Leuchtmitteln von Osram kommt es dazu, dass diese den gewählten Farbton in der App verzerrt darstellen, d.h. ein dunkles Blau sieht in Realität eher aus wie ein helles Grün. Für die Gesamte Installation wurden ca. 320€ gezahlt.

Weiterhin lässt sich negativ feststellen, dass das System nicht immer zuverlässig ansteuerbar ist. Wenn es zu Ausfällen des WLAN-Netzwerkes kommt, lassen sich die Lampen nicht mehr ansteuern. Außerdem ist in der App einstellbar, dass die Leuchten nach einem Stromausfall in ihren vorherigen Zustand automatisch zurückschalten. In der Realität funktioniert diese Einstellung jedoch nur selten. Sobald der Strom wieder fließt, schalten sich alle Leuchten in ihrem hellsten Weiß ein und gehen, wenn überhaupt nach mehreren Minuten aus. Sollte es also zu einem Stromausfall kommen, wenn die Bewohner nicht anwesend sind, kann das Licht über mehrere Stunden auf höchster Stufe eingeschaltet bleiben, was dem Anspruch des Energiesparens entgegen steht.

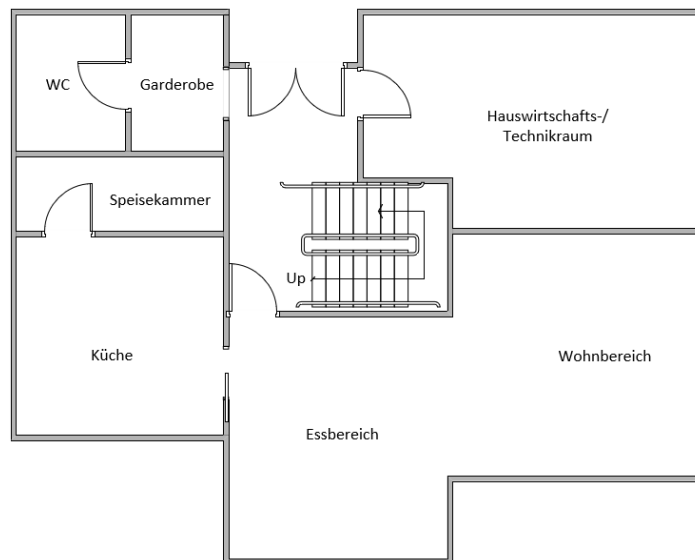


## 6 Smarte Beleuchtung mit Loxone

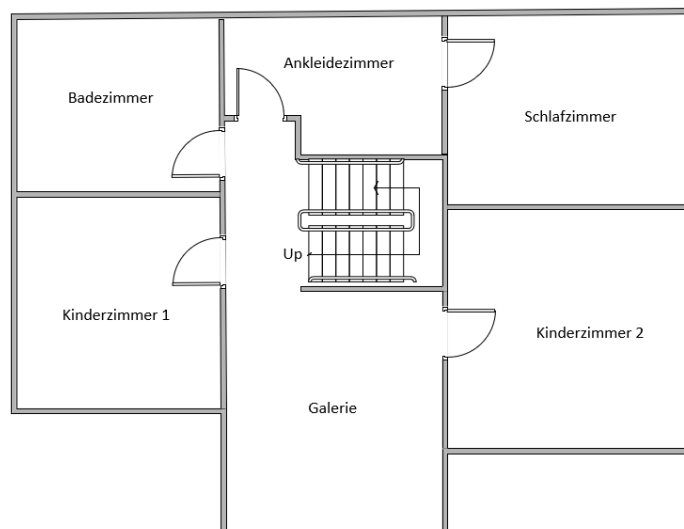
In diesem Kapitel wird der Einsatz und die Installation eines Smart Homes des Herstellers Loxone betrachtet. In Abschnitt 4.2.2 ist bereits die grundlegende Funktionsweise des Systems erklärt. Das System wurde beim Neubau eines Einfamilienhauses ausgewählt.

### 6.1 Ausgangssituationen und Anforderungen

Der Hausbau wurde 2021 begonnen und bereits 2020 geplant. Das Haus verfügt über drei Schlafzimmer, zwei Bäder, ein Ankleidezimmer sowie Küche, Speisekammer, Hauswirtschaftsraum und einen Wohn-Ess-Bereich.



**Abbildung 7: Grundriss Erdgeschoss;** eigene Darstellung



**Abbildung 8: Grundriss Obergeschoss;** eigene Darstellung

Das Haus wird ach KfW 40+ Standard erbaut und gilt damit als Effizienzhaus. Neben den Anforderungen an die Dämmung, die Fenster und die Heizung des Hauses, ist ein Smart Home System nicht gefordert, kann aber dabei helfen die Energiekosten weiter zu senken.

Neben den Aspekt Geld zu sparen, soll das Smart Home System die Bewohner bestmöglich unterstützen. Eine Steuerung der wichtigsten Funktionen per Smartphone ist gewünscht. Außerdem Automationen, wie bspw., dass abends alle Rollläden automatisch herunterfahren, um mehr Sichtschutz und Privatsphäre zu erhalten. Außerdem wird eine Fußbodenheizung eingebaut, die ihre Wärme aus Pellets gewinnt. Gewünscht ist somit auch, dass diese sich automatisch reguliert und auch zentral (per Smartphone) gesteuert werden kann. Weiterhin soll die Beleuchtung in das Smart Home eingebunden werden. Die wichtigsten Punkte sind also:

- Beleuchtung
- Beschattung
- Heizungssteuerung
- Steuerung per Smartphone.

Gleichzeitig soll das System flexibel erweiterbar sein, um später eventuell weitere Funktionen einzubinden und zukunftsfähig zu sein.

## 6.2 Grundlegender Aufbau des Loxone Systems

Das Loxone System wurde in diesem Fall als kabelgebundene Variante installiert. Der Vorteil dabei ist, dass die Datenübertragung wesentlich stabiler funktioniert und es zu weniger Störungen als bei Funkbasierten Varianten kommt. Neben der normalen Planung der Elektroinstallation muss nun auch geplant werden, welche Elektrogeräte in das Loxone System eingebunden werden sollen. Diese Geräte werden mit dem Loxone Tree-Kabel verbunden, welches am Miniserver im Schaltschrank angeschlossen wird.

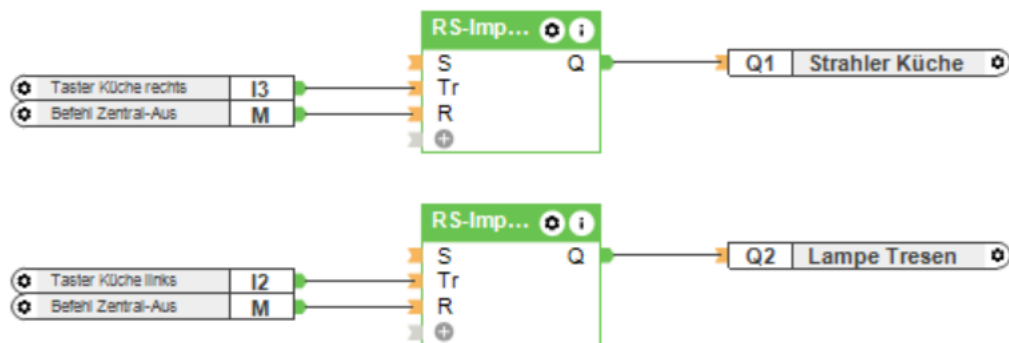
Im Beispielhaus wurden auf diese Art und Weise alle Lichtschalter (Taster), Rollladensteuerungen, Rollladenmotoren, Lampen und Temperaturfühler verdrahtet. Gleichzeitig wurde im Schaltschrank eine Dimmer-Extension angeschlossen, welche benötigt wird, um die Lichter nicht nur zu schalten, sondern auch zu dimmen. Die Heizungsregelung wurde mit den Loxone-Stellantrieben eingebunden. Diese werden direkt auf die Ventile an einer Zentralen Stelle im Haus installiert.

## 6.3 Beleuchtungssteuerung mit Loxone

Im Beispielhaus wurden alle Taster zur Steuerung des Lichtes, sowie die Lampen selbst per Tree-Kabel am Miniserver angeschlossen. In der Küche, im Wohnbereich und in der Galerie gibt es Deckenspots, welche die Räume beleuchten. Zusätzlich gibt es in der Küche sowie im Wohnbereich 3 weitere Tischlampen. In allen weiteren Räumen gibt es lediglich Deckenlampen. Die Steuerung sollte möglichst einfach verständlich sein. So-

mit wurde jede Lampe bzw. ein Bereich mit Spots einem Taster zugeordnet. Die Programmierung der Taster erfolgt in dem Loxone Config. Programm.

Dort wird zunächst jedes Gerät eingefügt, was funktioniert per Plug-and-Play-Prinzip funktioniert. Das bedeutet, sobald ein Gerät verdrahtet und eingeschaltet ist, findet es die Programmiersoftware automatisch. Schließt man mehrere Geräte der gleichen Art an, so ist es sinnvoll diese nacheinander anzuschließen, in der Software zu suchen und anschließend gleich zu benennen, sodass keine Verwechslungen auftreten können. Sobald alle Komponenten eingefügt sind, werden diese über Logikbausteine verbunden. Für die Beleuchtung der Küche sieht das wie folgt aus:



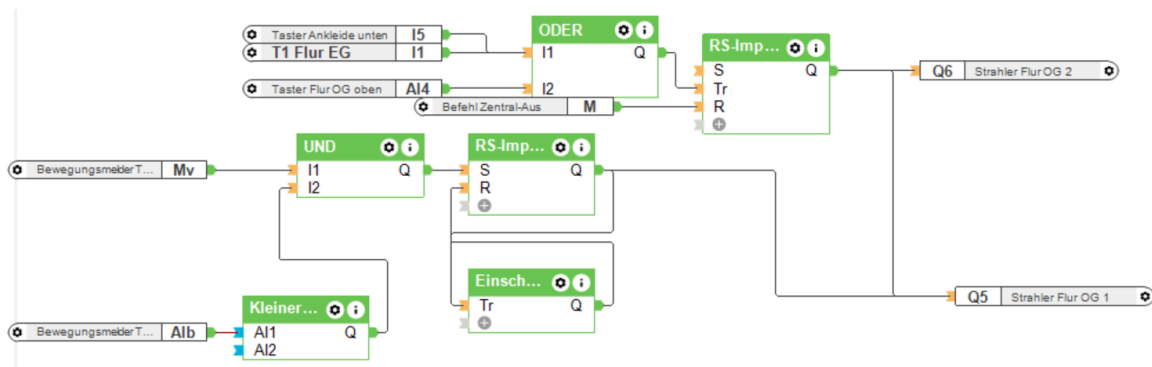
**Abbildung 9: Programmierung der Küchenbeleuchtung**

eigene Darstellung

Die Eingangsgrößen wurden hierbei über einen sogenannten RS-Impulsschalter miteinander verbunden. Bei diesem Baustein können 3 Eingangsgrößen definiert werden. Am Eingang **S**et kann ein Impuls verknüpft werden, der den Ausgang **Q** schaltet. Außerdem kann ein **T**riigger verknüpft werden, in diesem Fall ein definierter Taster. Dieser Trigger schaltet ebenfalls den Ausgang **Q**. Auf den **R**eset-Eingang ist ein Merker **M** hinterlegt. Der Merker „Befehl Zentral-Aus“ definiert, dass ein angeschaltetes Licht ausgeschaltet werden soll. Der Merker hat den Vorteil, dass er auf mehreren Seiten und bei einer Vielzahl von Verknüpfungen als Eingangsgröße verwendet werden kann. Die gezeigte Programmierung sagt nun aus, dass die Lampe über dem Küchentresen mit dem linken Taster gesteuert wird und die Deckenspots mit dem rechten Taster.

Ähnlich wie in diesem Beispiel wurden auch die weiteren Räume programmiert. Für die Beleuchtung im oberen Flur (Galerie) wurde zusätzlich ein Präsenzmelder eingesetzt. In diesem Bereich sollen mehrere Taster das Licht steuern können. Neben einem Taster im Ankleidezimmer soll sowohl der Taster im oberen Flur als auch ein Taster im unteren Flur das Licht steuern können. Diese Taster wurden mittels ODER-Funktion verknüpft. Hinzu kommt der Präsenzmelder, der so eingestellt wurde, dass er das Licht schaltet, sobald eine Bewegung erkannt wurde und die Helligkeit <30 Lux gemessen wurde. Der Bewe-

gungsmelder wurde parallel zu den anderen Tastern mit dem Licht in der Galerie verknüpft.



**Abbildung 10: Programmierung Beleuchtung Galerie mit Bewegungsmelder**

eigene Darstellung

Neben der Eingangstür wurde auf einen Taster mit der „Zentral-Aus“-Funktion programmiert. Durch einen Mehrfachklick (2-mal unmittelbar nacheinander) wird das Licht im gesamten Haus ausgeschaltet. [Lox2022]

## 6.4 Heizungssteuerung mit Loxone

Ähnlich wie die Lichtschalter und Leuchten wurden auch die Steuerungsventile der Heizkreise in das Loxone System eingebunden. Jedem Ventil wurde dabei ein Heizkreis, der in der Regel einen Raum darstellt, zugeordnet. Mit den in jedem Raum integrierten Temperatursensoren lässt sich die Raumwärme genau überwachen.

Über den Baustein „intelligente Raumregelung“ kann die Steuerung der Heizung bequem eingestellt werden. Der Baustein verfügt über mehrere Eingänge, die individuell eingestellt werden können. Zunächst wird ein Modus gewählt. Hierfür gibt es folgende Optionen: Heizen und Kühlen nach Bedarf, nur Heizen nach Bedarf und nur Kühlen nach Bedarf. Weiterhin wird für jeden Raum eine Soll-Temperatur festgelegt, die im Nachhinein über die App angepasst werden kann. Der Eingang für die Ist-Temperatur beruht im Beispielhaus auf einer logischen Funktion, die den Messwert des jeweiligen Temperaturfühlers abfragt. Weiterhin können Eingänge definiert werden, die den Status der Fensterkontakte abfragen, die über einen Bewegungsmelder am Eingang die jeweiligen Programme auswählt, die die Außentemperatur abfragen und dadurch automatisch die Vorlauftemperatur bestimmen usw. Als Ausgänge werden zum einen die Steuerventile programmiert. Zum anderen können visuelle Darstellungen der Ist-Temperatur in der App als Ausgang definiert werden, sowie Einstellungen der Beschattung, sollte die Soll-Temperatur überschritten sein.

Durch diese Vielfalt an Ein- und Ausgängen können verschiedene Heizfunktionen realisiert werden. Ein Eco-Betrieb kann eingeschaltet werden, sobald die Bewohner das Haus verlassen oder längere Zeit nicht im Raum waren. Gleichzeitig können einfache Zeit-

schaltfunktionen definiert werden. Alles zusammen kann per App gesteuert und angepasst werden.

## 6.5 Fazit zum Loxone System

Das Loxone System ist im Vergleich zu anderen Systemen mit einer Vielzahl an Schnittstellen kompatibel. Das System ist somit nahezu unendlich erweiterbar und dadurch zukunftsfähig. Auch durch die verschiedenen Möglichkeiten Geräte einzubinden (Kabel, Funk) eignet sich das System im Neubau. Somit ist ein späteres Erweitern problemlos möglich.

Die Installation benötigt aber unbedingt einen Fachmann. Dazu zählt auch die vorherige Planung des Wohngebäudes, was in direkter Absprache mit der Elektrofachkraft geschehen muss. Loxone bietet zwar viele Online-Schulungen, auch für private Leute, um das System aber im Ganzen zu verstehen und sinnvoll einzurichten, benötigt es deutlich mehr Vorwissen (bspw. Verdrahtung des Gebäudes, Programmierung).

Preislich ist die Grundausstattung im Beispielhaus mit ca. 5000€ zu bewerten. Das ist eine große Menge Geld, für die man sich bereits vor dem Hausbau entscheiden muss. In dieser Summe sind enthalten: Miniserver, Dimmer-Extension, Relay-Extension, Stellantriebe Heizung, Tree-Kabel, Schaltaktoren, Temperaturfühler und Präsenzmelder. Dazu kommen noch grundsätzliche Ausgaben für Taster, Steckdosen, 230V-Verdrahtung, Lampen, Leuchtmittel und Arbeitsleistungen.

Das Loxone System läuft sehr stabil und ist einfach zu bedienen, wenn es richtig konfiguriert wurde. Gleichzeitig funktioniert es unabhängig vom Internet, was den Sicherheitsfaktor erhöht.

Im Beispielhaus sollte zusätzlich die Beschattung in das Loxone System eingebunden werden. Dabei gab es Probleme, da sich die Rollladenmotoren der Firma Simu nur mit deren Zubehör steuern lassen und nicht in das Loxone System eingebunden werden können. Das ist ein nicht unwesentlicher Nachteil, das vor allem die Beschattung Energieersparnisse bringen würde, wenn sie mit dem Smart Home kommunizieren könnte. Dieser Fehler ist eindeutig der Planung zuzuschreiben.

## 7 Fazit

In diesem Abschnitt werden die vorherigen Kapitel zusammengefasst. Gleichzeitig werden die Ergebnisse der Recherche aufgezeigt. Außerdem werden Entwicklungsmöglichkeiten zum Thema Smart Home aufgezeigt. Zudem wird eine Einschätzung der Leistung aus Sicht des Autors gegeben.

### 7.1 Ergebnisse

Im Allgemeinen finden immer mehr smarte Gegenstände Anwendung im Alltag. Eine logische Entwicklung daraus ist es, auch das Eigenheim intelligenter zu gestalten, um das Leben effizienter, innovativer und komfortabler zu gestalten. Ein smart Home bietet Potentiale, die in fünf Kernbereiche zusammengefasst werden können: Energieeffizienz, Komfort, Gesundheit, Sicherheit und Entertainment. Neben Funktionen, die eher als Werbezwecke genutzt werden und im Alltag kaum Anwendung finden, gibt es auch Möglichkeiten das tägliche Leben, um ein Vielfaches zu erleichtern. Ambient Assisted Living bietet älteren Menschen länger die Möglichkeit eigenständig im gewohnten Umfeld wohnen zu bleiben, ohne dabei Sicherheitsrisiken einzugehen.

Nachdem die Möglichkeiten im Smart Home aufgezeigt wurden, folgten Erläuterungen zu den Herausforderungen. Es gibt verschiedene Sicherheitslücken, die potenzielle Angriffe ermöglichen. Am wichtigsten, um dem entgegenzuwirken, ist eine verschlüsselte Datenübertragung, die viel dieser Angriffe verhindern kann.

Im Anschluss daran folgten grundlegende Erläuterungen zu den Funktionsweisen verschiedener Smart Home System sowie ihren Vor- und Nachteilen. Je nach Wohnsituation und Anforderungen der Anwender gibt es geeignete Smart Home Systeme. Dabei kann auf eine Vielzahl an Bedürfnissen eingegangen werden. Die Systeme können sowohl im Neu- als auch im Altbau integriert werden. Es gibt Smart Homes, in denen mehr als 200 Geräte eingebunden werden können, aber auch Optionen, die vorerst eine kleine Auswahl an Anwendungen vernetzt. Sowohl einsteigerfreundliche Systeme, die leicht nachgerüstet werden können, als auch umfangreiche und hochkomplexe Systeme für die Vernetzung von Mehrfamilienhäusern sind auf dem Markt erhältlich.

Alle Systeme haben auch Gemeinsamkeiten: sie arbeiten alle mit Szenen, Sensoren und Aktoren. Welche Möglichkeiten es dabei gibt, wurden im nächsten Abschnitt erläutert.

Greifbar wurde das Thema Smart Home anhand zweier Praxisbeispiele. Das Philips Hue System ist durch die Datenübertragung per Funk besonders für Nachrüstungen in Bestandswohnungen geeignet. Die Installation ist auch durch Einsteiger leicht realisierbar.

Im Gegensatz dazu bietet das Loxone Smart Home ein vollumfängliches System, was nahezu grenzenlos erweiterbar ist. In dem zweiten Praxisbeispiel wurde eine kabelgebundene Lösung vorgestellt, die in einem Neubau installiert wurde. Die Einrichtung dieses Systems erfordert deutlich mehr Erfahrung und Kenntnisse zu Programmierung und Elektroinstallation.

## 7.2 Ausblick

Die bereits vorhandenen Smart Home Systeme bieten bereits heute einen großen Umfang an Funktionen, die den Alltag erleichtern. Problematisch ist im Moment die teilweise nicht vorhandene Interoperabilität zwischen den Systemen, wodurch Insellösungen entstehen. Um ein vollumfängliches Smart Home auszustatten, müssen die Hersteller an diesem Punkt weiterarbeiten. Unterstützen können dabei standardisierte Kommunikationsprotokolle und Open-Source Lösungen.

Durch die sich ständig ändernden Herausforderungen unserer Gesellschaft entstehen neue Ansprüche an ein Smart Home. In Hinblick auf den Klimawandel und die Knappheit der fossilen Rohstoffe werden weitere Technologien entwickelt, die dazu beitragen Energie in privaten Haushalten effizient, in möglichst geringen Mengen zu nutzen. Die bereits vorhandenen Lösungen für das Energiesparen im Smart Home bieten bereits großes Potential für die Energiewende. Kritisch sind hierbei noch die Anschaffungskosten und Nachrüstmöglichkeiten. Die Systeme müssen erschwinglich für den Anwender werden, sodass die Nutzung steigt.

Ein weiteres kritische Thema der Gesellschaft ist der demografische Wandel. Ein Smart Home mit AAL-Funktionen kann Pflegekräfte entlasten. Sensoren können pflegebedürftige Menschen überwachen und Alarm schlagen, wenn wirklich Hilfe benötigt wird. Somit ist eine dauerhafte Überwachung der Patienten nicht notwendig. Die Erkennung von Bewegung oder Stürzen bietet den Anwendern hierbei eine höhere Sicherheit. Gleichzeitig können Sprachsteuerungen oder Alternativen ältere Menschen bei alltäglichen Abläufen unterstützen, die sonst nicht mehr bewältigt werden könnten. Weiterhin kann die sensorgesteuerte Überwachung von Vitalparametern einen Vorteil für die Gesundheit der alternden Gesellschaft bringen. Werden die Daten anschließend an geeignete Institutionen übermittelt, so können Krankheiten früher erkannt und behandelt werden.

Außerdem gibt es noch Potentiale im Bereich der Sicherheit eines Smart Homes. Wie bei allen drahtlosen Verbindungen muss hierbei weiter am Datenschutz gearbeitet werden. Die Manipulation von außen muss unbedingt unterbunden werden. Davon ist die Akzeptanz der Smart Home Technologien bei den Anwendern maßgeblich abhängig. Zudem ist ein stabil laufendes System, ohne Abbrüche oder Komplikationen wünschenswert.





## Literatur

[ABB2022]	ABB STOTZ-KONTAKT GmbH: Produkt-Handbuch Analogaktor AA/S 4.1, Analogaktormodul AAM/S 4.1. URL: < <a href="https://library.e.abb.com/public/21e58377c3f2454f8d7b74898d8f0564/AAS_41_PH_DE_V4-1_2CDC505064D0104.pdf">https://library.e.abb.com/public/21e58377c3f2454f8d7b74898d8f0564/AAS_41_PH_DE_V4-1_2CDC505064D0104.pdf</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[BeOI2021]	Bendel, Oliver: Smart Home. URL: < <a href="https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/smart-home-54137/version-368820">https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/smart-home-54137/version-368820</a> >, verfügbar am 28.06.2021
[BeWe2017]	Bertko, Chris; Weber, Tobias: Home, Smart Home – Der praktische Einstieg in die Hausautomation. -1.Auflage- München: Carl Hanser Verlag, (2017)
[BöTe2016]	Böhler, Theresa: digitalSTROM. So funktioniert's. München: digitalSTROM AG, (2016)
[BrSta2022]	BrainStack: Wie funktioniert WLAN?. URL: < <a href="https://www.youtube.com/watch?v=iSKf1F60GuE">https://www.youtube.com/watch?v=iSKf1F60GuE</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[Core2016]	Corenta AG: digitalSTROM. URL: < <a href="https://www.corenta.ch/digitalstrom-einfach-und-doch-funktionell/">https://www.corenta.ch/digitalstrom-einfach-und-doch-funktionell/</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[DIC2022]	Dict.cc: smart. URL: <a href="https://www.dict.cc/?s=smart">https://www.dict.cc/?s=smart</a> , verfügbar am 27.06.2022
[EfHa2022]	Effizienzhaus online: Smart Home – Zentral oder Dezentral. URL: <a href="https://www.effizienzhaus-online.de/smart-home-zentral-oder-dezentral/">https://www.effizienzhaus-online.de/smart-home-zentral-oder-dezentral/</a> , verfügbar am 27.06.2022
[EIKo2022]	Elektronik Kompendium: IEEE 802.11 / WLAN-Grundlagen. URL: < <a href="https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0610051.htm">https://www.elektronik-kompendium.de/sites/net/0610051.htm</a> >, verfügbar am 27.06.2022

[Elko2022]	Elektronik Kompendium: Optokoppler / Opto-Koppler. URL: < <a href="https://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0411091.htm">https://www.elektronik-kompendium.de/sites/bau/0411091.htm</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[eMA2022]	e-masters GmbH: Smart Home Wetterstation. URL: < <a href="https://www.intelligent-modernisieren.de/ratgeber/themen-von-a-bis-z/smart-home-wetterstation.html">https://www.intelligent-modernisieren.de/ratgeber/themen-von-a-bis-z/smart-home-wetterstation.html</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[EP1993]	Europäisches Patentamt: Elektronisches Vorschaltgerät. Mann- heim: Patentblatt 1993/40, (1993)
[FRA022]	Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie IDM: SonicSen- tinel – Ein intelligenter Schallwächter für die Pflege. URL: <a href="https://www.idmt.fraunhofer.de/content/dam/idmt/documents/HSA/SonicSentinel_Fraunhofer_IDMT.pdf">https://www.idmt.fraunhofer.de/content/dam/idmt/documents/HSA/ SonicSentinel_Fraunhofer_IDMT.pdf</a> , verfügbar am 27.06.2022
[HaHü2021]	Hansemann, Thomas; Hübner, Christof: Gebäudeautomation - Kommunikationssysteme mit EIB/KNX, LON und BACnet. - 4.Auflage- München: Carl Hanser Verlag, (2021)
[HaVe2022]	Haustechnik Verstehen: Wie kommuniziert ein Smart Home?. URL: < <a href="https://www.haustechnikverstehen.de/wie-kommuniziert-ein-smart-home/">https://www.haustechnikverstehen.de/wie-kommuniziert- ein-smart-home/</a> >
[HeSt2021]	Heinle, Stefan: Heimautomation mit KNX, Dali, 1-Wire und Co. - 3.Auflage- Bonn: Rheinwerk Verlag, (2021)
[HoSm2022]	Home & Smart: Smart Remote von Sevenhugs » Smart Home noch einfacher steuern. URL: < <a href="https://www.homeandsmart.de/smart-remote-sevenhugs-smart-home-steuern">https://www.homeandsmart.de/smart-remote-sevenhugs-smart- home-steuern</a> >
[HoSm2022]	Klein, Ulrich: digitalSTROM Smart Home – Funktionsweise, Archi- tektur & Tests. URL < <a href="https://www.homeandsmart.de/digitalstrom-smart-home-hausautomation-intelligenter-strom">https://www.homeandsmart.de/digitalstrom- smart-home-hausautomation-intelligenter-strom</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[ItMe2022]	IT & Medien einfach erklärt: TCP/ IP MODELL einfach erklärt (2021). URL: < <a href="https://www.youtube.com/watch?v=IDYgCAwY8V4">https://www.youtube.com/watch?v=IDYgCAwY8V4</a> >, am 27.06.2022

[ItWi2022]	DATAKOM Buchverlag GmbH: Pyrosensor. URL: < <a href="https://www.itwissen.info/Pyrosensor-pyro-sensor.html">https://www.itwissen.info/Pyrosensor-pyro-sensor.html</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[KaWi2018]	Wisser, Karolin: Gebäudeautomation in Wohngebäuden (Smart Home) - Eine Analyse der Akzeptanz. Frankfurt am Main: Springer Vieweg, (2018)
[LaKr2020]	Lauckner, Gunter; Krimmling, Jörg: Raum- und Gebäudeautomation für Architekten und Ingenieure. Wiesbaden: Springer Vieweg, (2020)
[LeCh2022]	Learnchannel: Reeds. URL: <a href="http://learnchannel.de/de/elektropneumatik/reeds/">http://learnchannel.de/de/elektropneumatik/reeds/</a> , verfügbar am 27.06.2022
[Lox2022]	Loxone: Loxone Config. APP. URL: <a href="https://www.loxone.com/dede/blog/loxone-config-app-12-2/">https://www.loxone.com/dede/blog/loxone-config-app-12-2/</a> , verfügbar am 27.06.2022
[LoxTr2022]	Loxone: Tree Extension. URL: < <a href="https://www.loxone.com/dede/kb/tree-extension/">https://www.loxone.com/dede/kb/tree-extension/</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[MERZ2001]	Merz, H.: Kommunikationssysteme für die Gebäudeautomation – Theoretische Grdl. und Praxisbeispiele. Aachen: Shaker, (2001)
[Neta2022]	Netatmo: Was ist ein Präsenzmelder. URL: < <a href="https://www.netatmo.com/de-de/guides/security/burglary/solutions/presence-detector">https://www.netatmo.com/de-de/guides/security/burglary/solutions/presence-detector</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[PHUE2022]	Philips Hue: Produkte. URL: < <a href="https://www.philips-hue.com/de-de/products/all-products">https://www.philips-hue.com/de-de/products/all-products</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[RaDo2018]	Radtke, Michael; Donner, Andreas: Was ist WLAN?. URL: < <a href="https://www.ip-insider.de/was-ist-wlan-a-579430/">https://www.ip-insider.de/was-ist-wlan-a-579430/</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[ReGa2014]	Remmers, Sascha; Gaentzsch, Falk; Pohlmann, Norbert: Hausautomatisierung – IT-Sicherheit im Haus der Zukunft.-1.Auflage-

	Mainz: Handwerkskammer Rheinhessen, (2014)
[SchLe2022]	Lernhelfer: Sensoren. URL: < <a href="https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/sensore">https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/sensore</a> >, verfügbar am 27.06.2022
[STA12022]	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/996763/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit-nach-region/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/996763/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit-nach-region/</a>
[STA22022]	<a href="https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154912/umfrage/zusammensetzung-des-strompreises-fuer-haushaltskunden/">https://de.statista.com/statistik/daten/studie/154912/umfrage/zusammensetzung-des-strompreises-fuer-haushaltskunden/</a>
[Umw2022]	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#hochster-anteil-am-energieverbrauch-zum-heizen">https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#hochster-anteil-am-energieverbrauch-zum-heizen</a>
[Umw22022]	<a href="https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#stromverbrauch-mit-einem-anteil-von-rund-einem-funftel">https://www.umweltbundesamt.de/daten/private-haushalte-konsum/wohnen/energieverbrauch-privater-haushalte#stromverbrauch-mit-einem-anteil-von-rund-einem-funftel</a>
[VZ2022]	Verbrauchzentrale: Smart Meter: Was Sie über die neuen Stromzähler wissen müssen. URL: <a href="https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/smart-meter-was-sie-ueber-die-neuen-stromzaehler-wissen-muessen-13275">https://www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/preise-tarife-anbieterwechsel/smart-meter-was-sie-ueber-die-neuen-stromzaehler-wissen-muessen-13275</a> , verfügbar am 27.06.2022
[WDR2022]	<a href="https://www1.wdr.de/stichtag/stichtag-tv-fernbedienung-100.html">https://www1.wdr.de/stichtag/stichtag-tv-fernbedienung-100.html</a>
[WHO2016]	<a href="https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf">https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/298482/Health-risk-assessment-air-pollution-General-principles-en.pdf</a>
[Wiki2022]	<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Informations-_und_Kommunikationstechnik">https://de.wikipedia.org/wiki/Informations-_und_Kommunikationstechnik</a>
[Wiki22022]	<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B6pfchenbew%C3%A4sserung">https://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B6pfchenbew%C3%A4sserung</a>
[Wiki32022]	<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Gateway_(Informatik)">https://de.wikipedia.org/wiki/Gateway_(Informatik)</a> (Stand: Januar 2017)

# Selbstständigkeitserklärung

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

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

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

Brennersgrün, den 27. Juni 2022

Sarah Köhler

---